



مقاوم سازی قاب فولادی خمشی متوسط با میراگر TADAS

منصور قلعه نوی، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان،

زاهدان*

محمدامین پردل، کارشناس ارشد سازه

* تلفن: ۰۹۱۵۱۴۱۱۵۰۲، پست الکترونیکی:

ghalehnovi@eng.usb.ac.ir

** تلفن: ۰۹۱۵۳۰۳۸۲۳۶، پست الکترونیکی: mapordel@gmail.com

چکیده:

استفاده از ساختمان های دارای سیستم قاب فولادی رایج بوده و کاربرد زیادی دارد. به همین دلیل بررسی رفتار لرزه ای و چگونگی مقاوم سازی آنها در برابر بار جانبی زلزله از اهمیت ویژه ای برخوردار است. استفاده از میراگرهای فلزی از جمله تلاش هایی است که در سال های اخیر به عنوان یک تکنولوژی کاربردی جهت مقابله با زلزله صورت گرفته است. از دیدگاه انرژی، مهندسین طراح بایستی توجه خود را بر مدیریت انرژی ورودی به سازه در اثر زمین لرزه متمرکز نمایند. استفاده از سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی که میراگر فلزی TADAS به عنوان یکی از انواع این سیستم ها می باشد، باعث تمرکز اتلاف انرژی در میراگرها شده و در نهایت تقاضای اتلاف انرژی در اعضای اصلی سازه (تیرها، ستون ها و مهاربندها) کاهش می یابد. در این مقاله به نحوه مقاوم سازی سیستم موجود قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط به وسیله میراگر TADAS پرداخته می شود. برای اینکار ابتدا رفتار سیستم قاب خمشی فولادی متوسط در برابر زلزله بررسی شده، سپس همان سیستم با اضافه شدن میراگر TADAS جهت مقاوم سازی لرزه ای آن بررسی می شود. در تحلیل دینامیکی غیر خطی سیستم های مورد مطالعه از نرم افزار DRAIN-2DX تحت زمینلرزه های Hachinohe، Elcentro، san Fernando و Taft استفاده شده است. نتایج نشان میدهد که با استفاده از این میراگرها می توان اتلاف انرژی رادر آنها متمرکز نمود و سهم سایر اعضای سازه ای از اتلاف انرژی را به حداقل رساند.

کلیدواژه ها: مقاوم سازی، اتلاف انرژی، میراگر فلزی، تحلیل دینامیکی غیرخطی

مقاوم سازی قاب فولادی خمشی متوسط با میراگر TADAS

منصور قلعه نوی ، استادیار گروه مهندسی عمران ، دانشگاه سیستان و بلوچستان ، زاهدان*

محمدامین پردل ، کارشناس ارشد سازه

* تلفن : ۰۹۱۵۱۴۱۱۵۰۲ ، پست الکترونیکی : ghalehnovi@eng.usb.ac.ir

** تلفن : ۰۹۱۵۳۰۳۸۲۳۶ ، پست الکترونیکی : mapordel@gmail.com

چکیده :

استفاده از ساختمان های دارای سیستم قاب فولادی رایج بوده و کاربرد زیادی دارد. به همین دلیل بررسی رفتار لرزه ای و چگونگی مقاوم سازی آنها در برابر بار جانبی زلزله از اهمیت ویژه ای برخوردار است. استفاده از میراگرهای فلزی از جمله تلاش هایی است که در سال های اخیر به عنوان یک تکنولوژی کاربردی جهت مقابله با زلزله صورت گرفته است. از دیدگاه انرژی، مهندسین طراح بایستی توجه خود را بر مدیریت انرژی ورودی به سازه در اثر زمین لرزه متمرکز نمایند. استفاده از سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی که میراگر فلزی TADAS به عنوان یکی از انواع این سیستم ها می باشد، باعث تمرکز اتلاف انرژی در میراگرها شده و در نهایت تقاضای اتلاف انرژی در اعضای اصلی سازه (تیرها ، ستون ها و مهاربندها) کاهش می یابد. در این مقاله به نحوه مقاوم سازی سیستم موجود قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط به وسیله میراگر TADAS پرداخته می شود. برای اینکار ابتدا رفتار سیستم قاب خمشی فولادی متوسط در برابر زلزله بررسی شده ، سپس همان سیستم با اضافه شدن میراگر TADAS جهت مقاوم سازی لرزه ای آن بررسی می شود. در تحلیل دینامیکی غیر خطی سیستم های مورد مطالعه از نرم افزار DRAIN-2DX تحت زمینلرزه های Taft و san Fernando ، Hachinohe ، Elcentro استفاده شده است. نتایج نشان میدهد که با استفاده از این میراگرها می توان اتلاف انرژی را در آنها متمرکز نمود و سهم سایر اعضای سازه ای از اتلاف انرژی را به حداقل رساند.

