بسمه تعالی

هشتمین کنگره ملی
مهندسی عمران
8th National Congress on
Civil Engineering

Babol Noshirvani University of Technology
Faculty of Civil Engineering
May 7 - 8 , 2014
Babol - Iran

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
دانشکده مهندسی عمران
۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۳
بابل - ایران

گواهی ارائه مقاله

گواهی می شود مقاله با مشخصات ذیل در **هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران** به صورت شفاهی ارائه شده و در مجموعه مقالات درج گردیده است.

نویسندگان: مریم جلایان زعفرانی و هاشم شریعتمدار

عنوان مقاله: کنترل تغییر مکان سازه جداسازی شده با جرم تنظیم شده چندگانه- دو جانبه در ارتفاع و پلان تحت اثر زلزله های میدان نزدیک

با آرزوی بهروزی و موفقیت مؤلفین در گشودن ناگشوده‌های دانش و فن کشور عزیزمان ایران.

دکتر مرتضی تقی پور
دبیر کنگره

کنترل تغییرمکان سازه جداسازی شده با جرم تنظیم شده چندگانه– دو جانبه در ارتفاع و پلان تحت اثر زلزله های میدان نزدیک

مریم جلاییان زعفرانی[1]، هاشم شریعتمدار[2]

1- دانشجو دکتری سازه، دانشگاه فردوسی مشهد

2- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

Maryam_jala89@yahoo.com

خلاصه

روش‌های مختلفی برای کنترل سازه در برابر زلزله وجود دارد. در این تحقیق از ترکیب دو سیستم غیرفعال شامل جداساز لرزه‌ای و میراگر جرم تنظیم شده برای کنترل پاسخ تغییرمکان یک سازه معیار جداسازی شده فلزی، استفاده شده است. یکبار 100 درصد جرم میراگر در بام سازه، توزیع T، و بار دیگر 50 درصد آن در تراز روی پی و 50 درصد دیگر در بام سازه جداسازی شده معیار، توزیع TB، قرار گرفت. 19 حالت مختلف برای نسبت‌های جرمی میراگر در دو جهت x و y بررسی شد. به منظور تحلیل نتایج، جذر میانگین حسابی مربع پاسخ‌های تغییرمکان (RMS) سازه جداسازی شده با و بدون میراگر جرمی، تحت اثر سه زلزله میدان نزدیک السنترو، رینالدی و کوبه، با یکدیگر مقایسه شد. نتایج نشان داد که نسبت های جرمی در توزیع‌های مختلف میراگر وجود دارند که قادر به کنترل پاسخ تغییرمکان در دو جهت x و y بطور همزمان شوند.

کلمات کلیدی: جداساز لرزه‌ای، میراگر جرم تنظیم شده، زلزله میدان نزدیک، RMS پاسخ تغییرمکان

1. مقدمه

یکی از مسائل مهمی که امروزه با آن روبرو هستیم، چگونگی کاهش خسارت های ناشی از بلایای طبیعی از جمله زلزله می‌باشد. این خسارات اغلب در سازه هایی بروز می کنند که دارای میرایی بسیار کمی هستند؛ بنابراین تنها راه عملی برای کاهش این خسارات، ایمن سازی سازه های موجود از طریق اضافه کردن دستگاه های پیشرفته در جهت اتلاف انرژی و یا کاهش انرژی ورودی زلزله به سازه و همچنین در نظر گرفتن روش های کنترل سازه در ایجاد سازه های جدید می‌باشد. این سیستم ها بخشی از انرژی ورودی ناشی از زلزله را که به سازه منتقل می‌شود، جذب و اتلاف می‌نمایند. منظور از کنترل سازه، اصلاح کردن خصوصیات سازه مانند سختی، میرایی، جرم و شکل سازه می‌باشد. این اصلاح با اعمال نیروهای فعال و غیرفعال به سازه انجام می‌شود.

