



بررسی ضریب شکل پذیری قاب های خمشی بتن آرمه با الحاق میراگر ویسکوالاستیک به روش تاریخچه زمانی

اکبرقلی‌زاده^{۱*}

^{۱*} کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه، گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
(akbar_golizade64@yahoo.com)

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵)

چکیده

از ضریب شکل پذیری برای محاسبه ضریب مقاومت شکل پذیری و سپس ضریب تعدیل پاسخ R استفاده می شود. از ضریب تعدیل پاسخ R در استانداردهای بارگذاری لرزه ای، برای کاهش مقدار نیروها که ناشی از رفتار غیر خطی سازه‌ها در زلزله می باشد استفاده می گردد. از سوی دیگر بکارگیری سیستمهای جاذب انرژی مانند میراگرهای الحاقی بویژه میراگرهای ویسکوالاستیک به تدریج به جزئی تفکیک ناپذیر در طراحی لرزه ای تبدیل شده اند. چرا که بکارگیری و عملکرد مناسبی تحت اثر نیروی زلزله را دارا می باشند. در چند دهه اخیر به منظور کاهش مشکلات ناشی از روش های متداول، مطالعاتی در زمینه سیستم های مستهلک کننده انرژی در آیین نامه های معتبر دنیا از جمله آیین نامه های FEMA, ASCE انجام گرفته است که یکی از این سیستم های مستهلک کننده، میراگر های ویسکوالاستیک است که در زمره سیستم های کنترل غیر فعال می باشند. در این تحقیق ضمن آشنائی با میراگرهای ویسکوالاستیک، به منظور بررسی تاثیر میراگرهای ویسکوالاستیک بر پاسخ ارتعاشات لرزه ای و ضریب کاهش شکل پذیری، مدل سازه ای ۶ طبقه در دو حالت بدون میراگر و با میراگر بصورت ۲ بعدی با قاب خمشی بتنی در نرم افزار SeismoStruct مدل سازی شده اند که نتایج بدست آمده از این بررسی نشان می دهند که الحاق میراگر ویسکوالاستیک منجر به کاهش در تغییر مکان طبقه بام و برش پایه سازه های مورد بررسی گردید که بیانگر کارایی مناسب این سیستم ها در کاهش پاسخ ارتعاشات لرزه ای سازه ها می باشد.

کلمات کلیدی

شکل پذیری، میراگر ویسکوالاستیک، قاب خمشی بتنی، نرم افزار SeismoStruct، ارتعاشات لرزه ای.



Evaluation of Ductility Coefficient of Reinforced Concrete Flexural Frames by Adding Visco-Elastic Damper by Time History Method

Akbar Gholizadeh ^{1*}

^{*1} Ms.c. of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran

(akbar_golizade64@yahoo.com)

(Date of received: 10/09/2022, Date of accepted: 14/02/2023)

ABSTRACT

The ductility coefficient is used to calculate the ductility strength coefficient and then the response modulation coefficient R . The modulus of response R is used in seismic loading standards to reduce the amount of forces due to the nonlinear behavior of structures in earthquakes. They have become inseparable in seismic design, because they have good use and performance due to earthquake force. In recent decades, in order to reduce the problems caused by conventional methods, studies on energy dissipation systems have been conducted in valid world regulations, including FEMA and ASCE regulations, one of which is attenuator systems, dampers. Visco is elastic, which is inactive in the control systems. In this study, while getting acquainted with viscoelastic dampers, in order to investigate the effect of viscoelastic dampers on seismic vibration response and ductility reduction coefficient, a 6-story structural model in two modes without dampers and with 2D damping with soft concrete bending frame in soft SeismoStruct software has been modeled that the results of this study show that the incorporation of visco-elastic dampers leads to a reduction in roof floor displacement and base shear. The studied structures showed that the proper efficiency of these systems in reducing the vibration response of the structures.

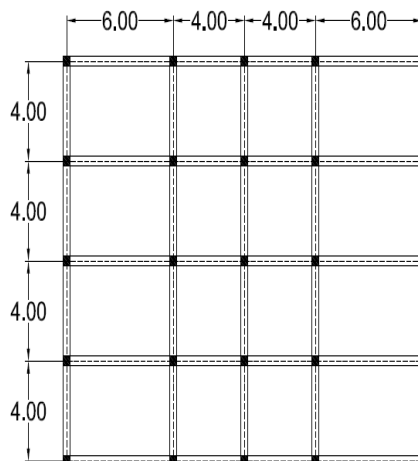
Keywords:

Ductility, Visco Elastic Damper, Concrete Bending Frame, Seismic Vibrations, Seismo struct software.