کلیدواژه ها: مقاوم سازی، اتلاف انرژی، میراگر فلزی، تحلیل دینامیکی غیرخطی

۱- مقدمه :

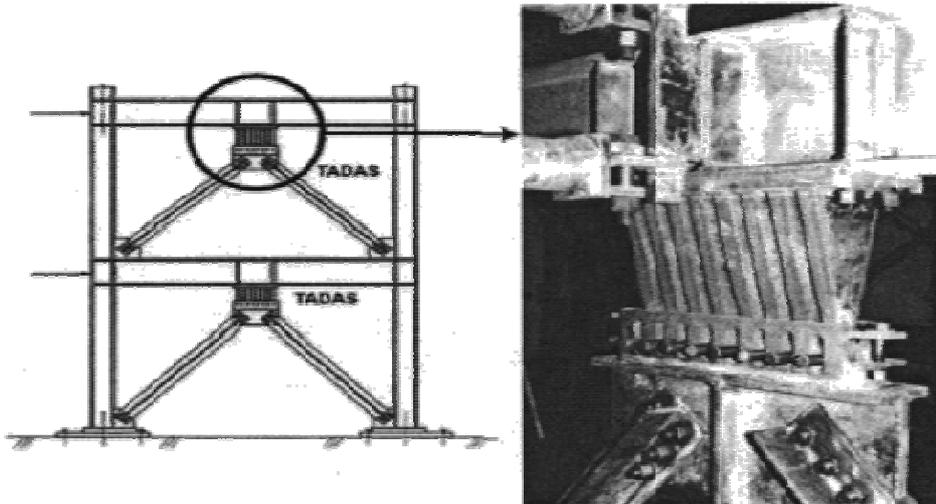
به طور کلی سیستم های مقاوم در برابر زلزله را می توان به دو دسته تقسیم نمود ، الف) سیستم های متداول ، ب) سیستم های مدرن . اساس روش طراحی سیستم های متداول مقاوم در برابر زلزله بر مقاومت در برابر بارهای جانبی استوار می باشد ، بدین صورت که در زمینلرزه های کوچک و متوسط با تأمین سختی و مقاومت لازم در سازه ، باعث کنترل تغییر مکان جانبی و جلوگیری از تخریب اعضای سازه ای و غیر سازه ای شده و در زمینلرزه های شدید با ایجاد شکل پذیری و جذب انرژی مناسب توسط اعضای سازه ای ، مانع از فرو ریختن سازه شویم .

انواع مختلف سیستم های متداول مقاوم در برابر زلزله عبارتند از: سیستم مهاربندی جانبی، سیستم دیواربرشی، سیستم قاب مقاوم خمشی و سیستم دو گانه. جهت طراحی سیستم های مدرن، برای یک طرح مقاوم لرزه ای مناسب ابتدا باید سعی در حداقل نمودن مقدار انرژی هیسترتیک تلف شده در اعضای اصلی سازه نمود.

دو دیدگاه مهم جهت رسیدن به این هدف وجود دارد. اولین دیدگاه شامل طرح هایی است که در آن سعی در کاهش انرژی ورودی به سازه داریم که به عنوان مثال سیستم های جداسازی پایه از آن جمله اند. دومین دیدگاه بر روی مکانیزمهای اتلاف انرژی در خودسازه متمرکز است. برای این منظور از یک سری تجهیزات استفاده می نماییم. این تجهیزات به گونه ای طراحی می شوند که بخشی از انرژی ورودی به سازه را تلف می نمایند و در نتیجه خسارت وارده به سازه اصلی که ناشی از اتلاف انرژی به صورت هیسترتیک می باشد، کاهش می یابد. انواع سیستم های مدرن مقاوم در برابر زلزله عبارتند از: ۱- سیستمهای جداسازی پایه ای ۲- سیستمهای فعال و نیمه فعال ۳- سیستمهای منفعل [۴]. از میان سیستم های منفعل اتلاف انرژی، میراگرهای فلزی به دلیل عدم نیاز به تکنولوژی پیچیده جهت ساخت، عملی تر بودن کاربرد آنها در سازه، رفتار پایدار در برابر زلزله و دخیل نبودن عوامل محیطی (درجه حرارت، رطوبت و...) در رفتار مکانیکی آنها، از اهمیت خاصی برخوردارند. این میراگرها باعث افزایش میرایی و سختی در سیستم سازه ای شده و ظرفیت اتلاف انرژی را افزایش میدهند.

افزودن میراگرهای فلزی به سازه باعث تمرکز اتلاف انرژی در میراگرها می شود که پس از وقوع زلزله می توان میراگرها را به راحتی تعویض کرد و جهت مقابله با زلزله های بعدی مقاوم نمود [۴]. این قطعات انرژی ورودی به سازه را به انرژی کرنش پلاستیک یا انرژی هیسترتیک تبدیل می کنند. این انرژی غیرقابل برگشت است و در سازه تلف می شود [۵].

میراگر TADAS از جمله میراگرهای فلزی اند که دارای پشتوانه تحقیقاتی تئوری و آزمایشگاهی بوده و به خاطر سهولت اجرایی و کاهش هزینه های تقویت لرزه ای و افزایش توان لرزه ای سازه ها می تواند به عنوان شیوه ای برای تقویت لرزه ای سازه های ضعیف استفاده گردد. سیستم TADAS معمولاً به عنوان بخشی از عضو بادبندی طراحی می شود و به گونه ای نصب می شود که تغییر مکان طبقه باعث ایجاد تغییر مکان نسبی در دستگاه شود. استهلاک انرژی در این سیستم از طریق تغییر شکل خمیری ورقهای فولادی در خمش انجام می شود [۵]. همان گونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، این المان ها از صفحات فلزی مثلثی شکل تشکیل شده اند.



شکل (۱) : المان TADAS و نحوه نصب آن در سازه

محل نصب این المان ها در ساختمان ها معمولاً در محل اتصال مهاربندهای شورون (مهاربندهای ۸یا۷) بین انتهای مهاربند و تیر طبقه است . صفحات المان TADAS در یک انتها گیردار و در انتهای دیگر مفصل کامل هستند [۵].