جداسازهای لرزه‌ای یکی از موثرترین سیستم های کنترل غیرفعال برای حفاظت سازه ها در برابر زلزله های مخرب به شمار می‌روند. اما گاهی اوقات معیارهای کنترلی شامل تغییرمکان و شتاب کل را ارضا نمی کنند. بنابراین باید یک میرایی اضافی فراهم آورد. افزودن میراگر جرمی تنظیم شده (TMD) به سازه جداسازی شده می‌تواند تا حدی این مشکل را برطرف کرده و رفتار سازه جداسازی شده را بهبود بخشد. در خصوص این سیستم ترکیبی مطالعات زیادی صورت گرفته است که به مهم ترین آن‌ها اشاره می کنیم.

Tsia [1] در سال 1995 بر روی تاثیر کاربرد میراگر جرم تنظیم شده بر پاسخ لرزه‌ای سازه های جداسازی شده تحقیق کرد. [2Kareem] درسال 1997 به آنالیز دینامیکی سازه های جداسازی شده تحت اثر باد پرداخت. او به این نتیجه رسید که اضافه کردن TMD به سازه با پایه گیردار، چه در بالا و چه در پایین ترین تراز طبقات، باعث کاهش در پاسخ سازه در برابر باد می‌شود. Palazzo و همکارانش [3] در سال

[1] دانشجوی دکتری سازه دانشگاه فردوسی مشهد

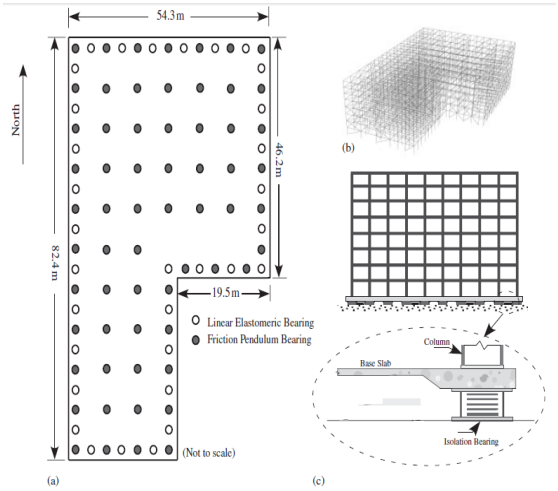
[2] دانشیار و عضو هیات علمی عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

1997 به بررسی ترکیب سیستم جداساز با یک میراگر جرم تنظیم شده برای کنترل نوسان سیستم جداساز لرزه‌ای تحت اثر نیروی زلزله پرداختند. نتایج نشان داد که اضافه کردن TMD بر روی پایین ترین طبقه پاسخ سازه جداسازی شده را به جز مواردی که میرایی سیستم جداساز لرزه‌ای بالا باشد کاهش می‌دهد. Norton [4] در سال 2002 در مقاله خود راجع به آنالیز زلزله روی سازه های بلند موجود در ناحیه جنوب شرق آمریکا تحقیق کرد. او به این نتیجه رسید که از بین سیستم های کنترل کننده غیرفعال میراگر جرم تنظیم شده در کاهش پاسخ طبقات بالا موثر است و سیستم جداساز لرزه ای پاسخ طبقات پایین را بیشتر کاهش می‌دهد. Morgan و Janak [5] در سال 2005 در مورد عملکرد ترکیب سیستم های استهلاک انرژی تحقیق کردند. اولین مدل ترکیبی آن‌ها، ترکیب سیستم جداساز لرزه‌ای و TMD قرار گرفته در بالاترین طبقه بود. پاسخ سازه با این سیستم کاملاً متفاوت با کاربرد سیستم های کنترل سازه به طور جداگانه بود و دیده شد که پاسخ تغییرمکان نسبی طبقات کاهش می‌یابد. Taniguchi و Kiureghian و Melkumyan [6] در سال 2008 به بررسی تاثیر میراگر جرم تنظیم شده بر روی تغییرمکان سازه های جداسازی شده و تعیین پارامترهای بهینه طراحی TMD پرداختند. نتایج نشان داد که اضافه کردن TMD، 15 تا 25 درصد کاهش در تغییرمکان سیستم جداسازی شده ایجاد می‌کند. ظریف و همکارانش [7] در سال 2009 به تحقیق در مورد سیستم هایی پرداختند که پاسخ لرزه‌ای سازه های بلند مرتبه جداسازی شده را کاهش دهند. هدف آن‌ها حذف پاسخ دینامیکی سازه های بلند مرتبه‌ای بود که بر روی جداساز لرزه‌ای با هر دو رفتار خطی و غیرخطی قرار داشتند. سازه های جداسازی شده را با سازه‌ای برشی که هر طبقه دارای یک درجه آزادی جانبی می‌باشد مدل کردند. برای یافتن پارامترهای بهینه جداساز لرزه‌ای از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. همچنین برای کاهش تغییرمکان نامطلوب ناشی از تکیه‌گاه های با هسته سربی روش جدیدی به نام طبقه غیروابسته پیشنهاد شد که مثل یک سیستم میراگر جرم تنظیم شده TMD عمل می کند. Monaghan [8] در سال 2009 در مقاله خود به بررسی کاربرد سیستم های مقاوم لرزه‌ای مانند جداساز لرزه‌ای یا TMD و یا ترکیبی از جداساز لرزه ای و TMD جهت کنترل پاسخ لرزه‌ای سازه پرداخت. این محقق برای پژوهش خود یک مدل چوبی از یک سازه ساخت و روی میز لرزان مورد آزمایش قرار داد و از TMD در بالاترین طبقه استفاده کرد. او مشاهده کرد که کمترین نوسان مربوط به سیستم جداساز لرزه‌ای است و سیستم ترکیبی و همچنین سیستم TMD به ترتیب دارای نوسانات بیشتری هستند. شریعتمدار و محسنی [9] در سال 1390 تاثیر سیستم میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال را بر پاسخ سازه معیار جداسازی شده نا متقارن تحت اثر زلزله های میدان نزدیک ارزیابی کردند. آن ها نسبت های جرمی TMD را در دو جهت x و y یکسان در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که نسبت های جرمی یکسان در دو جهت به دلیل عدم تقارن سازه، موجب افزایش پاسخ ها در یک جهت می‌شوند.