۱- مقدمه

در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر میراگرها بر ضریب کاهش شکل پذیری سازه ها R_{μ} از مدل سازه ای ۶ طبقه به صورت دو بعدی با قاب خمشی بتنی و با پلان مطابق شکل (۱) و ارتفاع ۳ متر استفاده شده است. کاربری سازه ها مسکونی و در زمین نوع ۳ می باشد. از نرم افزار Etabs جهت طراحی مدل های سازه ای مورد استفاده قرار گرفته است، همچنین جهت انجام تحلیل های تاریخچه زمانی غیر خطی از نرم افزار SeismoStruct استفاده شده است. همچنین به منظور تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی از هفت شتاب نگاشت افقی زلزله استفاده شده است [۷-۱].



شکل ۱: پلان طبقات.

۲- مقاطع انتخابی

مقاطع بکار رفته در مدل سازه ای که با استفاده از نرم افزار Etabs تحلیل و طراحی شده اند مطابق جدول زیر می باشد.

جدول ۱: مقاطع بکار رفته در مدل سازه ای ۶ طبقه.

ستون	تیر	طبقه
۷۰*۷۰	۷۰*۶۰	دو طبقه اول
۶۰*۶۰	۶۰*۵۰	دو طبقه بعدی
۵۰*۵۰	۵۰*۴۰	دو طبقه آخر

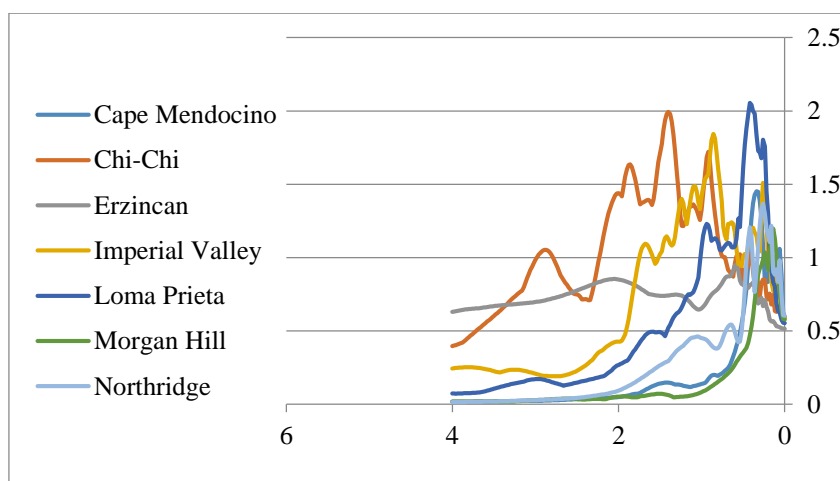
۳- شتاب نگاشت های مورد استفاده در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

چنانچه در هر امتداد کمتر از ۷ شتاب نگاشت در نظر گرفته شود پاسخ سازه باید برابر مقدار حداکثر پاسخ ها فرض شود. اما اگر در هر امتداد ۷ شتاب نگاشت یا بیشتر در نظر گرفته شود پاسخ سازه می تواند برابر متوسط مقدار پاسخ ها انتخاب شود. در این تحقیق برای انجام آنالیز تاریخچه زمانی از هفت شتاب نگاشت افقی زلزله استفاده شده است، مشخصات رکوردهای انتخابی شامل زلزله های ثبت شده در خاک نوع ۳، در جدول (۲) نشان داده شده است و طیف شتاب آنها برای نسبت میرایی ۵٪ در شکل زیر نشان داده شده است.