۲- فرمولاسیون انرژی :

رابطه انرژی یک سیستم یک درجه آزاد که تحت تأثیر حرکت افقی زمین قرار گرفته است توسط معادله (۱) بیان می گردد [۴].

$$E_K + E_D + E_S = E_I \quad (1)$$

که در آن :

$$E_K = \int m \ddot{x} dx = \frac{m \dot{x}^2}{2} \quad (2)$$

$$E_D = \int c \dot{x} dx = \int c \dot{x}^2 dt \quad (3)$$

$$E_S = \int k x dx = \frac{kx^2}{2} \quad (4)$$

$$E_I = -\int m \ddot{x}_g dx \quad (5)$$

عبارات سمت چپ معادله (۱) نشان دهنده E_K : انرژی جنبشی نسبی جرم ، E_D : انرژی تلف شده به علت میرایی ذاتی داخلی سازه و E_S : انرژی کرنشی الاستیک می باشد . مجموع این انرژی ها می بایست با انرژی ورودی به سازه ناشی از یک رویداد لرزه ای (E_I) در حال تعادل باشد . در

سازه های طراحی شده با آیین نامه های متداول در هنگام وقوع یک زلزله قوی سازه از محدوده الاستیک خارج می شود. در چنین حالتی انرژی ورودی ناشی از زلزله (E_I) از ظرفیت ذخیره ای و اتلافی انرژی در سازه که مکانیزم آنها با معادلات (۲)، (۳) و (۴) مشخص شده است، فراتر می رود. به محض اینکه انرژی ورودی زمینلرزه از ظرفیت های اشاره شده بالاتر رفت، اجزا سازه عموماً دچار تسلیم و یا ترک خوردگی می شوند. در این وضعیت سختی ثابت نیست و نیروی فنر غیر خطی می شود که بایستی با رابطه عمومی تری مثل $f_s(x)$ جایگزین شود تا اثرات هیسترتیک را لحاظ نماید. در حالت کلی، معادله (۴) برای پاسخ غیرالاستیک چنین بازنویسی می شود:

$$E_S = \int f_s(x) dx = E_{Se} + E_{Sp} \quad (6)$$

که در آن E_S به بخشهای E_{Se} و E_{Sp} که به ترتیب بیانگر انرژی کرنشی الاستیک قابل برگشت و انرژی کرنشی پلاستیک تلف شده، تقسیم می شود. معادله دیفرانسیل حاکم بر یک سیستم (SDOF) با میراگر منفعل مطابق رابطه (۷) می باشد که در آن \bar{m} نشان دهنده جرم میراگر منفعل بوده و علامت Γ نشان دهنده یک عملگر انتگرال - دیفرانسیلی است، به طوری که نیروی متناظر با میراگر منفعل به شکل ساده $\Gamma \dot{x}$ نوشته می شود. استفاده از این عملگر این اجازه را به ما می دهد که مشخصات پاسخ عمومی شامل جابجایی، سرعت و سهم وابسته به شتاب را به خوبی دیگر اثرات ذاتی بیان نماییم [۴].

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx + \Gamma x = -(m + \bar{m})\ddot{x}_g \quad (7)$$

با انتگرال گیری از معادله (۷) نسبت به x ، معادله تعادل انرژی چنین نوشته می شود:

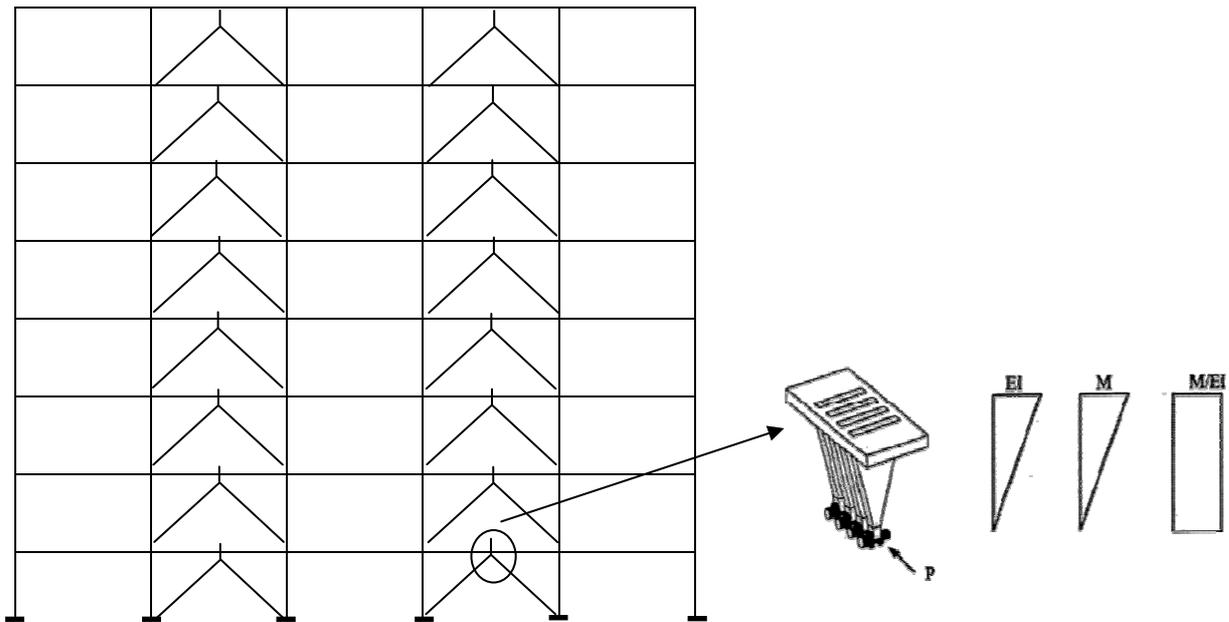
$$E_K + E_D + E_{Se} + E_{Sp} + E_P = E_I \quad (8)$$