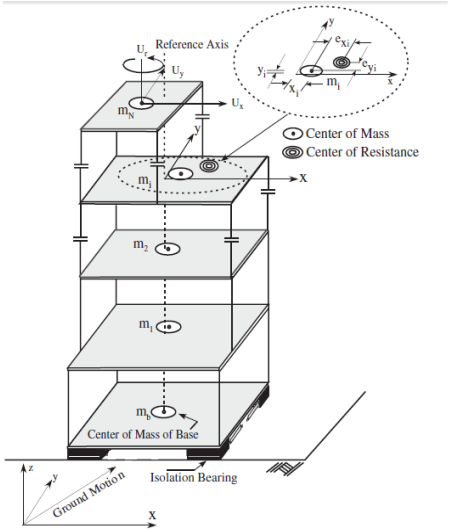
در این تحقیق با اضافه کردن سیستم میراگر جرم تنظیم شده به سازه جداسازی شده معیار، سعی در کاهش پاسخ های تغییرمکان آن به عمل آمده است. به این منظور دو میراگر جرمی با درصدهای جرمی متفاوت و متنوع یکی در جهت x و دیگری در جهت y، یکبار 100 درصد آن در تراز بام (T) و بار دیگر 50 درصد آن در تراز بام و 50 درصد دیگر در تراز روی پی (TB) قرار داده شد. اهداف اصلی در این مقاله ارزیابی وجود سیستم میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال بر کنترل پاسخ تغییرمکان سازه جداسازی شده معیار و مشخص کردن درصدهای جرمی مناسب برای میراگر جرمی تنظیم شده در دو جهت x و y در جهت کاهش آن، ارزیابی عملکرد سازه های کنترل شده با تغییر در پارامتر نسبت جرمی میراگر جرم تنظیم شده و مشاهده تاثیر خصوصیات لرزه‌ای شتاب پایه‌ها بر پاسخ تغییرمکان سازه های کنترل شده، است.