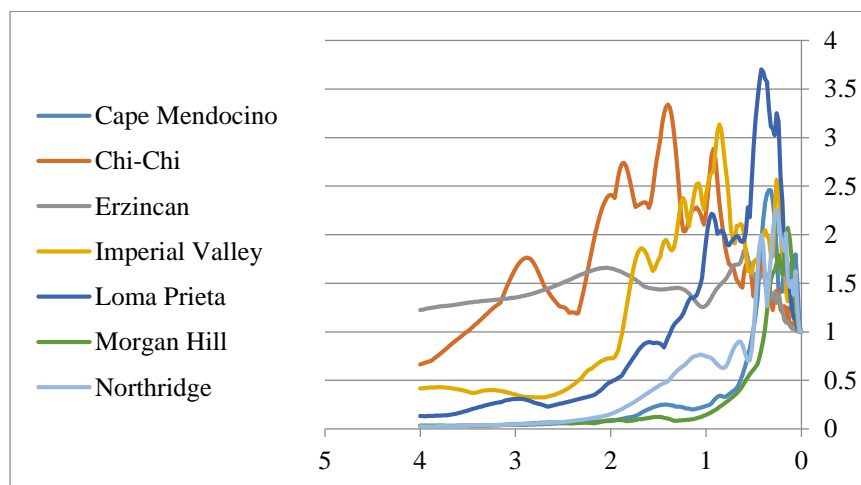
جدول ۲: مشخصات رکوردهای زلزله های انتخابی.

NO	Earthquake	Station	Magnitude	PGA(g)
۱	Cape Mendocino (1992)	Petrolia	۶/۷	۰/۵۹
۲	Chi-Chi (1999)	Taiwan	۶/۶	۰/۵۹۷
۳	Erzincan (1992)	Turkey	۶	۰/۵۱۵
۴	Imperial Valley (1979)	Imperial	۷/۱	۰/۵۸۸
۵	Loma Prieta (1989)	Gilroy Array	۶/۹	۰/۵۵۵
۶	Morgan Hill (1984)	Gilroy Array	۶/۲	۰/۵۷۸
۷	Northridge (1994)	Sylmar - Olive	۶/۷	۰/۶۰۴



شکل ۲: طیف شتاب زلزله های انتخابی.

تمامی شتاب نگاشت ها به یک مقدار بزرگتر (1 g) همپایه شده اند که طیف شتاب رکوردهای همپایه شده و میانگین آنها در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: طیف شتاب زلزله های انتخابی همپایه شده.

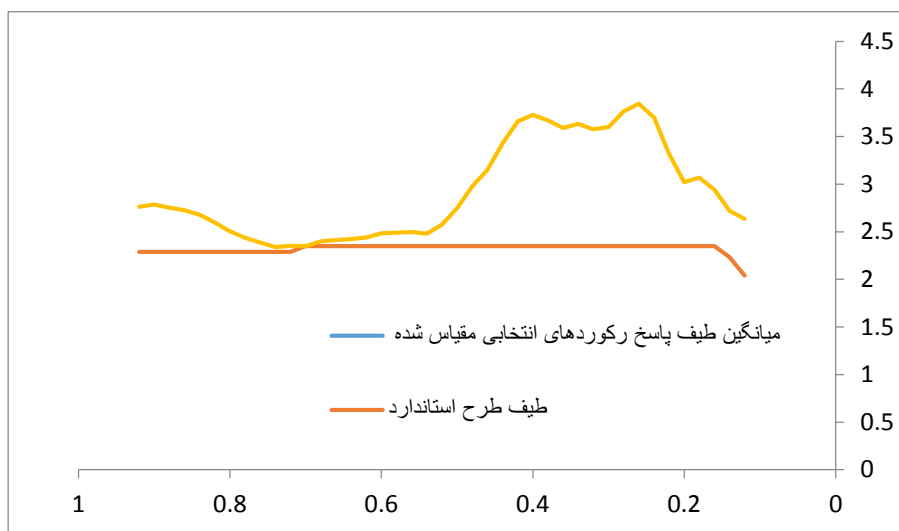


۳-۱- طیف استاندارد

پارامترهای شتابی طیفی منطقه مورد نظر که در بخش قبلی بیان گردید، S_1 و S_2 برای بستر سخت در نظر گرفته شده اند، مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب یک ثانیه و برای میرایی ۵٪ را با S_1 و مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه ۰/۱۸ و برای میرایی ۵٪ را با S_2 نشان میدهند.