که در آن انرژی مرتبط با میراگرهای منفعل به صورت زیر می باشد:

$$E_P = \int \Gamma x dx \quad (9)$$

۳- طراحی و مدلسازی ساختمان ها

جهت مقایسه سیستمها ، یک ساختمان فلزی ۸ طبقه در نظر گرفته شده است . ساختمان مورد نظر دارای پلان متقارن با دهانه های ۴ متر و ارتفاع طبقات ۳ متر می باشد که در هر جهت از شش قاب با فواصل مساوی ۴ متر تشکیل شده است . بار گذاری تمام طبقات مشابه می باشد . از این ساختمان یک قاب به صورت نمونه انتخاب شده که شمای کلی و هندسه آن در شکل (۲) نشان داده شده است . قاب مورد نظر با استفاده از نرم افزار SAP 2000 و با توجه به ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ (ویرایش سوم) و بر اساس ضریب رفتار اولیه $R=7$ طراحی شده است . سپس میراگرهای TADAS متناسب با برش هر طبقه طراحی و در سیستم قاب خمشی فولادی متوسط ذکر شده قرار گرفته و نهایتاً هر دو سیستم با استفاده از نرم افزار DRAIN-2DX تحلیل دینامیکی غیر خطی شده است . به منظور تحلیل دینامیکی غیر خطی سیستم های مورد مقایسه زمینلرزه های Elcentro ($PGA=0.35g$)، Hachinohe، Sanfernando، ($PGA=1.17g$) و Taft ($PGA = 0.18g$) انتخاب گردیده اند .



شکل (۲) : شمای کلی و هندسه قاب تقویت شده توسط TADAS

زمان تناوب مود اول سیستم ها در جدول (۱) ارائه شده است . میراگر TADAS به صورت تیر منشوری معادل مدلسازی شده است [۱] و سایر پارامترهای طراحی میراگر با استفاده از مراجع [۱ و ۳] انتخاب شده اند .

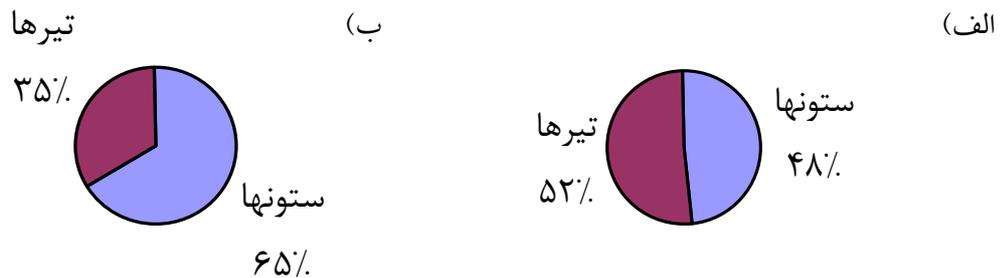
جدول (۱) : زمان تناوب مود اول سیستم های مختلف

نوع سیستم	قاب خمشی متوسط	قاب خمشی متوسط مجهز به TADAS
زمان تناوب مود اول (ثانیه)	۱/۷۵	۱/۰۷۹

۴- نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی

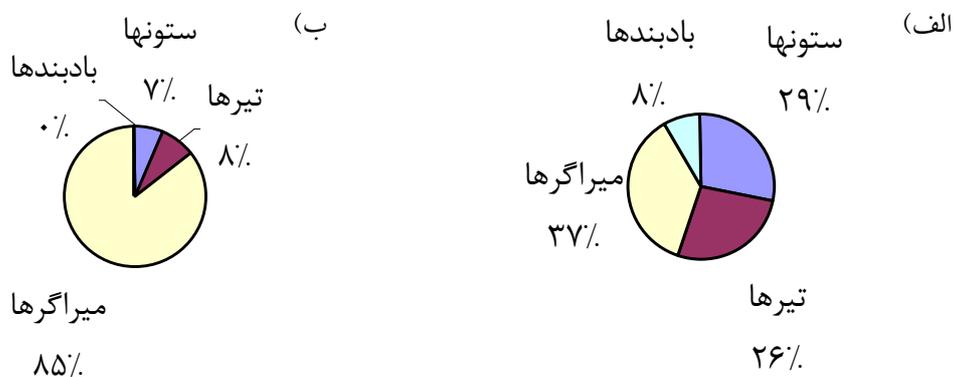
۴-۱- مقایسه سهم انرژی تلف شده در اعضای سیستم های مختلف

سهم اعضای سیستمهای مختلف از انرژی ورودی تحت زمینلرزه Elcentro در شکل های (۳) و (۴) نشان داده شده است. با توجه به این موضوع که کار الاستو- پلاستیک انجام شده به دلیل تغییر شکلهای غیرالاستیک در اعضا رخ میدهد، از اینرو با بررسی کار الاستو- پلاستیک انجام شده در اعضای مختلف می توان انرژی تلف شده و در نتیجه خسارت ایجاد شده در آنها را پیش بینی نمود.