2. مدلسازی سازه

در این تحقیق مطالعات بر روی یک سازه معیار که توسط کمیته ASCE به منظور بررسی راهکارهای کنترل پاسخ سازه در برابر زلزله ارائه شده است، انجام گرفته است. [10] در پی این سازه از سیستم های جداساز اصطکاکی و الاستومری استفاده شده که مشخصات آن در مرجع [10] آمده است. سازه معیار مورد نظر، فلزی، سه بعدی و دارای 8 طبقه می‌باشد. این سازه با سیستم قاب ساده، مهاربندی و در تراز پی جداسازی شده است. این ساختمان با قابی به طول 82/4 متر و عرض 54/3 متر شبیه به ساختمان های موجود در شهر لس آنجلس است. همان طور که در شکل (1) ملاحظه می‌شود، پلان این ساختمان به صورت L شکل می‌باشد. سیستم جداساز در نظر گرفته شده در این پژوهش مطابق شکل (1-a)، شامل 31 جداساز پاندولی اصطکاکی و 61 جداساز خطی الاستیک می‌باشد. روسازه به صورت یک سیستم خطی الاستیک سه بعدی مدالسازی شده و اعضای روسازه مثل تیر، ستون، مهاربندها و دال سقف ها با جزئیات مدل شده‌اند. مدل کلی روسازه با 24 درجه آزادی به همراه سیستم جداساز با 3 درجه آزادی، شامل 27 درجه آزادی است. مقدار میرایی روسازه در مدهای مربوط به سازه بدون جداساز برابر 5 درصد می‌باشد. در شکل (2) می‌توان به خوبی عدم تقارن سازه مورد نظر را مشاهده کرد.



شکل 1- سازه معیار مورد نظر [10]
(a): پلان جداسازها، (b): مدل روسازه، (c): نمای نزدیک از جداساز



شکل 2- مدل سه بعدی نامتقارن سازه تحت اثر زلزله [10]

معادله حرکت برای روسازه که به صورت الاستیک رفتار می‌کند مطابق رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود. [10]

$$\mathbf{M}_{n\times n}\ddot{\mathbf{U}}_{n\times 1}+\mathbf{C}_{n\times n}\dot{\mathbf{U}}_{n\times 1}+\mathbf{K}_{n\times n}\mathbf{U}_{n\times 1}=-\mathbf{M}_{n\times n}\mathbf{R}_{n\times 3}(\ddot{\mathbf{U}}_{g}+\ddot{\mathbf{U}}_{b})_{3\times 1} \quad (1)$$

n سه برابر تعداد طبقات، M ماتریس جرم روسازه، C ماتریس میرایی روسازه با فرض عدم وجود جداساز، K ماتریس سختی روسازه با فرض عدم وجود جداساز، R ماتریس ضرایب تاثیر زلزله (ماتریس جابه‌جایی ها و دوران در مرکز جرم هر طبقه به ازای یک واحد انتقال مرکز جرم پی در جهت x و y و یک واحد دوران)، $\ddot{\mathbf{U}}$ بردار شتاب هر طبقه نسبت به پی، $\dot{\mathbf{U}}$ بردار سرعت هر طبقه نسبت به پی، U بردار تغییرمکان هر طبقه نسبت به پی، $\ddot{\mathbf{U}}_b$ بردار شتاب پی نسبت به زمین و $\ddot{\mathbf{U}}_g$ بردار شتاب زمین است.

معادله حرکت کلی سازه به صورت زیر می‌باشد. [10]

$$\mathbf{R}^{T}_{3\times n}\mathbf{M}_{n\times n}[(\ddot{\mathbf{U}})_{n\times 1}+\mathbf{R}_{n\times 3}(\ddot{\mathbf{U}}_{g}+\ddot{\mathbf{U}}_{b})_{3\times 1}]_{n\times 1}+\mathbf{M}_{b_{3\times 3}}(\ddot{\mathbf{U}}_{g}+\ddot{\mathbf{U}}_{b})_{3\times 1}+\mathbf{C}_{b_{3\times 3}}\dot{\mathbf{U}}_{b_{3\times 1}}+\mathbf{K}_{b_{3\times 3}}\mathbf{U}_{b_{3\times 1}}+\mathbf{f}_{B_{3\times 1}}+\mathbf{f}_{c_{3\times 1}}=0 \quad (2)$$