۳-۲- مقایسه طیف طرح استاندارد منطقه مورد بررسی و میانگین طیف پاسخ شتاب رکوردهای انتخابی

شکل (۴) مقایسه نمودار میانگین طیف پاسخ شتاب رکوردهای انتخابی و طیف طرح استاندارد را نشان می دهد مطابق جدول دیده می شود که در بازه زمانی $T-1,5$ تا $T-0,2$ شرایط آیین نامه برای همه مدل های مورد مطالعه تامین شده است و ضریب مقیاس برای همه مدل ها برابر ۱ و حداکثر شتاب رکوردهای انتخابی به منظور انجام تحلیل تاریخچه زمانی برابر ۱g می باشد. اشاره به این موضوع حایز اهمیت است که در صورت استفاده از ۷ شتاب نگاشت یا بیشتر در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی تمامی پاسخ ها بصورت میانگین پاسخ های بدست آمده از رکوردهای زلزله می باشد.



شکل ۴: مقایسه نمودار میانگین طیف پاسخ رکوردهای انتخابی مقیاس شده با طیف طرح استاندارد.

جدول ۳: بازه زمانی $T-1,5$ تا $T-0,2$.

Model	T	0.2T	1.5T
۶Story	۰/۶۱۲	۰/۱۲۲۴	۰/۹۱۸

۴- بررسی تاثیر میراگر بر پاسخ ارتعاشی سازه های مورد مطالعه

شکل منحنی هیستریزیس با میراگر نشان می دهد که شبه مستطیلی بودن آن بیانگر جذب بالای انرژی توسط این سیستم ها می باشد. میراگر بعنوان یکی از سیستم های جاذب انرژی وابسته به تغییر مکان در زمین لرزه ها تحت بار از پیش تعیین شده ای فعال شده و انرژی ورودی ناشی از زلزله را جذب و مستهلک می کنند و رفتار کل سازه را به سمت الاستیک بودن سوق داده و نیروی وارده به سازه را کاهش می دهد. در ادامه پاسخ مدل های سازه ای بدست آمده بررسی می گردد. پارامترهای نشان داده شده در جدول ها V و D_{in} و D_e و A به ترتیب برش پایه، حداکثر تغییر مکان طبقه بام در محدوده رفتار پلاستیک، حداکثر تغییر مکان طبقه بام در محدوده رفتار الاستیک، و حداکثر شتاب طبقه بام در حالت بدون میراگر می باشد که پارامترهای مذکور در حالت الحاق میراگر اندیس β می گیرند.



جدول ۴: مقادیر پاسخ های بدست آمده از آنالیز تاریخیچه زمانی غیر خطی سازه ۶ طبقه.

Earthquake	ton		cm		cm		cm/s ²	
	V	V _β	D _{in}	D _{inβ}	D _e	D _{eβ}	A	A _β
Northridge	۲۶۳,۲۸	۲۲۹,۴	۷,۱	۶,۱۴	۳,۳	۲,۰۷	۳۸۵۵	۳۱۳۱
Cape Mendocino	۱۲۹,۴۳	۱۰۹,۹۳	۳,۱۹	۲,۲۵	۳,۰۲	۲,۰۲	۲۵۴۰	۲۴۶۰
Erzincan	۱۸۹,۰۳	۱۶۶,۸۹	۶,۶	۴,۸	۴,۷	۲,۹۸	۲۶۲۰	۲۶۵۰
Imperial Valley	۱۵۷,۱۱	۱۳۱,۸۹	۴,۵۹	۳,۵۸	۶,۱۸	۴,۰۹	۲۳۱۰	۲۱۵۰
Loma Prieta	۱۵۸,۸۴	۱۳۸,۳۲	۳,۳۹	۲,۹۳	۴,۲۴	۲,۷۶	۲۱۵۰	۲۴۰۰
Morgan Hill	۱۴۵,۲۷	۱۲۴,۴۱	۵,۷۶	۵,۲۳	۶,۷	۵,۳۲	۲۷۰۰	۲۲۱۰
Chi-Chi	۱۶۰,۶۹	۱۳۷,۸۳	۶,۴۳	۵,۳۳	۵,۸	۴,۳۷	۲۹۵۰	۲۵۸۰
mean	۱۷۱,۹۵	۱۴۸,۳۷	۵,۲۹	۴,۲۷	۴,۸۵	۳,۳۷	۲۷۳۲	۲۵۱۱

مقایسه میانگین پاسخ ها در سازه ۶ طبقه نشان می دهند که با الحاق میراگر مقادیر برش ۱۳/۷٪ و حداکثر تغییر مکان طبقه بام ۱۹/۳٪ و حداکثر شتاب طبقه بام ۸/۱٪ کاهش می یابد. مقایسه میانگین پاسخ ها نشان می دهد که با الحاق میراگر رفتار دینامیکی سازه ها را اصلاح کرده و آسیب های لرزه ای به اجزای سازه ای و غیر سازه ای را کاهش می دهد. عبارتی میراگر خود وارد محدوده پلاستیک شده و با جذب بالای انرژی مانع انهدام و آسیب لرزه ای می گردد. همچنین نتایج بدست آمده نشان می دهند که این سیستم ها مناسب ترین وسیله در کاهش پاسخ لرزه ای سازه ها می باشند. مطابق آنچه در بخش قبلی بیان گردید سازه ها در هنگام وقوع زلزله های متوسط و بالا وارد محدوده غیر خطی می گردند و برای طراحی آنها نیاز به یک تحلیل غیر خطی می باشد ولی بدلیل پرهزینه بودن این روش و عدم گستردگی برنامه های تحلیل غیر خطی و سهولت روش خطی، روشهای تحلیل و طراحی متداول، بر اساس تحلیل خطی سازه و یا نیروی کاهش یافته زلزله صورت می گیرد. کاهش مقاومت سازه از مقاومت الاستیک مورد نیاز عموماً از طریق استفاده از ضرایب کاهش مقاومت (ضرایب کاهش نیرو) انجام شود که اکثر آیین نامه ها این ضریب را با نام ضریب رفتار بیان کرده اند. موثرترین پارامتر در تعیین ضریب رفتار R_{μ} ضریب کاهش در اثر شکل پذیری R_{μ} می باشد که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته است. نسبت تغییرات ضریب کاهش شکل پذیری ناشی از الحاق میراگر که در روابط بیان گردیدند به ضرایب شکل پذیری μ و μ_{β} به ضرایب اصلاح C_1 و $C_{1\beta}$ و تناوب های اصلی T_1 و $T_{1\beta}$ بستگی دارد. مقادیر پارامترهای ذکر شده در روابط فصل قبل به منظور محاسبه نسبت تغییرات ضریب کاهش شکل پذیری ناشی از الحاق میراگر که با استفاده از نتایج تحلیل بدست آمده اند در جداول زیر برای سازه های مورد بررسی تحت زلزله های انتخابی نشان داده شده اند. نتایج تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی سازه ها تحت رکورد های انتخابی برای محاسبه نسبت تغییرات ضریب کاهش شکل پذیری ناشی از الحاق میراگر در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی سازه ۶ طبقه.

Earthquake	μ	μ_{β}	C_1	$C_{1\beta}$
Cape Mendocino	۵,۸۲	۵,۲۶	۲,۱۵	۲,۹۷
Chi-Chi	۱,۰۹	۱,۰۳	۱,۰۷	۱,۱۱
Erzincan	۶,۹۵	۶,۷۲	۱,۴	۱,۶۱
Imperial Valley	۱,۵۷	۱,۱۹	۰,۷۴	۰,۸۸
Loma Prieta	۱,۹۳	۱,۴۹	۰,۷۹	۱,۰۶
Morgan Hill	۱,۵۶	۱,۲۹	۰,۸۶	۰,۹۸
Northridge	۲,۹۶	۱,۷۰	۱,۱۱	۱,۲۳



جدول ۶: محاسبه ضریب ϕ برای رکوردها.

Earthquake	۶ طبقه
Northridge	۰/۶۵
Cape Mendocino	۰/۹۱
Erzincan	۰/۸۴
Imperial Valley	۰/۶۳
Loma Prieta	۰/۵۷
Morgan Hill	۰/۷۳
Chi-Chi	۰/۵۱
mean	۰/۶۳

جدول ۷: محاسبه ضریب تناوب برای مدل سازه ۶ طبقه.

Model	T_1	$T_{1\beta}$
۶	۰/۶۱۹	۰/۱۴۲

با استفاده از جداول ۶ و ۷ نسبت تغییرات ضریب کاهش شکل پذیری ناشی از الحاق میراگر طبق جدول ۸ بدست می آید.