شکل (۳): سهم انرژی تلف شده در اعضای قاب خمشی متوسط تحت زمینلرزه Elcentro

الف) سهم انرژی تلف شده توسط نیروی میرایی (الف) ب) کار الاستو- پلاستیک



شکل (۴): سهم انرژی تلف شده در اعضای قاب خمشی متوسط مجهزه TADAS تحت زمینلرزه Elcentro

الف) سهم انرژی تلف شده توسط نیروی میرایی (الف) ب) کار الاستو- پلاستیک

با توجه در شکلهای (۳) و (۴)، مشاهده می شود که قسمت عمده کارالاستو- پلاستیک در میراگرهای TADAS انجام شده است.

۴-۲- مفاصل پلاستیک ایجاد شده در سیستمهای مختلف

به منظور برآورد خسارت وارده بر اعضای ساختمانی و شناسایی محل های مستعد خسارت در حین زمینلرزه ، رفتار غیر خطی سیستم های مختلف تحت شتاب نگاشت های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است . در جداول (۲) و (۳) درصد مفاصل پلاستیک به وجود آمده در سیستم های مختلف تحت زمینلرزه های Elcentro با شتاب حداکثر $PGA = 0.35g$ و Taft با شتاب حداکثر $PGA = 0.18g$ ، نشان داده شده است. با دقت در جداول مشاهده می شود که مفاصل پلاستیک به وجود آمده در اعضای سازه ای (تیرها و ستونها) در سیستمهای مجهز به میراگرهای TADAS به میزان چشمگیری کاهش یافته است .

جدول (۲) : مفاصل پلاستیک ایجاد شده در اعضای سازه (تیرها و ستونها) تحت زمینلرزه Elcentro

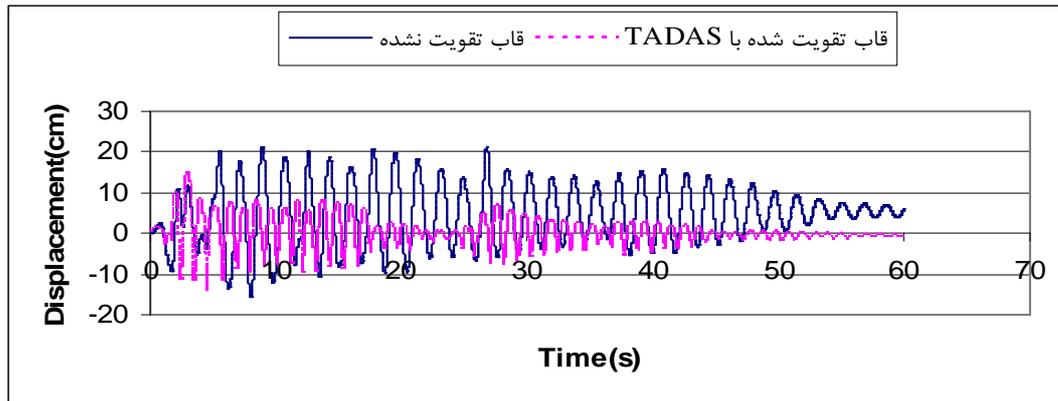
	ستونهای پلاستیک کل ستونهای سازه	اعضاء پلاستیک کل اعضای سازه
قاب خمشی متوسط	۷۱٪	۸۰٪
قاب خمشی متوسط مجهز به TADAS	۱۴٪	۲۳٪

جدول (۳) : مفاصل پلاستیک ایجاد شده در اعضای سازه (تیرها و ستونها) تحت زمینلرزه Taft

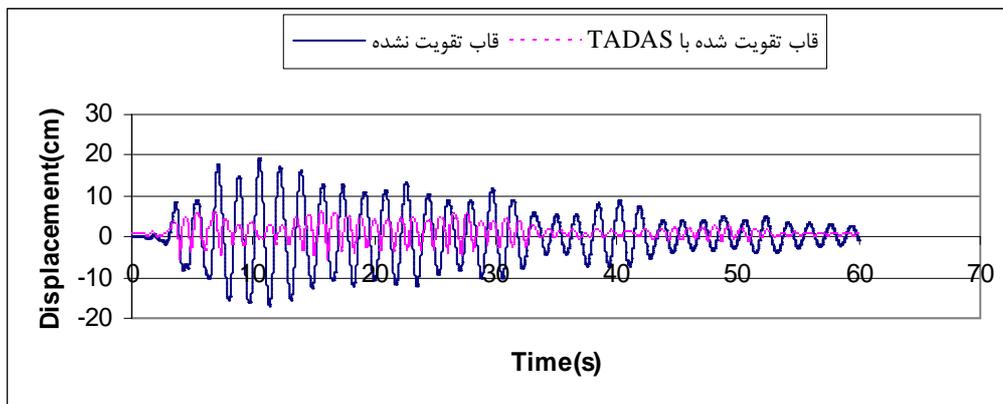
	ستونهای پلاستیک کل ستونهای سازه	اعضاء پلاستیک کل اعضای سازه
قاب خمشی متوسط	۴۶٪	۶۶٪
قاب خمشی متوسط مجهز به TADAS	۰	۰

۴-۳- مقایسه تغییر مکان بام در سیستم‌های مختلف

در شکل‌های (۵) و (۶) نمودار تغییر مکان بام برای سیستم‌های مختلف تحت زمینلرزه‌های Elcentro و Taft نشان داده شده است.