M_b ماتریس قطری جرم برای سازه بدون جداساز، C_b ماتریس میرایی ویسکوز سازه تحت اثر المان های جداساز، K_b ماتریس سختی سازه تحت اثر المان های جداساز و f_b بردار نیروهای جداساز می‌باشند. در تمام حالت های مورد بررسی میراگرهای جرمی تنظیم شده در هر جهت بر روی مد اول همان جهت تنظیم شده‌اند. همچنین برای به دست آوردن پارامترهای مورد نیاز میراگرها از فرمول های بهینه سازی شده زیر استفاده شده است: [11]

$$\xi_{Opt}=\sqrt{\frac{3\mu}{8(1+\mu)(1-\frac{\mu}{2})}} \quad (3)$$

$$\alpha_{Opt}=\frac{(1-\frac{\mu}{2})^{0.5}}{1+\mu} \quad (4)$$

$$\alpha=\frac{\omega_d}{\omega_s} \qquad \mu=\frac{m_d}{m_s} \quad (5)$$

ξ_{opt} نسبت میرایی بهینه برای میراگر، α_{opt} نسبت فرکانسی بهینه برای میراگر است و μ درصد جرم میراگر به جرم سازه می‌باشد. به منظور ارزیابی روش کنترل از سه زلزله میدان نزدیک رینالدی، کوبه و چی‌چی که در ارزیابی سازه معیار توصیه شده، استفاده شده است که هر یک شامل دو جهت ارتعاش موازی با گسل (FP) و عمود بر گسل (FN) در دو جهت x و y می‌باشند. لازم به ذکر است که زلزله های اعمالی در این تحقیق در جهت x، موازی با

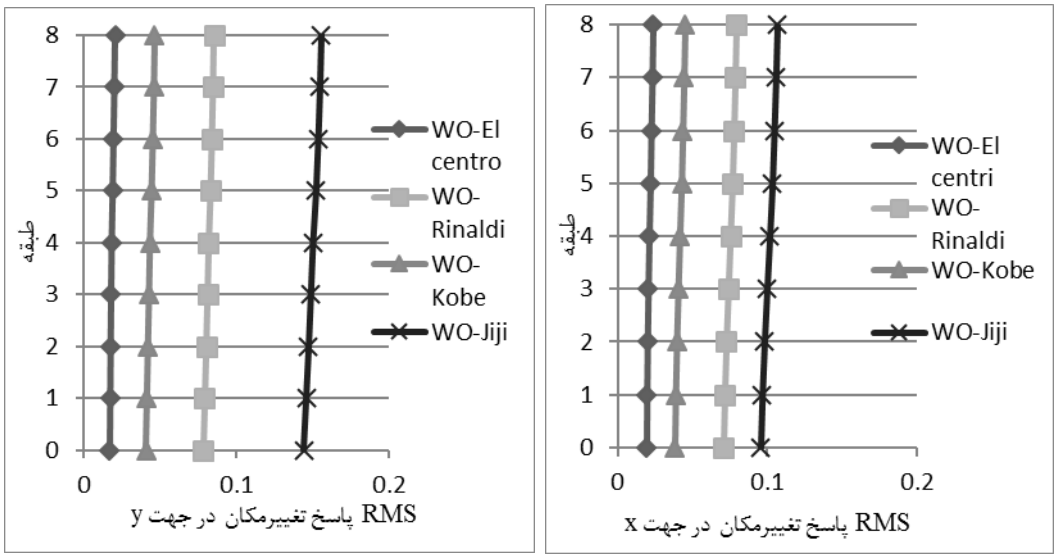
گسل و در جهت y عمود بر گسل اعمال می‌شوند. در این تحقیق 19 حالت مختلف برای درصد جرمی TMDها در دو جهت بررسی شد. ابتدا با ثابت نگه داشتن درصد جرمی میراگر در جهت x، درصد جرمی میراگر در جهت y تغییر می کند؛ سپس درصد جرمی میراگر در جهت y ثابت فرض شده و در جهت x تغییر می‌کند. مدل های تحلیل عددی این سازه جداسازی شده در پی با استفاده از ابزار شبیه سازی Simulink در نرم افزار Matlab توسعه یافته است. این مدل برای کاربرد سیستم های کنترل میراگر جرمی تنظیم شده، اصلاح گردید. ارزش کنترل کننده ها بر حسب ریشه دوم میانگین حسابی توان های دوم (RMS) مقادیر پاسخ تغییرمکان در دو جهت x و y بررسی شده است. درصد کاهش RMS مقادیر پاسخ نسبت به سازه جداسازی شده بدون TMD (WO) به عنوان معیار ارزیابی در نظر گرفته شده است. هرچه RMS پاسخ ها کمتر شود، انحراف از معیار پاسخ ها کمتر است؛ یعنی پاسخ ها دارای تغییرات کمتری نسبت به پاسخ میانگین هستند، در نتیجه سازه ها دارای تغییرات کمتری در مقاطع خود در ارتفاع می‌باشند.

$$RMS = \sqrt{\frac{\Sigma x_i{}^2}{n}} \quad (6)$$

در فرمول فوق، x_i پاسخ مورد نظر و n تعداد آن می‌باشد.