جدول ۸: نسبت تغییرات ضریب کاهش شکل پذیری ناشی از الحاق میراگر

Model	ϕ	$\frac{T_1}{T_{1\beta}}$	$\frac{R_{\mu\beta}}{R_\mu}$
۶	۰/۶۳	۲/۳	۱/۴۴

مقادیر فوق نشان می دهد که با الحاق میراگر در سازه ۶ طبقه ضریب کاهش شکل پذیری ۴۴٪ افزایش می یابند که این پارامتر می تواند منجر به افزایش ضریب رفتار سازه ها گردد. بنابراین می توان برای سازه های مجهز به میراگرها ضریب رفتار جداگانه از آیین نامه در نظر گرفت.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق تاثیر میراگرهای ویسکو الاستیک غیر فعال بر ضریب شکل سازه ها مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور مدل ۶ طبقه بصورت ۲ بعدی با نرم افزار (SeismoStruct) به روش تاریخچه زمانی آنالیز شد که از مطالعات سازه های مزبور ملاحظه گردید. با الحاق میراگر به سازه (افزایش نسبت میرایی سازه) شکل پذیری نیز افزایش یافت. میراگر الحاقی سبب کاهش برش پایه در سازه ها شد. (امر فوق در منحنی هیستریزیس کاملاً مشهود می باشد). با افزایش میرایی حاصل از الحاق میراگر با توجه به منحنی هیستریزیس عمل شرایط ورود به محدوده رفتار غیر خطی در اعضای سازه کاهش یافته و اتلاف بخشی از انرژی وارده توسط میراگرها فراهم می گردد. این نتایج بیانگر تاثیر بسیار قوی میراگرهای ویسکو الاستیک بر ضریب شکل سازه ها می باشد لذا از این میراگرها می توان در سبک سازی سازه های جدید یا مقاوم سازی سازه های موجود استفاده نمود. همچنین در سازه های مرتفع با افزایش نسبت میرایی هر چند که ضریب شکل پذیری افزایش و برش پایه کاهش می یابد ولی تغییر مکان افقی سازه اندکی افزایش پیدا می کند که این امر بیانگر این اصل می باشد که در سازه های کم طبقه جرم و در سازه های مرتفع سختی بیشترین تاثیر را در اثر زلزله بر ضریب رفتار سازه را دارد.



پیشنهاد می شود با الحاق میراگر ویسکو الاستیک در سازه های بتنی با قاب خمشی، ضریب شکل پذیری سازه ها R_{μ} افزایش می یابد، از آنجاییکه این ضریب در صدی از ضریب رفتار R می باشد بنابراین می توان برای سازه های مجهز به این سیستم ها ضریب رفتاری جداگانه در آیین نامه ها در نظر گرفت.

۶- مراجع

- 1-Nateghi Elahi, F., 1999, **Energy Dampers in Seismic Reinforcement of Buildings**, Publications of International Research Institute of Seismology and Earthquake Engineering, First Edition.
- 2- Abbasnia, R., and Kafi, M. A., 2013, **Investigation of ductile element performance in coaxial braces of steel frames**, 8th National Congress of Civil Engineering, Sistan ve Baluchestan, Iran.
- 3- Vader, A. S., 2004, **The influence of signature tower passive energy dissipating devices on seismic response of long span cable-supported bridges**, thesis, Washington state university.
- 4-Chang, K. C., Soong, T., 1993, **Viscoelastic dampers as energy dissipation devices for seismic applications**, Earthquake Spectra, 9, 3, 371-387.
- 5- PALL, A., and Pall, T., 2004, **Performance - based design using pall friction - dampers – An economical design solution**, 13th world conference o earthquakeengineering, August 2004, paper no 1955
- 6-Cherry, S., and Filiatrault, A., 1993, **seismic respons control of buildings usin friction dampers**, Earthquake Spectra, 9, 3, 447-466.
- 7- Lai, M. L., Chang, K. C., Soong, T. T., Hao, D. S., and Yeh, Y. C., 1995, **Full-scale viscoelastically damped steel frame**, ASCE, Journal of Structural Engineering, 121, 1, 1443-1447.