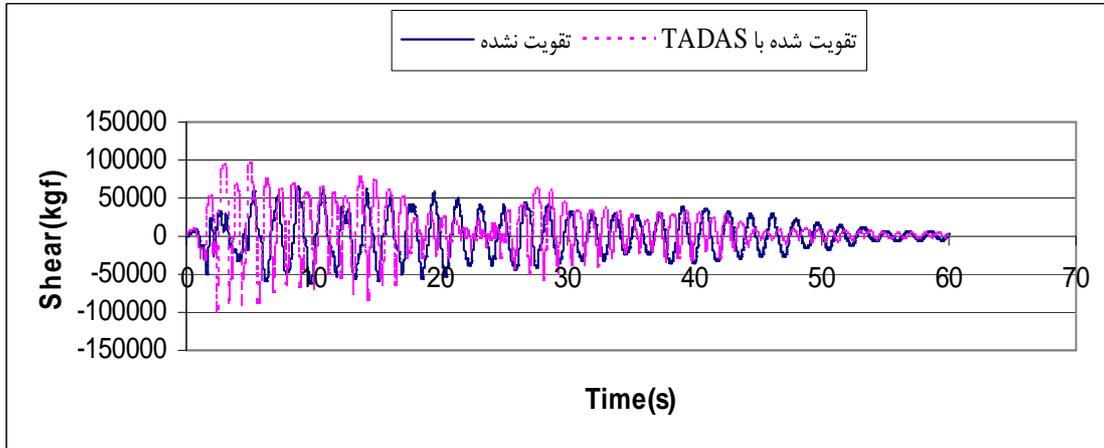
شکل (۵): جابجایی بام برای سیستم‌های تقویت شده و تقویت نشده تحت زمینلرزه Elcentro



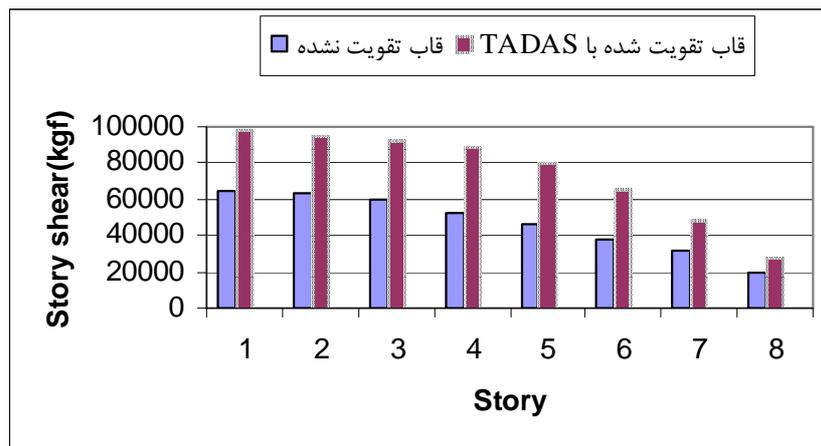
شکل (۶): جابجایی بام برای سیستم‌های تقویت شده و تقویت نشده تحت زمینلرزه Taft

۴-۴- مقایسه برش پایه و حداکثر برش طبقات در سیستم های مختلف

در اشکال (۷) و (۸) به ترتیب نمودار برش پایه و نمودار حداکثر برش طبقات برای سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro مقایسه شده است .



شکل (۷): برش پایه برای سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro



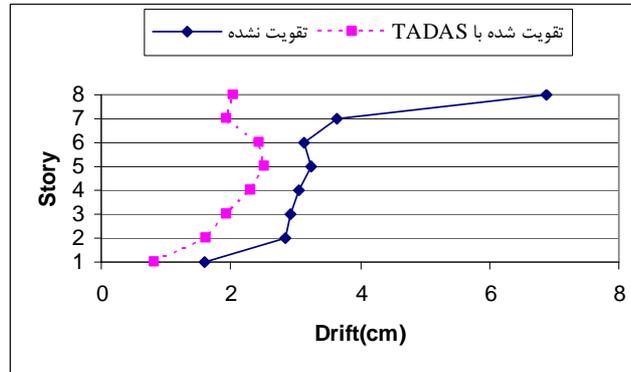
شکل (۸): حداکثر برش طبقات برای سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro

همان گونه که مشاهده می شود نسبت نیروی برشی برای قاب تقویت شده با TADAS به قاب تقویت نشده به طور تقریبی $1/59$ می باشد که این افزایش نیروی برشی در قاب تقویت شده با TADAS به واسطه افزایش سختی و به علت وجود بادبندها می باشد . البته با وجود TADAS و بادبندهای مربوطه ، سیستم به راحتی قادر به تحمل این نیرو می باشد .

۴-۵-۵- مقایسه جابجایی طبقات در سیستم های مختلف

۴-۵-۵-۱- حداکثر جابجایی نسبی طبقات (دریفت طبقات)

در شکل (۹) حداکثر جابجایی نسبی طبقات (دریفت طبقات) در سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro مورد مقایسه قرار گرفته است.