3. آنالیز سازه جداسازی شده با TMD

در این مقاله 114 تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی انجام گرفته است. به منظور ارزیابی تاثیر TMD بر پاسخ سازه جداسازی شده، پاسخ تغییرمکان سازه جداسازی شده بدون TMD در شکل (3) ارائه شده است.



(الف) RMS پاسخ تغییرمکان در جهت x **(ب) RMS پاسخ تغییرمکان در جهت y**

شکل 3- RMS پاسخ تغییرمکان برای سازه جداسازی شده بدون TMD تحت زلزله های مختلف

جدول (1)، نسبت های جرمی در توزیع (T) که سبب کاهش پاسخ تغییرمکان در جهات x و y می‌شوند و یا حداقل باعث افزایش آن نمی‌شوند را نشان می‌دهد. سلول‌های خالی جدول مربوط به حالاتی است که سبب افزایش پاسخ شده‌اند.

جدول 1- مقایسه عملکرد نسبت های جرمی مختلف برای TMD در کنترل پاسخ تغییرمکان در توزیع (T)

پارامتر کنترل	μ_x=0.05					μ_x=0.1					μ_y=0.05					μ_y=0.1					زلزله
	0.1	0.08	0.06	0.04	μ_y=0.02	0.1	0.08	0.06	0.04	μ_y=0.02	0.1	0.08	0.06	0.04	μ_x=0.02	0.1	0.08	0.06	0.04	μ_x=0.02	
تغییر مکان در جهت x	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش		کاهش	کاهش	کاهش		کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	السترو
			کاهش			کاهش	کاهش			کاهش											رینالدی
															بی تغییر						کوبه
تغییر مکان در جهت y																					السترو
				بی تغییر											بی تغییر						رینالدی
											کاهش				بی تغییر						کوبه

جدول (2)، نسبت های جرمی در توزیع (TB) که سبب کاهش پاسخ تغییرمکان در جهات x و y می‌شوند و یا حداقل باعث افزایش آن نمی‌شوند را نشان می‌دهد. سلول‌های خالی جدول مربوط به حالاتی است که سبب افزایش پاسخ شده‌اند.

جدول 2- مقایسه عملکرد نسبت های جرمی مختلف برای TMD در کنترل پاسخ تغییرمکان در توزیع (TB)

پارامتر کنترل	μ_x=0.05					μ_x=0.1					μ_y=0.05					μ_y=0.1					زلزله
	0.1	0.08	0.06	0.04	μy=0.02	0.1	0.08	0.06	0.04	μy=0.02	0.1	0.08	0.06	0.04	μx=0.020.0	0.1	0.08	0.06	0.04	μx=0.02	
تغییر مکان در جهت x	کاهش	کاهش	کاهش			کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش			کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	السترو
						کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش	کاهش									رینالدی
																					کوبه
تغییر مکان در جهت y					کاهش	کاهش				کاهش	کاهش				کاهش						السترو
					بی تغییر	کاهش															رینالدی
					کاهش																کوبه

4. نتایج آنالیز سازه جداسازی شده با TMD

به طور کلی نمودارها نشان می‌دهند که در توزیع های مختلف TMD و در بعضب نسبت های متفاوت جرمی برای TMD، کاهش پاسخ تغییرمکان برای سازه معیار جداسازی شده تحت اثر زلزله های میدان نزدیک رخ می‌دهد؛ با این حال نمی‌توان روند مشخصی برای آن مشاهده کرد. در واقع نمی‌توان ادعا کرد که با افزایش نسبت جرمی برای TMD، پاسخ تغییرمکان سازه همواره کاهش می‌یابد. این بدین معناست که عامل تنظیمی جرم، به تنهایی نقشی اساسی در بهبود پاسخ بازی نمی‌کند و باید دنبال عامل هایی دیگر مانند فرکانس و میرایی TMD رفت. همچنین به علت عدم تقارن و نامنظم بودن سازه باید اثر خروج از مرکزیت را در محاسبه پارامترهای تنظیمی TMD در نظر گرفت. نمودارها و نتایج نشان دادند که در برخی حالات با وجود کاهش در پاسخ، میزان تغییرات RMS در طبقات زیاد است. تغییرات زیاد RMS در ارتفاع به این معنی است که وجود جداساز در سازه بی تاثیر است؛ در حالی که هدف حفظ رفتار صلب روسازه به دلیل وجود جداساز و کاهش تغییرمکان کل به علت وجود TMD است. در اکثر نمودارها مشاهده شد که با افزایش نسبت جرمی TMD پاسخ های تغییرمکان متناوبا کاهش و افزایش پیدا می‌کرد. شاید یکی از دلایل این مساله را بتوان این طور بیان کرد که، عدم انطباق مرکز جرم بر مرکز سختی سازه به علت نامتقارن بودن آن، باعث می‌شود تا نیروهای اینرسی ناشی از جرم تنظیمی در یک جهت، سبب افزایش تغییرمکان در جهت دیگر به دلیل دوران و پیچش حول مرکز سختی سازه شوند. همچنین اگر فرکانس جرم تنظیمی از فرکانس غالب زلزله دور شود، عملکرد مثبت TMD در کاهش پاسخ تضعیف می‌شود. پس می توان نتیجه گرفت که محتوای فرکانسی زلزله تاثیر مشخص و معلومی بر پاسخ های سازه خواهد گذاشت. همچنین نمودارها نشان دادند که وجود TMD در سازه جداسازی شده که در معرض شتاب نگاشتی همچون زلزله السنترو قرار گرفته است، تاثیر بیشتری در کنترل پاسخ تغییرمکان داشته است؛ که علت آن را می‌توان ماهیت این زلزله بیان کرد. زیرا شتاب نگاشت این زلزله دارای پالس های بیشتری در زمان است و بنابراین TMD فرصت بیشتری برای عملکرد در این زلزله نسبت به زلزله های دیگر که حداکثر شتاب و انرژی ورودی آن ها به سازه در یک لحظه اتفاق می‌افتد، دارد. دلیل اصلی متفاوت بودن پاسخ ها در دو جهت x و y برای یک حالت خاص (یک زلزله خاص و نسبت های جرمی مشخص)، عدم تقارن و نامنظم بودن سازه می‌باشد. بنابراین باید به دنبال حالتی بود که پاسخ تغییرمکان سازه را در هر دو جهت بهبود بخشد و یا حداقل باعث افزایش پاسخ در یک جهت نشود.

جدول (3)، نسبت های جرمی را نشان می‌دهد که باعث کنترل پاسخ تغییرمکان در دو جهت x و y به طور همزمان می‌شوند.

جدول 3- بررسی نسبت های جرمی مشترک در دو توزیع (T) و (TB) به منظور کنترل پاسخ تغییرمکان در دو جهت

پاسخ تغییرمکان	توزیع (T)		توزیع (TB)	
	μ_x	μ_y	μ_x	μ_y
السنترو	–	–	0.1	0.02,0.04
			0.06	0.05
رینالدی	–	–	0.1	0.02
کوبه	0.02	0.05	–	–

5. نتیجه گیری

در این پژوهش سیستم میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال جهت کنترل پاسخ تغییرمکان سازه جداسازی شده معیار مورد بررسی قرار گرفت. این سازه هشت طبقه و در پلان نامتقارن است. RMS پاسخ تغییرمکان این سازه با TMD نسبت به حالت بدون TMD تحت اثر سه زلزله میدان نزدیک معیار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. این ارزیابی با بیان میزان درصد کاهش RMS پاسخ تغییرمکان سازه با TMD نسبت به سازه بدون TMD، صورت پذیرفت.

از این تحقیق به طور کلی می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

1- با افزایش نسبت های جرمی TMD در دو جهت x و y، همواره پاسخ تغییرمکان کاهش نمی‌یابد زیرا عامل تنظیمی جرم برای سیستم میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال در یک سازه نامنظم به همراه جداساز تحت اثر زلزله میدان نزدیک، نمی‌تواند به تنهایی سبب بهینه کردن پاسخ تغییرمکان سازه شود. در نتیجه نیاز به یک رابطه غیرخطی است که اثر خروج از مرکزیت را بر جرم، سختی و میرایی TMD در نظر بگیرد.

2- عموما TMDها به زلزله هایی که در زمان‌های بیشتری ماکزیمم شتاب را به سازه وارد می‌کنند، مثل زلزله السنترو، بهتر جواب می‌دهند؛ زیرا TMD برای این که بتواند وارد عمل شوند نیاز به فرصت دارد.

3- با توجه به این که بزرگترین تغییرمکان ها در تراز بالای جداساز اتفاق می‌افتد، لذا توزیع (TB) در کنترل پاسخ تغییرمکان عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. همچنین برای زلزله های السنترو و رینالدی تنها در این توزیع می‌توان پاسخ تغییرمکان را در دو جهت به طور همزمان کنترل کرد. با این حال برای زلزله کوبه در توزیع (T) می‌توان به این هدف رسید.

4- در توزیع (TB) نسبت های جرمی (μx=0.1-μy=0.02,0.04) و (μx=0.06-μy=0.05) برای مناطق لرزه‌ای با شتاب نگاشت هایی متناسب با زلزله السنترو و نسبت جرمی (μx=0.1-μy=0.02) برای مناطق لرزه‌ای با شتاب نگاشت هایی متناسب با زلزله رینالدی، به منظور کنترل دو منظوره پاسخ تغییرمکان سازه (کنترل پاسخ در دو جهت x و y به طور همزمان) مناسب هستند. همچنین نسبت جرمی (μx=0.02-μy=0.05) با توزیع (T) برای مناطق لرزه‌ای که دارای شتاب نگاشت هایی متناسب با زلزله کوبه هستند، پاسخ تغییرمکان سازه را در دو جهت x و y به طور همزمان کنترل می‌کند.

6. مراجع

1.Tsia. H, The Effect of Tuned-Mass Dampers on the Seismic Response of Base-Isolated Structures, ournal of International Journal of solids and structures, 1195-1210, 1995.

2.Kareem. A, Modelling of Base-Isolation Building with Passive Dampers under Wind, Juornal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 72, 323-333, 1997.

3.Palazzo. B, Petti. L, De Ligio. M, Response of Base Isolated Systems Equipped with Tuned Mass Dampers to Random Excitations, Journal of structural 4, 9-22, 1997.

4.Norton. T, An Earthquake Analysis of an Existing Structure in the Southeast Region of the United States, Engineering Structures 24 ,243-259, 2002.

5.Janak. B. P, Morgan. J. R, Combined Passive Energy Dissipation Systems, Proceedings of the 2005 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference,Texas(F1C2), 2005.

6. Taniguchi. T, Kiureghian. A. D, Melkumyan. M, Effect of tuned mass damper on displacement demand of base-isolated structures, Journal of Engineering Structures 9 , 1-17, 2008.

7. Pourzeynali. S, Zarif. M, Multi-Objective Optimization of Seismically Isolated High-Rise Building Structures Using Genetic Algorithms, Journal of Sound and Vibration311, 1141-1160, 2009.

8. Monaghan. J. P, Building Buildings Better. Which Design Does Better in an Earthquake: Tuned Mass Damper or Base Isolator?, California State Science Fair(J0215), 2009.

9. محسنی، (1390)، "کنترل سازه جداسازی شده با جرم تنظیم شده چندگانه در ارتفاع سازه تحت اثر زلزله های میدان نزدیک" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی، مشهد.

10. Narasimhan. S, Nagarajaiah. S, Johnson. E. A, Gavin. H. P, Smart base-isolated benchmark building. Part I: problem definition , Journal of Structural Control And Health Monitoring, 940-951, 2006

11. Sadek. F, Mohraz. B, Talor. A.W and Chung. R. M, A method of estimating the parameters of tuned mass dampers for seismic applications, Earthquake eng. Struct. dyn.,26(6), 617-637, 1997