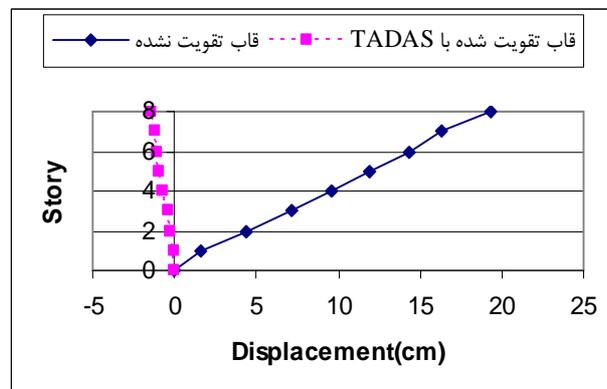


شکل (۹): حداکثر جابجایی نسبی طبقات تحت زمینلرزه Elcentro

همان طور که در شکل (۹) دیده می شود حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات با تقویت سیستم توسط میراگرهای TADAS، کاهش یافته است. میزان کاهش حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات در سیستم مجهز به TADAS نسبت به سیستم تقویت نشده تحت زمینلرزه Elcentro، ۳۸/۸٪ است.

۴-۵-۲- تغییر مکان جانبی طبقات

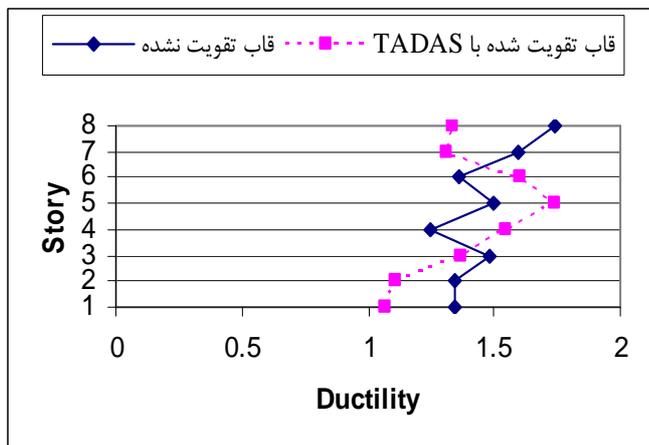
به منظور نمایش تغییر مکان جانبی طبقات در یک لحظه خاص برای سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro نمودار زیر ارائه می شود.



شکل (۱۰): تغییر مکان جانبی طبقات تحت زمینلرزه Elcentro

۶-۴- نسبت شکل پذیری درخواستی در سیستم های مختلف

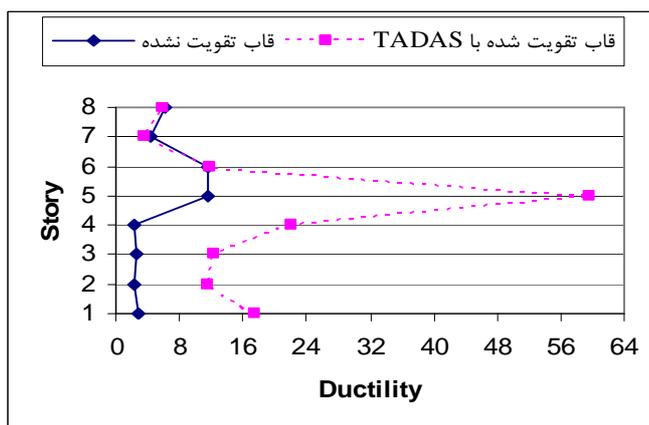
در شکل (۱۱) نسبت شکل پذیری درخواستی در سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro نشان داده شده است .



شکل (۱۱): نسبت شکل پذیری درخواستی تحت زمینلرزه Elcentro

۷-۴- نسبت شکل پذیری ظرفیت در سیستم های مختلف

در شکل (۱۲) نسبت شکل پذیری ظرفیت در سیستم های مختلف تحت زمینلرزه Elcentro نشان داده شده است.



شکل (۱۲): نسبت شکل پذیری ظرفیت تحت زمینلرزه Elcentro

۴-۸- مقایسه ضریب رفتار برای سیستم های مختلف

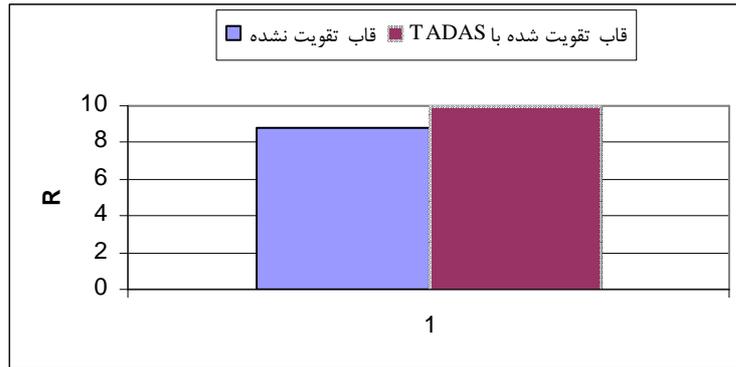
ضریب رفتار، حاصلضرب سه عامل R_W, R_P, R_μ می باشد که این عوامل از منحنی های هیستریزس قابل برداشت است. در جداول (۴) و (۵) پارامترهای R_W, R_P, R_μ و نتیجتاً R برای هر طبقه از قاب های مورد مطالعه ارائه شده اند. با میانگین گیری از مقادیر R به دست آمده برای هر طبقه، مقدار R برای هر قاب به دست می آید.

جدول (۴) : ضریب رفتار قاب تقویت نشده

شماره طبقه	R_μ	R_W	R_P	R	R میانگین
۱	۲/۷۵	۱/۴	۱/۰۶۴	۴/۱	۸/۸۵
۲	۲/۳۹	۱/۴	۱/۲۶	۴/۲۱	
۳	۲/۶	۱/۴	۱/۲۸۴	۴/۶۷	
۴	۲/۳۵	۱/۴	۱/۰۶	۳/۴۸	
۵	۱۱/۵۹	۱/۴	۱/۰۷۷	۱۷/۴۸	
۶	۱۱/۵۹	۱/۴	۱/۱۰۸	۱۷/۹۸	
۷	۴/۴۵	۱/۴	۱/۳۴	۸/۳۵	
۸	۶/۲۵	۱/۴	۱/۲	۱۰/۵	

جدول (۵) : ضریب رفتار قاب تقویت شده با TADAS

شماره طبقه	R_μ	R_W	R_P	R	R میانگین
۱	۵/۸۲	۱/۴	۱/۳۹۵	۱۱/۳۷	۱۰
۲	۴/۷۱	۱/۴	۱/۵۱۹	۱۰	
۳	۴/۸۷	۱/۴	۱/۴۷۶	۱۰/۱	
۴	۶/۵۶	۱/۴	۱/۳۴	۱۲/۳	
۵	۱۰/۸۷	۱/۴	۱/۱۴۳	۱۷/۳۹	
۶	۴/۷۷	۱/۴	۱/۲۰۶	۸/۰۶	
۷	۲/۵	۱/۴	۱/۴۱	۴/۹۴	
۸	۳/۲۶	۱/۴	۱/۲۵۲	۵/۷۲	



شکل (۱۳): ضریب رفتار برای قاب تقویت شده و تقویت نشده توسط TADAS

همان طور که دیده می شود مدل تقویت شده توسط TADAS دارای ضریب رفتار بالاتری از مدل تقویت نشده می باشد و این مسئله از آنجا ناشی می شود که سازه خمشی متوسط به دلیل کماتش ستونها به سرعت دچار افت مقاومت شده و قادر به تحمل سیکل‌های کمتری در ناحیه غیر خطی می باشد ولی در سازه تقویت شده توسط TADAS به دلیل ظرفیت بالای جذب انرژی در این اعضا سازه قادر است انرژی بیشتری را توسط رفتار غیر خطی اعضا جذب نماید [۵].

۵- نتیجه گیری

۱- در سیستم قاب خمشی لخت تمامی کار الاستو - پلاستیک در ستونها و تیرها انجام شده است در حالیکه در سیستم قاب خمشی مجهز به میراگر TADAS قسمت عمده کار الاستو - پلاستیک در میراگرها انجام شده است و در نتیجه سهم سایر اعضای سازه ای بسیار ناچیز می باشد.

۲- در سیستم قاب خمشی لخت مفاصل پلاستیک عموماً در ستونها و تیرها به وجود آمده است در حالی که در سیستم قاب خمشی مجهز به میراگر TADAS مفاصل پلاستیک در میراگرها تشکیل شده است و نتیجتاً مفاصل پلاستیک در سایر اعضای سازه ای (تیرها، ستونها و مهاربندها) به میزان چشمگیری کاهش یافته است.

۳- اگر از میراگرهای TADAS برای تقویت قابهای فولادی خمشی متوسط استفاده شود، می توان ضریب رفتار این قابها را به حد قابهای فولادی خمشی ویژه ($R=10$) رساند و سختی قاب در برابر نیروهای جانبی را نیز تأمین کرد.

۴- با توجه به محاسبات و تحلیل‌های انجام شده و نتایج حاصله می توان نتیجه گرفت که استفاده از میراگرهای TADAS در سازه باعث بهبود عملکرد لرزه ای سازه خواهد شد و با توجه به اینکه تمرکز خرابی در سیستمهای مجهز به میراگرهای TADAS در میراگرها می باشد، پس از وقوع زلزله

بدون آنکه کاربری ساختمان دچار مشکل شود به راحتی می توان میراگرها را تعویض کرد و سیستم را مقاوم سازی نمود .

۶- مراجع

[1] Tsai, k.c.,chen,H.W,Hong,C.P,and su,Y.F, "Design of steel Triangular plate Energy Absorbers for seismic-resistant construction" j.Earthquake , spectra, Vol.9,No,3,1993 .

[2] Xia, C. and Hanson,R.D, "Influence of ADAS Element parameters on Building seismic response. "j.structural Engineering, Vol.118,No,7,july 1992.

[۳] سونگ ، تی . تی ودارگوش ، جی ، اف "سیستم های اتلاف انرژی غیر فعال در مهندسی سازه" ، ترجمه مهران تیو وبابک کریمخانی ، تهران : پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۱ .
[۴] سجادی آل هاشم ، سید مسعود و کیهانی ، علی و پورمحمد ، حسن ، "سازه های فولادی مجهز به میراگرهای فلزی ADAS و TADAS و سیستم های متداول فولادی از دیدگاه انرژی" ، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران .

[۵] میرزایی ، علیرضا و پاشا ، بابک ، "مقایسه تقویت لرزه ای ساختمان های فلزی موجود با استفاده از میراگر فلزی TADAS و سیستم مهاربندی CBF" ، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران .