

Experimental Behavior of Reinforced Concrete Frame Equipped with ADAS Yielding Damper Under Cyclic loading

Milad Baderan¹, Ali Hemmati^{2*}, Seyyed Mohammad Ali Hashemi³

1- Ph.D. Student, Civil Engineering Department, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

2 - Assistant Professor, Seismic Geotechnical and High Performance Concrete Research Centre, Civil Engineering

3- Department, Islamic Azad University, Semnan Branch, Semnan, Iran,

4 - Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sadjad University of Mashhad, Mashhad, Iran

ABSTRACT

The concrete structures exposed to the earthquake have the potential of cracking and reduction in stiffness and strength. Because of their low deformability, there would be some cracking and plastic hinging in the moment-resisting frame. The utilization of dampers is a solution to improve the behavior of the constructed structures. Dampers play a crucial role in improving structural performance level and bearing capacity. In the present study, 9 concrete frames were tested, and steel yield dampers have been used for the seismic rehabilitation of the concrete moment-resisting frames. The yield dampers elements are ADAS dampers (Added Damping and Stiffness) connected to the concrete frame using steel braces. The concentric-type steel braces connect the dampers and concrete beams. Furthermore, to investigate the influence of the braces on the structure's strength and behavior three concentrated braces have been installed in the structure. The structure in which ADAS dampers was employed demonstrated more strength and less recorded damages than the simple moment-resisting frame. In the present study, the effect of braces and dampers have been investigated in the behavior of the structure, cracking, and strength. The strength of the frames was increased by 48% and 21% by employing steel braces and yield dampers in the concrete frames, respectively, comparing the control frame.

ARTICLE INFO

Receive Date: 23 January 2022

Revise Date: 06 February 2022

Accept Date: 16 February 2022

Keywords:

Reinforced Concrete Frame
Yielding Damper

ADAS

Cyclic Loading

Resistance

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2022.325830.2703>

*Corresponding author: Ali Hemmati

Email address: ali.hemmati@semnaniau.ac.ir

مطالعه رفتار آزمایشگاهی قاب خمشی بتنی مقاوم‌سازی شده توسط میراگر تسلیمی فلزی بر اساس میراگر ADAS تحت بار چرخه‌ای جانبی

میلاذ بادران^۱، علی همتی^{۲*}، سید محمدعلی هاشمی^۳

۱- دانشجوی دکتری تخصصی سازه، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات ژئوتکنیک لرزه‌ای و بتن توانمند، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران

چکیده

سازه‌های بتنی که در معرض زلزله قرار می‌گیرند مستعد ترک خوردگی و کاهش سختی و مقاومت می‌باشند. قاب‌های خمشی بتنی به دلیل شکل پذیری کم، در محل تیرها دچار ترک خوردگی و تشکیل مفصل پلاستیک می‌شوند. به همین دلیل در سازه‌های ساخته شده می‌توان با استفاده از میراگرها رفتار سازه را بهبود بخشید. میراگرها در افزایش سطح عملکرد سازه و باربری سازه‌ها نقش کلیدی دارند. در این مقاله ۹ قاب بتن آرمه مورد آزمایش قرار گرفتند و از میراگر تسلیمی فلزی برای بهسازی لرزه‌ای قاب‌های بتنی خمشی استفاده شده است. میراگر تسلیمی مورد نظر از نوع میراگر ADAS می‌باشد که با استفاده از مهاربند فلزی به قاب بتنی متصل شده است. مهاربند فلزی از نوع همگرا است که بین میراگر و تیر بتنی متصل شده است. همچنین در این مقاله سه مهاربند همگرا نیز در سازه قرار داده شده تا تاثیر آن بر مقاومت و رفتار سازه بررسی گردد. در سازه با میراگر ADAS مقدار مقاومت بیش‌تر از قاب بتنی بدون میراگر بود و میزان خسارت وارد شده با قاب کمتر ثبت گردید. در این مقاله، تاثیر مهاربند و میراگر بر رفتار سازه، ترک خوردگی‌ها، مقاومت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اضافه کردن مهاربند فولادی به قاب بتنی، مقاومت نمونه به مقدار ۴۸٪ نسبت به نمونه شاهد و با اضافه کردن میراگر تسلیمی به قاب بتنی، مقاومت نمونه‌ها حدود ۲۱٪ نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت.

کلمات کلیدی: قاب خمشی بتن آرمه، میراگر تسلیمی، میراگر ADAS، بارگذاری چرخه‌ای، مقاومت.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	https://doi.org/10.22065/jsce.2022.325830.2703	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	10.22065/jsce.2022.325830.2703	۱۴۰۱/۰۹/۳۰	۱۴۰۰/۱۱/۲۷	۱۴۰۰/۱۱/۲۷	۱۴۰۰/۱۱/۱۷	۱۴۰۰/۱۱/۰۳
علی همتی ali.hemmati@semnaniau.ac.ir					*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	

۱- مقدمه

سازه‌های بتن آرمه در گذر زمان و همچنین تحت اثر بارهای لرزه‌ای ممکن است دچار خرابی‌های جزئی یا حتی شدیدی شوند. ترک‌های ایجاد شده در اعضای اصلی همانند تیر و ستون‌ها بر ظرفیت باربری آنها تاثیر می‌گذارد. به منظور تقویت و بهسازی سازه‌های بتن آرمه می‌توان از روش‌های گوناگونی استفاده کرد. روشهایی مانند استفاده از ژاکت فولادی یا بتنی، استفاده از الیاف پلیمری، استفاده از مهاربندهای فلزی، استفاده از دیوار برشی بتنی یا فولادی برای تقویت سازه‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی دیگر از راهکارهای جدید برای بهسازی سازه‌های بتنی استفاده از میراگرها می‌باشد. این میراگرها می‌توانند ویسکوز، ویسکوالاستیک، اصطکاکی یا تسلیمی باشند. سای و همکاران [۱] جزو اولین کسانی بودند که از میراگرهای ADAS و TADAS به منظور کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها استفاده کردند. آنها رفتار چرخه‌ای میراگر را به تنهایی و همچنین در سازه مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آنها، سازه با میراگر، رفتار خوبی به لحاظ کاهش دررفت و کاهش خسارت داشت.

تهرانی‌زاده [۲] طی یک تحقیق عددی و آزمایشگاهی بر روی یک ساختمان فلزی با میراگر ADAS، تاثیر میراگر تسلیمی را بر روی پاسخ لرزه‌ای سازه را بررسی کرد. بر اساس نتایج، دیده شد که اگر سختی مهاربند حدوداً ۲ برابر سختی میراگر باشد، پاسخ سازه به میزان مطلوبی کاهش می‌یابد. همچنین بیشترین تاثیر میراگر در مود اول ارتعاشی سازه می‌باشد.

زهرائی و راد [۳] مطالعه‌ای جهت بررسی کاربرد میراگرهای TADAS، استفاده از آنها در استهلاک انرژی زلزله وارد بر ساختمانهای بتنی و بررسی رفتار سازه‌های مجهز به این میراگرها انجام دادند. آنها ابتدا میراگرهای TADAS و رفتار سازه دارای چنین میراگرهایی بررسی نمودند. سپس از یک نوع میراگر در چهار ساختمان نمونه بتنی با خصوصیات مختلف استفاده کردند. همچنین با اعمال زلزله‌های گوناگون سعی شد نتایج جامعتری به دست آید. در این رابطه میراگرهای لازم طراحی شده و عملکرد لرزه‌ای ساختمانهای نمونه به کمک تحلیل دینامیکی غیر خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. در اثر نصب میراگرها، پارامترهایی نظیر جابه‌جایی نسبی و مطلق طبقات، شاخص آسیب طبقات و همچنین کل سازه و تشکیل مفاصل پلاستیک به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و نیز استهلاک انرژی هیسترسیک توسط اعضای سازه‌های کاهش چشمگیری یافت. علی‌رغم کاهش نیروهای داخلی اعضای سازه‌ای، به علت افزودن سیستم مهاربندی برش طبقات کمی افزایش پیدا کرد، ولی قسمت عمده این نیروها در میراگرها متمرکز شدند. در تحقیق آنها همچنین ترکیب سیستم قاب خمشی و دیوار برشی به همراه میراگر TADAS نیز مطالعه شد که به طور مشابه کاهش قابل ملاحظه‌ای در پارامترهای فوق به خصوص جابه‌جایی نسبی و مطلق طبقات و نیز استهلاک انرژی هیسترسیک در اعضای سازه‌های را نشان می‌دهد.

سجادی آل‌هاشم و همکاران [۴] طی یک تحقیق عددی رفتار میراگرهای تسلیمی ADAS و TADAS را با سیستم‌های مهاربندی CBF، Chevron و EBF را تحت بارگذاری زلزله بررسی کردند. دوره تناوب سیستم با میراگر تسلیمی از دوره تناوب سیستم‌های مهاربندی دیگر بیش‌تر است. همچنین برش پایه در زلزله‌های در نظر گرفته شده، برای سازه با میراگر کمتر از برش پایه سیستم‌های مهاربندی است. اینک و همکاران [۵] نیز یک قاب بتنی را با میراگر تسلیمی و مهاربند فلزی تقویت و بهسازی کردند. این سازه‌ها تحت بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفتند. بر اساس نتایج آنها، ظرفیت باربری قاب با میراگر حدود ۱/۹ برابر بیش‌تر از قاب بتنی معمولی بود. همچنین انرژی مستهلک شده نیز به مقدار زیادی نسبت به قاب معمولی افزایش یافت. ترک‌های مشاهده شده در قاب با میراگر به مراتب کمتر از قاب بتنی معمولی بود.

بیات و عبدالله‌زاده [۶] رفتار قاب فولادی با میراگر ADAS و سازه مهاربندی CBF را طی زلزله مورد مقایسه قرار دادند. بر اساس نتایج آنها ارتفاع سازه و خصوصیات هندسی میراگر تاثیر مهمی در کاهش پاسخ زلزله داشت. همچنین در سازه با میراگر، پروفیل دررفت سازه تحت تاثیر شدت زلزله نبوده و تنها باعث افزایش میزان انرژی ورودی به سازه می‌شود.

محمودی و عبدی [۷] ضریب رفتار سازه با میراگر تسلیمی از نوع TADAS را طی یک تحقیق عددی مورد بررسی قرار دادند. آنها یک قاب خمشی فولادی را با یک قاب با میراگر تسلیمی TADAS تحت بارگذاری زلزله قرار دادند. بر اساس نتایج آنها، ساختمان با میراگر، ضریب

رفتار بزرگتری از سازه قاب خمشی دارد. همچنین با افزایش ارتفاع سازه ضریب رفتار سازه کاهش می‌یافت. ضریب رفتار سازه با میراگر در حدود ۱۰ و سازه قاب خمشی در حدود ۷ گزارش شد.

ساهو و همکاران [۸] میراگر ADAS را با میراگر صفحه‌ای ترکیب کردند و میراگر تسلیمی برشی و خمشی را ابداع کردند. بر اساس نتایج آنها، ضریب باربری و استهلاک انرژی در این نوع میراگرها در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد، بیش‌تر از میراگرهای ADAS می‌باشد.

وارگاس و برونو [۹] یک روش طراحی برای سازه‌های دارای میراگر تسلیمی، بر اساس شکل‌پذیری مورد نیاز و نسبت سختی، ارائه کردند. قبری و همکاران و لی و همکاران [۱۰ و ۱۱] با استفاده از روش عددی و آزمایشگاهی، شکل میراگر تسلیمی را بهینه کردند. شکل بهینه شده، انرژی مستهلک شده را افزایش داد و حتی توزیع تنش در میراگر را یکنواخت‌تر کرد.

تحملی رودسری و همکاران [۱۲] در مطالعه آزمایشگاهی تأثیر استفاده از استفاده از میراگر ADAS و TADAS را همراه با مهاربند Chevron را در قاب های بتن آرمه بررسی کردند. آنها ۷ قاب بتن آرمه ساختند و ۶ عدد از آنها را همراه با مهاربند Chevron و میراگر ADAS و TADAS با تعداد متفاوت پره های میانی تقویت کردند. قابهای آزمایشگاهی را تحت بار چرخه ای قرار دادند و میزان مقاومت، بازشدگی ترکها، سختی، شکل پذیری، اتلاف انرژی و افت مقاومت نمونه ها را ارزیابی نمودند. نتایج آزمایشات آنها نشانگر این مطلب بود که استفاده از میراگر تسلیمی باعث افزایش مقاومت قاب بتن آرمه میشود و میزان کاهش مقاومت هر چرخه بارگذاری و شکل پذیری را بررسی کردند که در تمام نمونه ها عملکرد میراگر ADAS از TADAS بهتر بوده است.

همتی و همکاران [۱۳] مطالعه آزمایشگاهی بر روی ۳ نمونه قاب بتن آرمه انجام دادند. نمونه های آزمایشی شامل یک قاب بتن آرمه، یک قاب بتن آرمه با مهاربند همگرا (CBF) و یک قاب بتن آرمه با مهاربند واگرا (EBF) بود که رفتار چرخه ای آنها بررسی و با یکدیگر مقایسه می شود. نتایج نشان می داد که بارهای نهایی هر دو قاب بتنی با مهاربند همگرا (CBF) و واگرا (EBF)، به ترتیب حدود ۲،۱۱ و ۱،۹ برابر بیشتر از قاب بتن آرمه است. شکل پذیری قاب مقاوم سازی شده با مهاربندی واگرا بیشتر از قاب بتن آرمه و قاب مقاوم سازی شده با مهاربندی همگرا نیز می باشد. علاوه بر این، انرژی جذب شده از قابهای مقاوم سازی شده با مهاربند واگرا (EBF) و همگرا (CBF) حدود ۱،۹۸ و ۱،۶۳ برابر بیشتر از قاب بتن آرمه است.

ثقفی و همکاران [۱۴] مطالعه ای به منظور ارزیابی پاسخ لرزه ای سه قاب خمشی بتن آرمه با تعداد طبقات ۴ و ۷ و ۱۰ طبقه مجهز به میراگرهای فلزی تسلیمی (TADAS) انجام دادند و از نرم افزار OpenSees به منظور تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی با استفاده از هفت رکورد زلزله برای تعیین پاسخ سازه استفاده کردند. نتایج نشان داد که پاسخ لرزه ای قابل توجهی وجود دارد. مشاهده می شود که مقادیر جابجایی طبقات ثابت بوده و حداکثر آن مقادیر در قابهای مقاوم سازی شده ۴، ۷ و ۱۰ طبقه به ترتیب ۵۴، ۵۶ و ۵۵ درصد کاهش یافته است. همچنین، حداکثر شتاب طبقه، حداکثر جابجایی سقف و حداکثر میزان نیروی برشی در قاب های مجهز به میراگر کمتر است و رفتار اعضای مقاوم سازی شده به سطح قابلیت استفاده بی وقفه و سطح ایمنی عملکردی ارتقا یافت.

خوش کلام و همکاران [۱۵] نوع جدیدی از میراگر ADAS را پیشنهاد کردند که اثرات نیروی محوری در میراگر را به حداقل می‌رساند. در میراگر جدید پیشنهادی میزان کرنش پلاستیک در میراگر ADAS پیشنهادی به مقدار ۵۰٪ کمتر از میراگر ADAS معمولی است. بنابر تحقیقات انجام شده، بر روی تقویت قاب خمشی بتنی با استفاده از میراگرهای تسلیمی تحقیقات اندکی انجام شده است. به همین دلیل در این تحقیق، ۹ نمونه قاب خمشی بتنی با استفاده از مهاربند فلزی و میراگر تسلیمی ADAS تحت بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفتند. مقاومت، شکل‌پذیری و انرژی مستهلک شده در این نمونه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

موسی محمودی و همکاران [۱۶] ضریب رفتار قاب های خمشی فلزی با شکل پذیری متوسط و ویژه مجهز به TADAS را محاسبه و نمودار هیستریتیک آنها را رسم نمودند. برای این منظور تحلیل غیرخطی افزایشی برای ساختمان دارای طبقات مختلف (۳-۵-۷-۱۰) و (۱۵) با نرم افزار OPENSEES انجام دادند و ضریب رفتار برای قاب خمشی متوسط و ویژه در دو حالت قاب تنها و قاب مجهز به میراگر را با سطح عملکردی ایمنی جانی محاسبه نمودند. رکورد های مورد استفاده مربوط به زلزله های ال سنترو، طبس و ابهر بوده است. طراحی قاب ها براساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم و مبحث دهم مقرارت ملی ساختمان ایران انجام شد. ضریب رفتار

بر اساس سه پارامتر اضافه مقاومت، شکل پذیری و نامعینی توسط آیین نامه ها برای یک سیستم سازه ای با تعداد طبقات مختلف مقدار ثابتی را معرفی می کنند در حالیکه این مطالعه نشان داد که با افزایش ارتفاع سازه در هردو حالت با میراگر و بدون میراگر مقدار ضریب رفتار کاهش می یابد در حالیکه ضریب کاهش شکل پذیری آنها متفاوت است. اثر TADAS بر ضریب رفتار قاب های خمشی قابل توجه است و مقدار آن بیشتر از قاب های بدون میراگر است. همچنین میزان تاثیر میراگر بر ضریب رفتار قاب خمشی ویژه بیشتر از قاب خمشی متوسط با میراگر است. میزان شکل پذیری قاب (متوسط یا ویژه) و ارتفاع ساختمان اثر کمی روی اضافه مقاومت قاب دارای میراگر دارد. مهمترین عامل در ضریب رفتار میزان شکل پذیری است که با میراگر می توان مقدار آن را افزایش داد.

رایس و همکاران [۱۷] با تغییر میزان سختی سیستم میراگر ADAS بصورت درصدی از سختی کل سازه، رفتار دینامیکی سازه های با پیوند کوتاه را مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از نرم افزار ETABS و رکورد زلزله های El Centro و YERMO و با میزان سختی های متفاوت سیستم میراگر با نسبت های ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ کل سختی سازه، رفتار سازه و تاثیرات ADAS را بررسی نمودند. طراحی اولیه میراگرها بر اساس IBC2000 انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش سختی سیستم میراگر میزان انرژی تلف شده افزایش یافته و انرژی میرایی مدال کاهش می یابد. انرژی مکانیکی (جنبشی و پتانسیل) افزایش می یابد و انرژی ورودی ثابت است.

خزاعی [۱۸] در مقاله ای با موضوع آنالیز دینامیکی غیرخطی بر روی قاب های فولادی با میراگر فلزی به تحقیق در این زمینه پرداختند. در این پژوهش سازه های فولادی ۴، ۷ و ۱۲ طبقه فولادی با بهره گیری از میراگرهای ADAS مورد تحلیل قرار گرفتند. آنالیزهای صورت گرفته به صورت دینامیکی غیرخطی و قاب های مورد مطالعه تحت اثر سه شتابنگاشت طبس، نورتریج و ال سنترو ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که نیروی برشی در بعضی طبقات قاب با میراگر ADAS در مقایسه با قاب بدون میراگر کاهش یافته است. با افزایش تعداد طبقات، مشاهده می شود که تغییر مکان جانبی طبقات و همچنین توزیع انرژی به ترتیب یکنواخت تر و مناسب تر در قاب های با میراگرهای ADAS اتفاق می افتد.

خیرالدین [۱۹] تأثیر دیوار برشی و بادبند فلزی را در تقویت قاب خمشی بتن آرمه موجود و اندرکنش سه گانه آنها را بررسی نمود. نتایج پژوهش وی نشان می دهد استفاده از بادبند فلزی تغییر مکان جانبی سازه را تا حدود ۵۰ درصد کاهش می دهد.

ین وچین [۲۰] چند اتصال داخلی را با ورق های فولادی به روش های مختلف به جان تیرهای اتصال نصب کردند و با تعریف ۲ شاخص توان بخشی مقاومت و توان بخشی شکل پذیری، آن ها را تحت بارهای سایکلک بررسی کردند.

موسی محمودی و همکاران [۲۱] از مطالعات اخیر بر روی ظرفیت جذب انرژی وارده به سازه توسط میراگرهای تسلیم شونده فلزی TADAS استفاده از این میراگرها به این نتیجه رسیدند که علاوه بر از بین بردن ضعفهای فوق، دارای مزایایی مانند افزایش شکل پذیری، سختی و مقاومت جانبی، توانایی وفق دادن با معماری، حداقل وزن اضافه شده به سازه اصلی و سیستم قاب مهاری فولادی خارجی با کمترین قطع عملکرد سازه ای ساختمان بتنی در آن جای می گیرد، است.

۲- معرفی نمونه های مورد بررسی

به منظور بررسی رفتار قاب بتنی و قاب بتنی با میراگر تسلیمی، ۹ قاب بتنی در آزمایشگاه ساخته و مورد بررسی قرار گرفت. ۳ نمونه اول بصورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند و پس از آزمایش در سایر نمونه ها تغییراتی ایجاد شد. بتن مورد استفاده در این نمونه ها از نوع بتن معمولی ساخته شده در کارخانه بتن با طرح اختلاط نشان داده شده در جدول ۱ می باشد. تعداد ۱۰ عدد نمونه مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتی متری قبل از بتن ریزی نمونه ها، تهیه شد. نمونه های مکعبی به مدت ۲۸ روز در مخزن آب موجود در آزمایشگاه تحت عمل آوری با شرایط دمایی و محیطی آزمایشگاه قرار گرفتند. بعد از عمل آوری نمونه های مکعبی، مقاومت فشاری مکعبی نمونه ها با استفاده از جک هیدرولیکی آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد، تعیین شد. نتایج آزمایش نمونه های مکعبی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱: طرح اختلاط بتن

	Cement –type 1 (kg/m ³)	Fine Aggregate (kg/m ³)	Coarse Aggregate (kg/m ³)	W/C	Density (kg/m ³)	Temperature (°C)
Concrete Mix Design	300	1100	800	0.45	2245	20

جدول ۲: مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۲۸ روزه گرفته شده از بتن مطابق استاندارد ۳-۱۶۰۸

	Dimension (cm)	Sample-1	Sample-2	Sample-3	Average	Standard Deviation
Cubic Concrete Sample	15x15x15	26.4	23.6	25.3	25.1	1.33

قاب بتنی مورد نظر یک قاب یک طبقه یک دهانه با ارتفاع ۱۵۰ در ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. ابعاد مقطع فونداسیون ۴۰x۶۰ سانتی‌متر و طول آن ۲۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. ابعاد مقطع ستون ۲۰x۲۰ سانتی‌متر و ابعاد مقطع تیر ۱۵x۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. آرماتورهای طولی تیر شامل ۴ عدد آرماتور $\Phi 10$ ، آرماتور طولی ستون شامل ۶ عدد آرماتور $\Phi 10$ ، آرماتورهای فونداسیون شامل ۱۲ عدد آرماتور $\Phi 16$ می‌باشد. تعداد خاموت‌ها و مشخصات هندسی نمونه‌ها در جدول ۳ آورده شده است. مبنای انتخاب تعداد، سائز آرماتورهای تیر و ستون و فونداسیون متناسب با مقادیر حداقل آیین نامه ای بر اساس ابعاد تیر، ستون و فونداسیون بوده است.

جدول ۳: مشخصات آرماتورهای تیر، ستون و فونداسیون

نمونه	ستون			تیر			فونداسیون				
	ابعاد (cm)	آرماتور طولی	ρ	ابعاد (cm)	آرماتور طولی	ρ	آرماتور عرضی	ابعاد (cm)	آرماتور طولی	آرماتور عرضی	
Conc-F-1	20x20	6 $\Phi 10$	1.18	7 $\Phi 8$	15x20	4 $\Phi 10$	1.05	8 $\Phi 8$	40x60	12 $\Phi 16$	20 $\Phi 10$
Conc-F-2				9 $\Phi 8$				8 $\Phi 8$			
Conc-F-3				11 $\Phi 8$				10 $\Phi 8$			
F-1-BR				7 $\Phi 8$				8 $\Phi 8$			
F-2-BR				9 $\Phi 8$				8 $\Phi 8$			
F-3-BR				11 $\Phi 8$				10 $\Phi 8$			
F-1-ADAS				7 $\Phi 8$				8 $\Phi 8$			
F-2-ADAS				9 $\Phi 8$				8 $\Phi 8$			
F-3-ADAS				11 $\Phi 8$				10 $\Phi 8$			

بدلیل وجود چند تیپ فاصله آرماتور عرضی در این تحقیق، در جدول ۴ به بررسی فاصله آرماتورهای عرضی المان تیر و ستون طبق آیین نامه پرداخته شده است.

خاموت‌ها باید از حلقه‌های بسته میلگرد آجدار تشکیل شده، و فواصل آنها از یکدیگر شرایط زیر را تامین کنند.

فاصله مرکز به مرکز آرماتورهای عرضی نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کوچکتر باشد:

(۱) ۱۶ برابر قطر میلگرد طولی؛

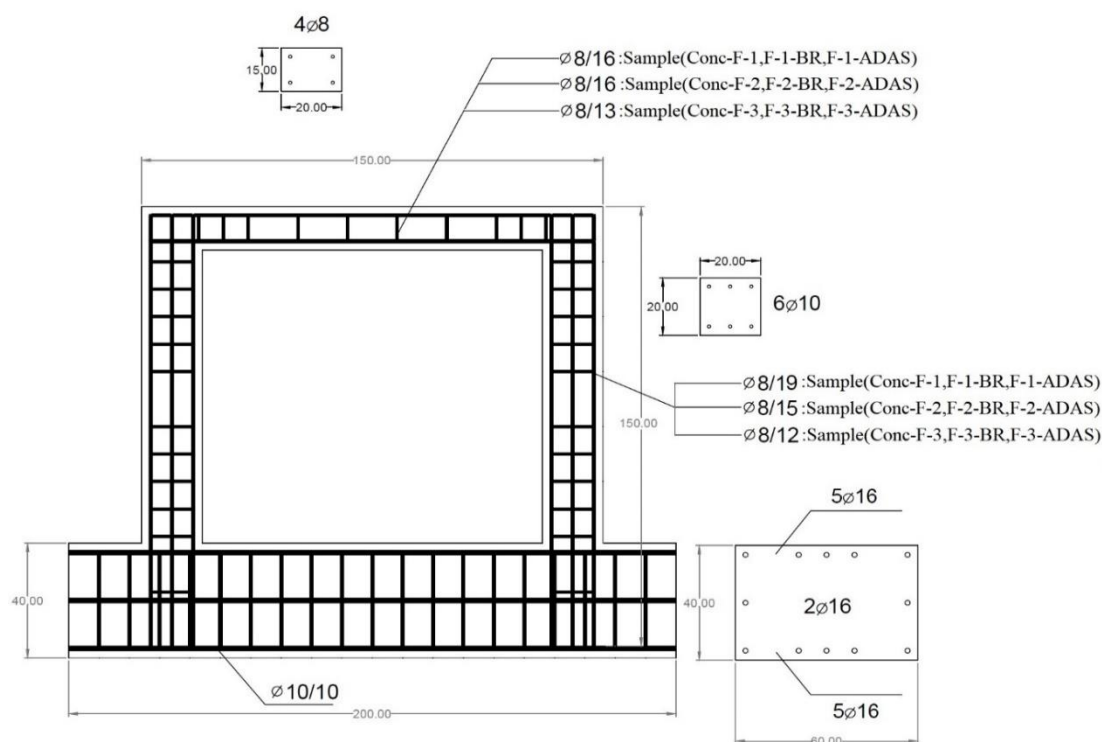
(۲) ۴۸ برابر قطر میلگرد عرضی؛

(۳) کوچکترین بعد عضو.

جدول ۴: بررسی فاصله خاموت عرضی با مقادیر مجاز آیین نامه

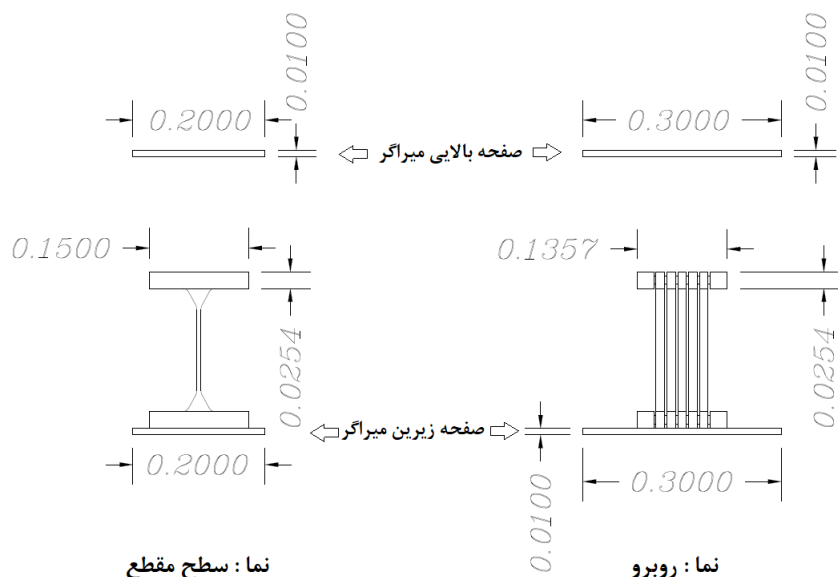
نمونه	ستون					تیر				
	ابعاد (cm)	آرماتور طولی	آرماتور عرضی	فاصله خاموت عرضی: (cm)	فاصله خاموت عرضی حداکثر طبق آیین نامه: (cm)	ابعاد (cm)	آرماتور طولی	آرماتور عرضی	فاصله خاموت عرضی: (cm)	فاصله خاموت عرضی حداکثر طبق آیین نامه: (cm)
Conc-F-1	20x20	6 Φ 10	7 Φ 8	19	20	15x20	4 Φ 10	8 Φ 8	16	15
Conc-F-2			9 Φ 8	15	20			8 Φ 8	16	15
Conc-F-3			11 Φ 8	12	20			10 Φ 8	13	15
F-1-BR			7 Φ 8	19	20			8 Φ 8	16	15
F-2-BR			9 Φ 8	15	20			8 Φ 8	16	15
F-3-BR			11 Φ 8	12	20			10 Φ 8	13	15
F-1-ADAS			7 Φ 8	19	20			8 Φ 8	16	15
F-2-ADAS			9 Φ 8	15	20			8 Φ 8	16	15
F-3-ADAS			11 Φ 8	12	20			10 Φ 8	13	15

در شکل ۱ نمای هندسی قاب‌های بتنی مورد آزمایش نشان داده شده است. در قاب‌های خمشی فقط فاصله آرماتورهای عرضی متفاوت انتخاب شده است. در این نمونه‌های Conc-F نشان دهنده قاب خمشی بتنی، حرف BR نشان دهنده مهاربند فولادی و حرف ADAS نشان دهنده میراگر ADAS می‌باشد.



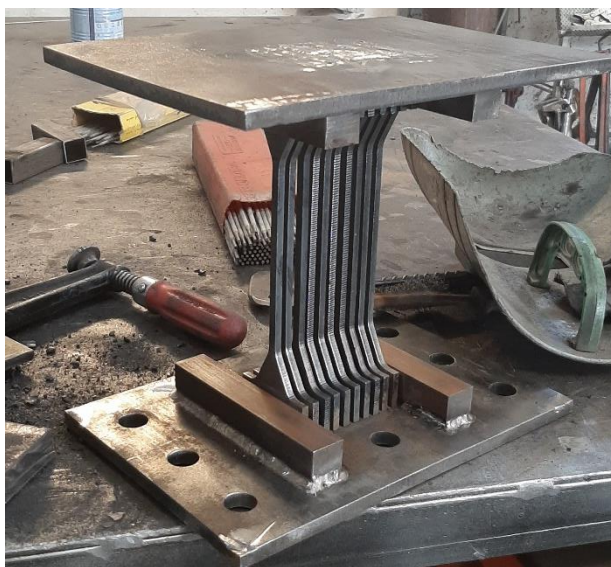
شکل ۱: نمای هندسی قابهای بتنی.

پس از ساخت قابهای بتن آرمه Conc-F-1، Conc-F-2 و Conc-F-3 و انجام آزمایش، بررسی نتایج ترکها و مقایسه دتایل آنها با یکدیگر در نظر است به جهت اینکه قابها با المان میراگر و مهاربند مقاوم سازی می شوند، ساخت میراگر مطابق شکل ۲ در دستور کار قرار گرفت.

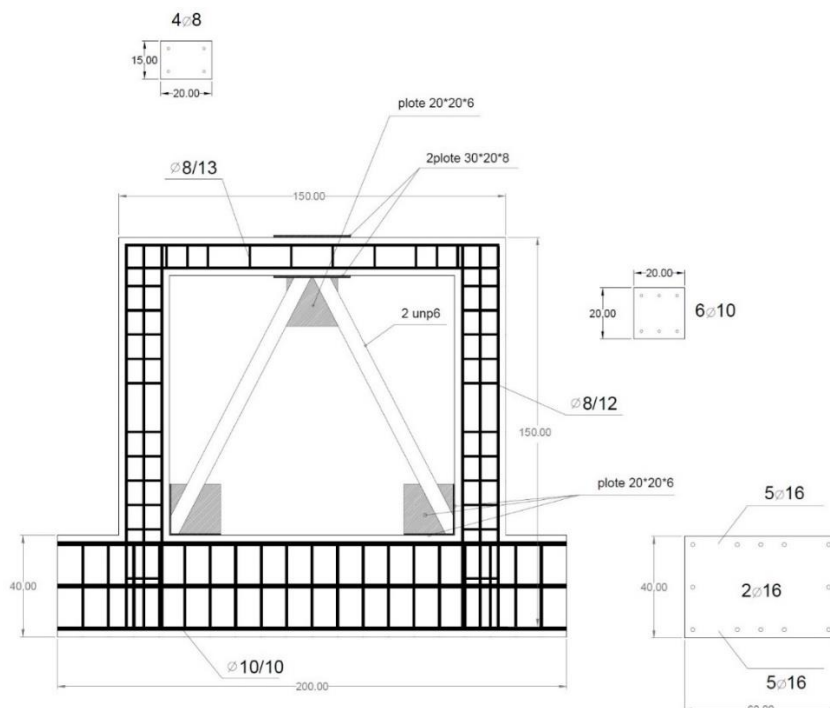


شکل ۲: صفحه گسترده میراگر ADAS مورد آزمایش (واحد اندازه ها در تصویر متر می باشد).

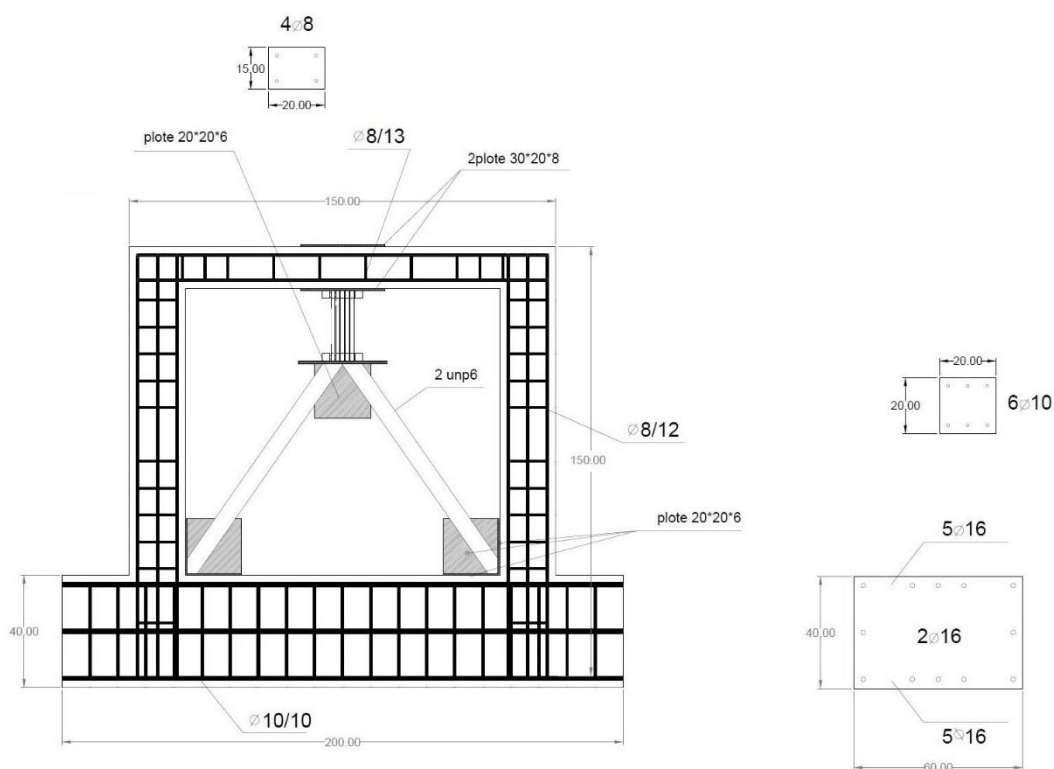
فولاد استفاده شده در میراگر از نوع St37 میباشد و مشخصات هندسی در شکل ۲ و نمای ساخته شده میراگر ADAS در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود، بدلیل وجود نیروهای کششی و برشی میراگر، ورق بالا و پایین میراگر ضخیم انتخاب شده است تا سبب تغییر شکل در این صفحات نشود. برش صفحات میراگر با استفاده از دستگاه برشکاری CNC انجام شده است تا خطا در ساخت میراگر به حداقل برسد.



شکل ۳: میراگر تسلیمی آماده شده جهت نصب در قاب خمشی بتنی.



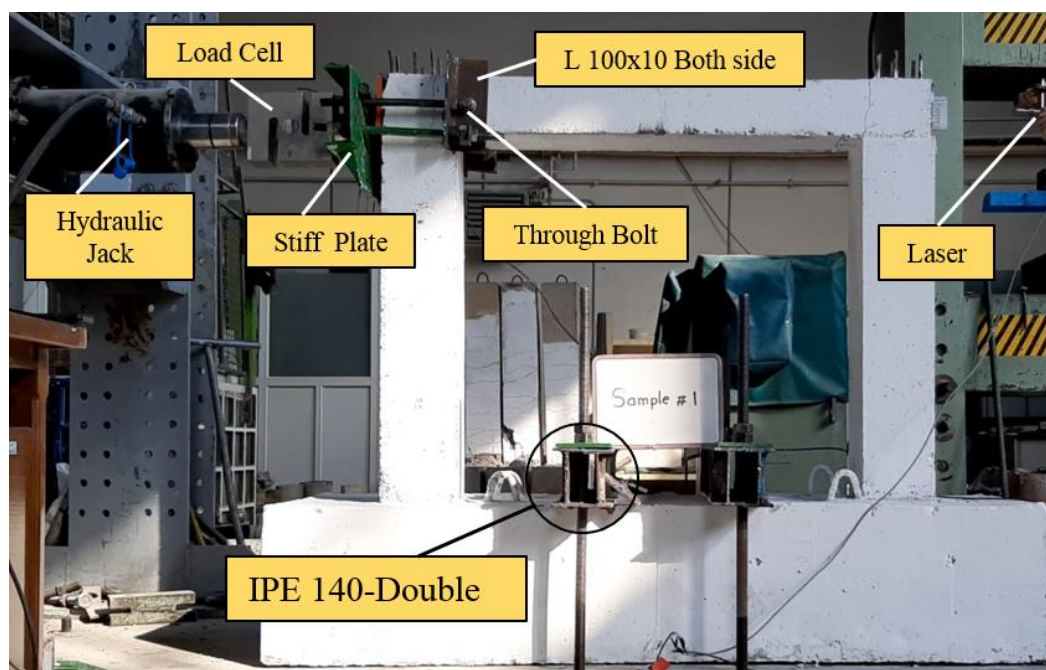
شکل ۴: نمای هندسی قاب بتنی مهاربندی شده F-3-BR.



شکل ۵: نمای هندسی قاب خمشی بتنی و نحوه قرارگیری مهاربند و میراگر تسلیمی F-3-ADAS.

۳- چیدمان آزمایش

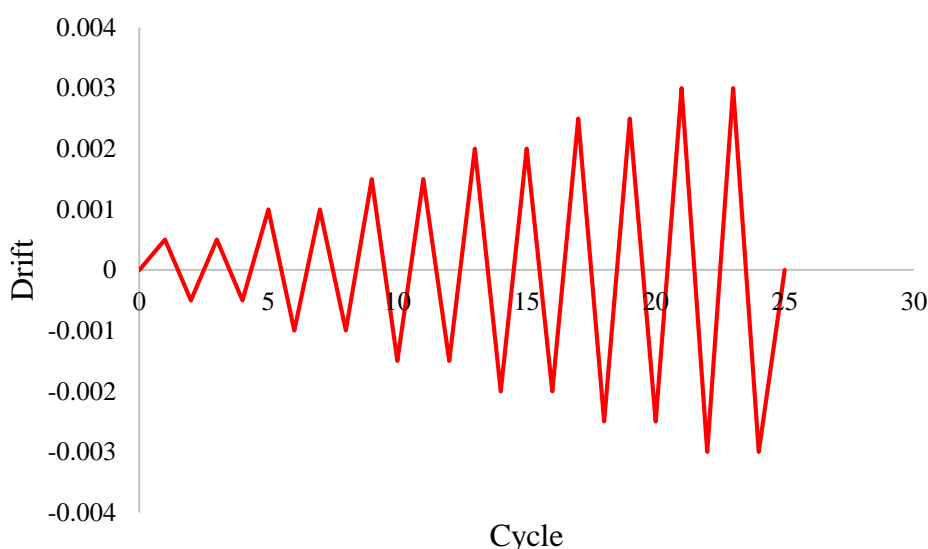
در شکل ۶ نحوه بارگذاری، موقعیت گیج لیزری، نبشی‌ها، بولت‌های میان‌گذر، در نمونه نشان داده شده است. جک هیدرولیکی آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی دارای ظرفیت ۸۰۰ کیلونیوتن می‌باشد. برای اندازه‌گیری میزان تغییر مکان قاب تحت بارگذاری رفت و برگشتی از سنسور ثابت تغییر مکان (گیج لیزری با دقت ۰٫۱ میلی‌متر) استفاده شده است. همچنین از چهار پروفیل IPE 140 که به صورت دابل به هم جوش داده شده‌اند برای مهار فونداسیون به کف صلب آزمایشگاه استفاده شده است. یک ورق مدفون در اتصال تیر به ستون قبل از بتن‌ریزی کار گذاشته شد. سپس لود سل جک به این ورق متصل شد و بارگذاری انجام شد. در نمونه‌های دیگر دو عدد نبشی L100x10 با استفاده از بولت میان‌گذر به یک ساق نبشی متصل شده است. سپس با استفاده از چهار بولت دیگر ساق دیگر نبشی به ورق متصل به لود سل وصل شده است. تمامی آزمایش‌ها در آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد که دارای کف صلب بتنی می‌باشد، صورت پذیرفته است.



شکل ۶: نحوه چیدمان آزمایش قاب خمشی بتنی.

۴- نتایج آزمایش

کلیه نمونه‌ها تحت بارگذاری چرخه‌ای به صورت جابجایی کنترل قرار گرفتند. در شکل ۷ پروتکل بارگذاری چرخه‌ای بر روی نمونه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۷: منحنی پروتکل بارگذاری چرخه‌ای جابجایی کنترل.

پروتکل بارگذاری استفاده شده در این پژوهش ATC-24 می‌باشد. در این پروتکل مقدار دریافت طبقه با گام‌های ۰/۵ درصد افزایش می‌یابد. هر چرخه دو مرتبه تکرار شد تا رفتار غیرخطی بتن و اثرات میراگر افزوده شده به سیستم قابل مشاهده باشد. مقدار جابجایی وارده از طرف جک هیدرولیکی با استفاده از لودسل آزمایش به نیرو تبدیل می‌شود. مقدار جابجایی جانبی قاب نیز توسط یک گیج لیزری در کنار قاب اندازه‌گیری می‌شود. در ادامه نتایج بارگذاری شامل، ترک خوردگی‌های تیر و ستون، منحنی‌های هیستریزس، منحنی‌های پوش‌آور حاصل از منحنی هیستریزس، جذب انرژی و مقاومت نمونه‌ها بررسی می‌شود.

۵- بررسی نتایج

۵-۱ قاب‌های بتن آرمه

در نمونه Conc-F-1، در ابتدای بارگذاری ترک‌های ریزی در قسمت تیر ایجاد شد. با افزایش بارگذاری، محل این ترک‌ها به ستون منتقل شد و ترک‌های بیش‌تری در ستون شکل گرفت. تعداد ترک‌ها افزایش یافت و همچنین در اواخر بارگذاری عرض ترک نیز افزایش پیدا کرد. همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، در نواحی مشخص شده، ترک‌های افقی در ستون مشهود می‌باشد. در قسمت تکیه‌گاه، علاوه بر وجود ترک‌های افقی در ستون‌ها، بتن کاور ستون‌ها در نواحی تکیه‌گاه جدا شده بود. در ناحیه اتصال تیر به ستون سمت راست، ترک‌های قطری و برشی دیده می‌شود که ممکن است به دلیل عدم مهارشدگی مناسب باشد. در شکل ۹ منحنی هیستریزس نمونه قاب خمشی بتنی Conc-F-1 آورده شده است.



قسمت چشمه اتصال و جک بارگذاری

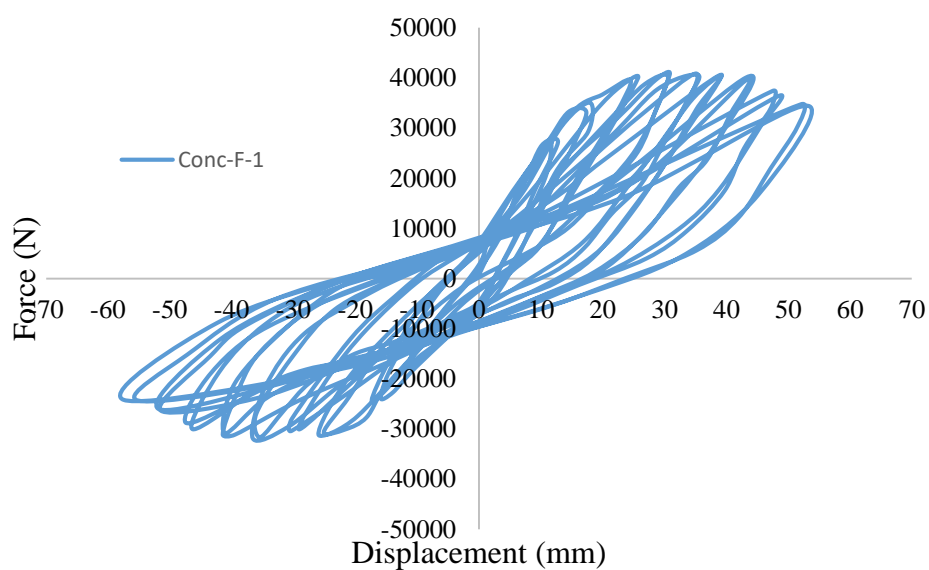


ستون سمت چپ



ستون سمت راست

شکل ۸: وضعیت ترک خوردگی نمونه Conc-F-1 بعد از آزمایش.



شکل ۹: منحنی هیستریزس نمونه Conc-F-1.

همان طور که در شکل ۹ دیده می شود، رفتار کلی منحنی به صورت پایدار می باشد. با افزایش بارگذاری، افت مقاومت قابل توجهی در نمودار دیده نمی شود. ولی سختی حلقه های هیستریزس با افزایش بارگذاری از مقدار سختی اولیه کمتر می شود که نشان دهنده افزایش تعداد ترک ها و همچنین افزایش عرض ترک می باشد. مقدار مقاومت جانبی حداکثر نمونه Conc-F-1 برابر $40/88$ کیلونیوتن می باشد.

در شکل ۱۰ نحوه ترک خوردگی نمونه Conc-F-2 بعد از آزمایش نشان داده شده است. به دلیل اینکه در نمونه Conc-F-1 فاصله بین خاموت‌ها زیاد بود، ترک‌های افقی زیادی در ستون دیده می‌شد ولی در نمونه Conc-F-2 فاصله خاموت‌ها کاهش داده شد. همان‌طور که دیده می‌شود ترک‌های ایجاد شده در تیر به میزان زیادی کمتر از ستون می‌باشد و کاهش فاصله بین خاموت‌ها، ترک‌های کمتری در ستون نسبت به حالت قبل ایجاد کرده است. در شکل ۱۱ منحنی هیستریزیس نمونه Conc-F-2 آورده شده است.



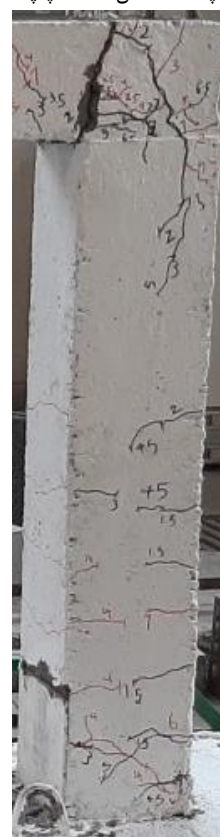
چشمه اتصال سمت راست



چشمه اتصال سمت چپ

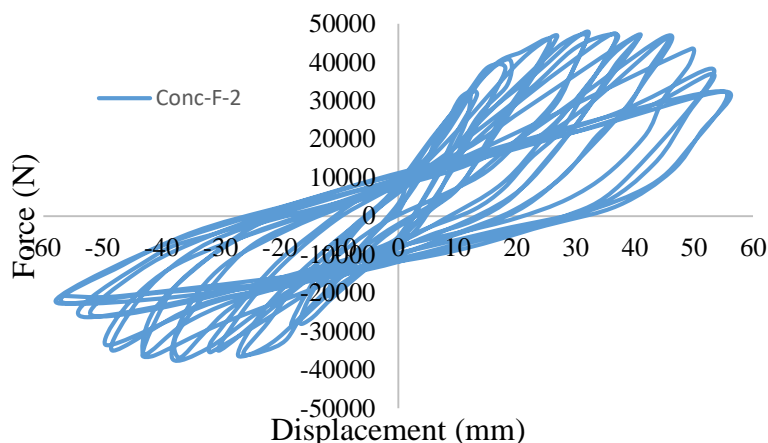


ستون سمت چپ و چشمه اتصال



ستون سمت راست

شکل ۱۰: ترک خوردگی نمونه Conc-F-2 بعد از آزمایش.

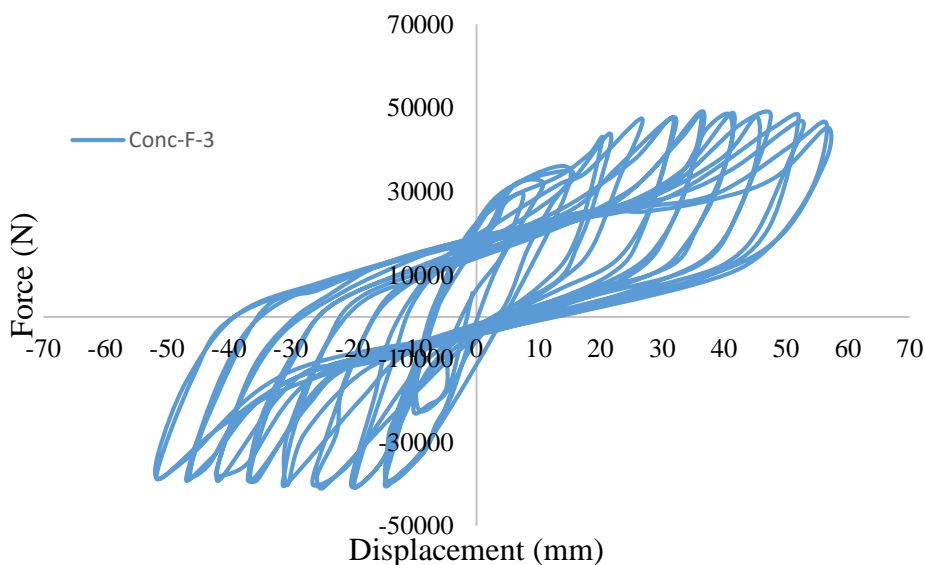


شکل ۱۱: منحنی هیستریزیس نمونه Conc-F-2.

بر خلاف نمونه Conc-F-1، در این نمونه، در تیر نیز ترک‌هایی ایجاد شده است. این ترک‌های در نواحی تکیه‌گاهی شروع و سپس در میانه تیر ایجاد شده‌اند. در این نمونه، مقداری نرم‌شوندگی مقاومتی بعد از مقاومت حداکثر دیده می‌شود. این نرم‌شوندگی مقاومتی به دلیل ترک‌های تیر و ستون است. همچنین در مبدا مختصات هم لاغر شوندگی دیده می‌شود که در اکثر قاب‌های خمشی بتنی دیده می‌شود. مقدار حداکثر مقاومت ۴۷/۵۹ کیلو نیوتن می‌باشد که مقداری از مقاومت نمونه Conc-F-1 بیش‌تر است. در شکل ۱۲ نمونه Conc-F-3 بعد از آزمایش نشان داده شده است. در این نمونه فاصله خاموت‌های تیر و ستون به صورت هم‌زمان کاهش داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، ترک خوردگی فقط در تیر مشهود بوده و ستون‌ها متحمل ترک‌های زیادی نشده‌اند. فقط دو ترک افقی در تکیه‌گاه سازه دیده می‌شود که بعد از ایجاد ترک در تیر رخ داده است. محل تشکیل ترک‌ها در نزدیکی اتصال تیر به ستون کاهش یافته و عمدتاً به قسمت میانه تیر منتقل شده است.



شکل ۱۲: نحوه ترک خوردگی نمونه Conc-F-3 بعد از آزمایش.

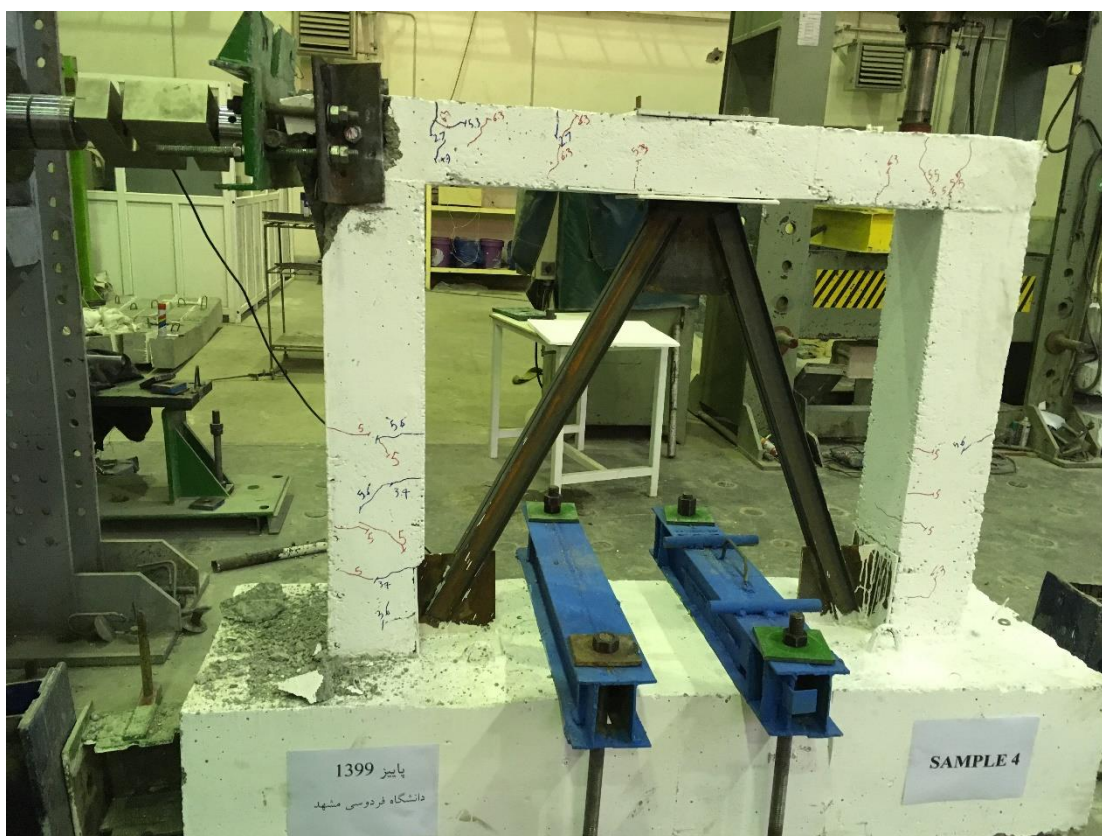


شکل ۱۳: منحنی هیستریزیس نمونه Conc-F-3.

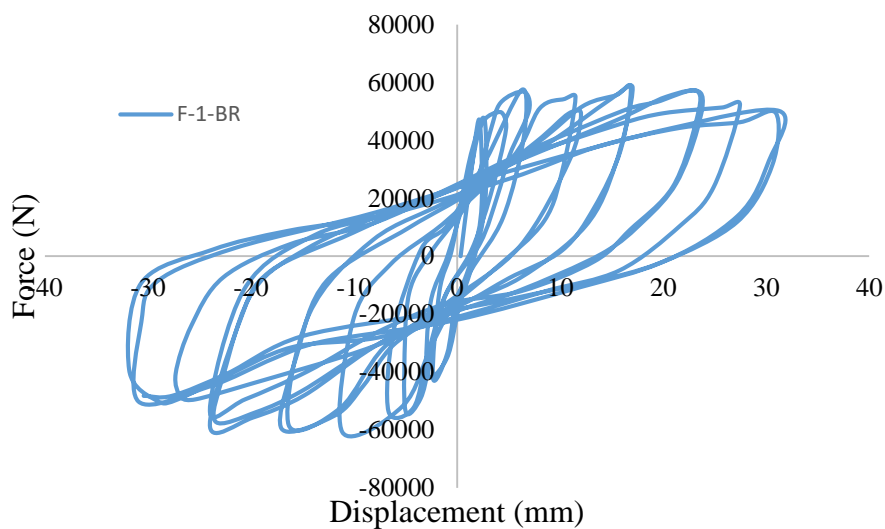
در شکل ۱۳ منحنی هیستریزیس نمونه قاب خمشی بتنی Conc-F-3 آورده شده است. در منحنی هیستریزیس نمونه قاب خمشی بتنی Conc-F-3 نیز نرم شوندگی مقاومت وجود دارد ولی مقدار آن شدید نیست. مقدار مقاومت حداکثر ۴۹/۱۷ کیلونیوتن می‌باشد. در این نمونه کاهش فاصله خاموت سبب بهبود عملکرد ترک خوردگی مقطع می‌شود.

۲-۵ قاب های بتن آرمه با مهاربند فولادی

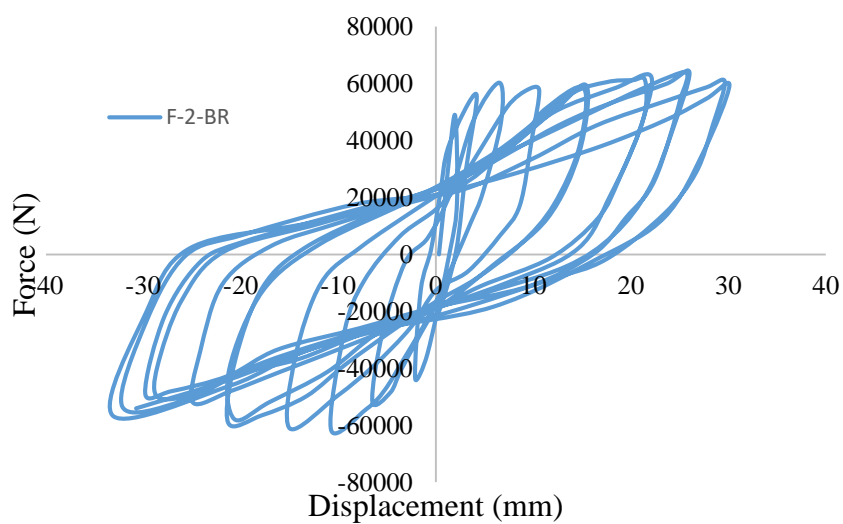
در شکل ۱۴ وضعیت ترک خوردگی نمونه‌های قاب بتنی با مهاربند فولادی در نمونه F-3-BR بعد از انجام آزمایش نشان داده شده است. در محل اتصال مهاربند به تیر بتنی از ورق فولادی و بولت‌های میان‌گذر استفاده شده است. به همین دلیل ترک‌های ایجاد شده در تیر، بین اتصال و ورق متصل‌کننده مهاربند است. این نشان می‌دهد که سختی خمشی تیر در این قسمت به میزان زیادی افزایش یافته است. این ترک‌ها از قسمت ناحیه اتصال تیر به ستون شروع به رشد کردند. همچنین در ستون قاب بتنی، ترک‌های افقی مشاهده می‌شود. در ستون سمت راست، ترک‌های کمتری نسبت به ستون سمت چپ دیده می‌شود. در شکل ۱۵ تا ۱۷ منحنی‌های هیستریزیس نمونه‌های قاب بتنی با مهاربند فولادی نشان داده شده است.



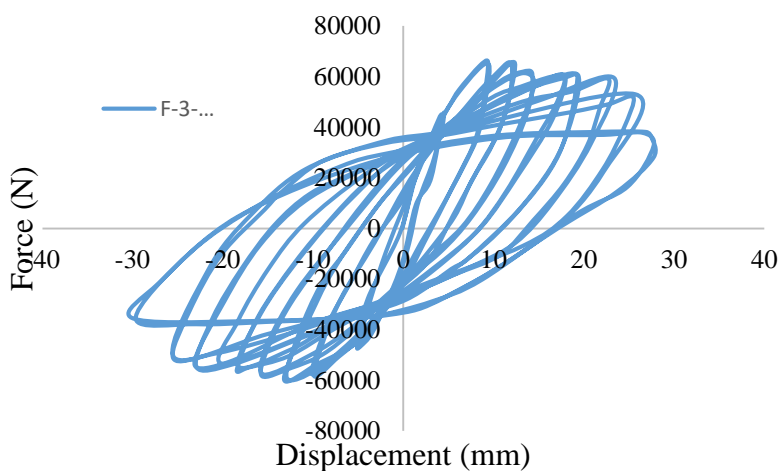
شکل ۱۴: وضعیت ترک خوردگی نمونه F-3-BR.



شکل ۱۵: منحنی هیستریزیس نمونه F-1-BR



شکل ۱۶: منحنی هیستریزیس نمونه F-2-BR



شکل ۱۷: منحنی هیستریزیس نمونه F-3-BR

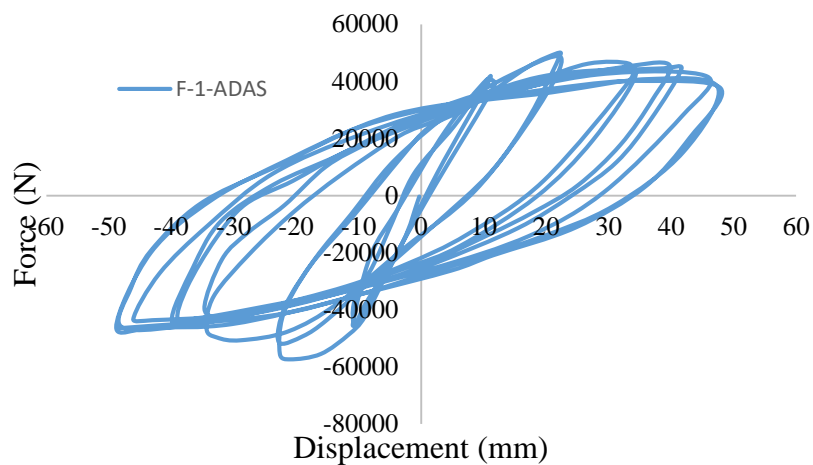
در منحنی‌های هیستریزیس نمونه‌های F-1-BR و F-2-BR مقدار کمی لاغرشوندگی دیده می‌شود که در اثر کماتش زود هنگام موضعی مهاربند است که بدلیل شکل پذیری کمتر نسبت به نمونه F-3-BR میباشد، ولی در نمونه F-3-BR این اثر کمتر شده است. در نمونه F-3-BR نرم شوندگی مشهود بوده و مقاومت به مقدار زیادی بعد از حداکثر مقاومت کاهش یافته است. مقدار مقاومت حداکثر نمونه‌های F-1-BR، F-2-BR و F-3-BR، به ترتیب، برابر ۶۰/۷۵، ۶۳/۹۱ و ۶۵/۸۵ کیلونیوتن می‌باشد. در این نمونه‌ها مقدار مقاومت نسبت به نمونه‌های قاب بتنی معمولی به مقدار زیادی افزایش یافته ولی مقدار جابجایی نهایی کاهش یافته است. به دلیل سختی زیاد مهاربند فولادی، شکل پذیری نمونه کاهش یافته است. همچنین مقدار مقاومت حداکثر نمونه افزایش یافته است که ناشی از اضافه شدن مهاربند به قاب خمشی بتنی است.

۳-۵ قاب های بتن آرمه با میراگر تسلیمی ADAS

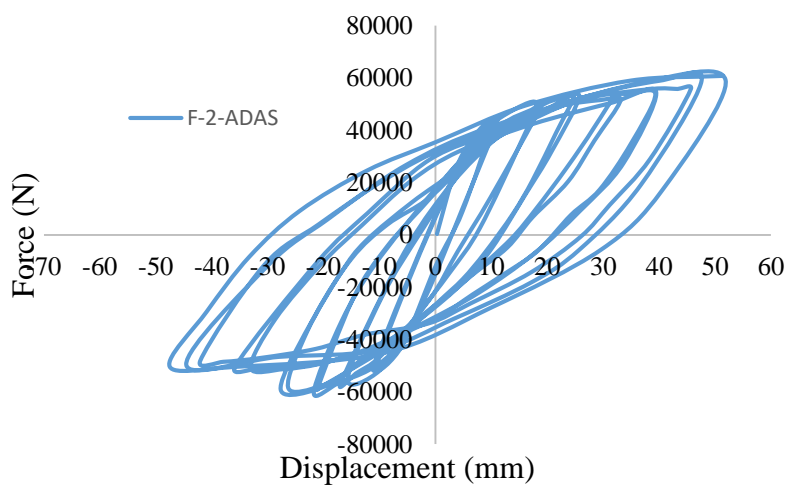
در شکل ۱۸ قاب بتنی همراه با میراگر ADAS در نمونه F-3-ADAS پس از انجام بارگذاری چرخه‌ای نشان داده شده است. تعدادی ترک در ناحیه اتصال جک به نبشی‌های سمت چپ دیده می‌شود، در ستون ترک‌های افقی دیده نمی‌شود و در تیر نیز ترک‌های زیادی دیده نمی‌شود. فقط در قسمت اتصال ورق زیر تیر به میراگر یک سری ترک‌های قائم دیده می‌شود. عمده تغییرشکل‌های قاب به ناحیه میراگر منتقل شده است. تغییرشکل میراگر نشان می‌دهد که تغییرشکل‌های برشی در میراگر حاکم است. در شکل‌های ۱۹ تا ۲۱ منحنی هیستریزیس نمونه‌های قاب بتنی با میراگر ADAS نشان داده شده است.



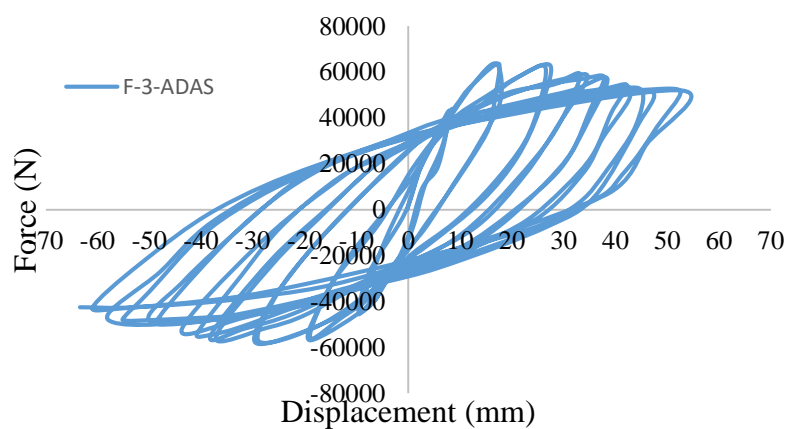
شکل ۱۸: قاب بتنی با میراگر تسلیمی ADAS نمونه F-3-ADAS



شکل ۱۹: منحنی هیستریزیس نمونه F-1-ADAS.



شکل ۲۰: منحنی هیستریزیس نمونه F-2-ADAS.



شکل ۲۱: منحنی هیستریزیس نمونه F-3-ADAS.

در منحنی‌های هیستریزیس نمونه‌ها با میراگر با توجه به اینکه نیرو فعال‌سازی میراگر کمتر از قاب بتنی است، میراگر زودتر در باربری مشارکت می‌کند و در نتیجه می‌تواند باعث افزایش سختی و مقاومت قاب بتنی شود. همچنین مقدار حداکثر جابجایی در کلیه نمونه‌ها افزایش یافته است. مقدار حداکثر مقاومت در نمونه‌های F-1-ADAS، F-2-ADAS و F-3-ADAS، به ترتیب، برابر ۵۷/۳۱، ۶۰/۸۵ و ۶۳/۷۲ کیلونیوتن می‌باشد. نکته قابل توجه در این نمونه کاهش قابل ملاحظه ترک خوردگی در تیر و ستون می‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله ۹ قاب بتن آرمه با مهاربند فولادی و میراگر فولادی تقویت شده و تحت بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفت. میراگر انتخاب شده از نوع میراگر تسلیمی بر اساس میراگر ADAS بود. سه قاب بتن آرمه، سه قاب بتنی با مهاربند فولادی و سه قاب بتنی با میراگر مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس مشاهدات آزمایشگاهی نتایج زیر بدست آمد:

۱- در قاب‌های بتنی با توجه به فاصله خاموت‌ها ترک‌های مختلفی در تیر و ستون‌ها مشاهده شد. هر چه فاصله خاموت‌ها کمتر شد، ترک خوردگی کمتر شد و نمونه رفتار بهتری از خود نشان داد. ولی با این حال، ترک‌های خمشی زیادی در تیر و ستون‌ها مشاهده شد. ابتدا ترک‌های با عرض کم و تعداد زیاد ایجاد شد و سپس ترک‌های با عرض بیش‌تر در تیر و ستون ایجاد شدند. در نهایت با خرابی قسمت چشمه اتصال، باربری نمونه متوقف شد. مقاومت حداکثر قاب‌های بتنی نسبت به قاب با مهاربندی و قاب با میراگر کمتر می‌باشد.

۲- در نمونه قاب با مهاربند فولادی ترک‌های قائم در قسمت ورق اتصال گاست به مهاربند ایجاد شد. ولی تعداد ترک‌های ایجاد شده در تیر و ستون به مراتب کمتر از قاب بتنی معمولی بود. به دلیل سختی زیاد مهاربند، اجازه تغییرشکل زیاد به قاب داده نمی‌شد. در نتیجه ترک‌های کمتری در قاب ایجاد شد.

۳- در قاب با میراگر، ترک‌های ایجاد شده در تیر و ستون به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. عمده تغییرشکل‌ها در قسمت میراگر متمرکز شده و خرابی‌ها در قاب بتنی کمتر شده است.

۷- قدردانی و تشکر

به این وسیله مراتب سپاس خود را از تلاش و زحمات ارزشمند و صادقانه تمام اعضای کمیته علمی انجمن مهندسی سازه ایران که زمینه پیشبرد اهداف در محیط علمی و آکادمیک را فراهم می‌سازند، تقدیم می‌داریم. از درگاه ایزد منان دوام عزت و سلامت تداوم حضور و تاثیر آن بزرگواران را در مجموعه مسئلت داریم.

در پایان از آزمایشگاه سازه دانشگاه فردوسی مشهد که تدارک حضور و انجام آزمایشات این پژوهش را فراهم نمودند، کمال تشکر و سپاس را دارم و امید آن است که همچون سابق زمینه ساز پیشرفت اهداف علمی باشند.

مراجع

- [1] Tsai, K.C., Chen, H.W., Hong, C.P., and Su, Y.F. (1993). Design of Steel Triangular Plate Energy Absorbers for Seismic-Resistant Construction, *Journal of Earthquake Spectra* 9:3, 505-528.
- [2] M. Tehranizadeh (2001). Passive energy dissipation device for typical steel frame building in Iran, *Engineering Structures*, 23, 643-655.
- [3] Zahraei Seyed Mahdi, Rad B. (2007) Analytical Investigation Of Tadas Damper Applied In Seismic Rehabilitation & Design Of Concrete Structures, *ESTEGHLAL*, Volume 25, Number 2; Page(s) 51 To 64.
- [4] Sajjadi Alehashem, S. M Keyhani, A, and Pourmohammad, H. (2008) Behavior and Performance of Structures Equipped With ADAS & TADAS Dampers (a Comparison with Conventional Structures), the 14th World Conference on Earthquake Engineering October, Beijing, China.

- [5] Ince, G. Ince. H. H., Ocal, C. (2015) Seismic Behavior of RC Frames Retrofitted by Eccentrically Braced Frames with Vertical Link, *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*, 2-4, 75-78.
- [6] Bayat M. and Abdollahzade G.R. (2011) Analysis of the steel braced frames equipped with ADAS devices under the far field records, *Latin American Journal of Solids and Structures*, 8, 163 – 181.
- [7] Mahmoudi M , Abdi M. Gh (2012) Evaluating response modification factors of TADAS frames, *Journal of Constructional Steel Research*, 71, 162–170.
- [8] Sahoo D R , Singhal, T Taraithia S S, Saini A. (2015) Cyclic behavior of shear-and- flexural yielding metallic dampers, *Journal of Constructional Steel Research*, 114, 247 –257.
- [9] Vargas, R. and Bruneau. M (2009) Analytical Response and Design of Buildings with Metallic Structural Fuses. *I Journal of structural engineering*, ASCE, 4, 386-393.
- [10] Ghabraiea, K Chanb, R, Huangb, X Xie Y. M (2010) Shape optimization of metallic yielding devices for passive mitigation of seismic energy. *Engineering Structures*, 32, 2258-2267.
- [11] Lee C .H, Ju Y. K, Min J K, Lho S H, Kim S D. (2015) Non-uniform steel strip dampers subjected to cyclic loadings *Engineering Structures*, 99, 192–204.
- [12] M. Tahamouli Roudsari, M.B. Eslamimanesh, A.R. Entezari, O.Noori, M. Torkaman , Experimental Assessment of Retrofitting RC Moment Resisting Frames with ADAS and TADAS Yielding Dampers.
- [13] A. Hemmati, A. Kheyroddin and M. Farzad. Experimental Study of Reinforced Concrete Frame Rehabilitated by Concentric and Eccentric Bracing, *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering* 8-1 (2020) 97-108.
- [14] M. H. Saghafi 1*, A. Golafshar 1, A. Yahyaee 2 and M. Sajjad Zareian 3. Analytical Assessment of Reinforced Concrete Frames Equipped with TADAS Dampers. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering* 7-2 (2019) 138-151.
- [15] Khoshkalam, M Morteza Ghali M H, Zahrai S M (2021) Proposed Modification for ADAS Damper to Eliminate Axial Force and Improve Seismic Performance, *Journal of Earthquake Engineering*, DOI: 10.1080/13632469.2020.1859419.
- [16] Mussa Mahmoudi, Mohammad Ghasem Abdi. The Effect Of Ductility On Response Modification Factors Of Tadas Frames, *Research in Civil and Environmental Engineering* 2014 2 (03) 80-95.
- [17] S. Rais 1, O. Ounis 1 And R. Chebili 1. Study And Modelling Of Dynamic Behaviour Of Structures With Energy Dissipation Devices Type Adas, 2nd Turkish Conference on Earthquake Engineering and Seismology- TDMSK -, Antakya, Hatay/Turkey, 2013 September 25-27, 2013.
- 2nd “Investigation on Dynamics Nonlinear Analysis of Steel Frames with Steel”, *The* , [18] Khazaei, M., Rehabilitation and *International Conference on Maintenance in Civil Engineering*. 2014
- [19] M. Kazem Sharbatdar, A. Kheyroddin, and E. Emami. Cyclic performance of retrofitted reinforced concrete beam-column joints using steel prop, *Construction & Building Materials*, 2012, 36:287–294.
- [20] J.Y.R. Yen, H.K. Chien, Steel Plates Rehabilitated RC Beam–Column Joints Subjected to Vertical Cyclic Loads, *Construction and Building Materials*, 24 (2010) 332–339.
- [21] Mahmoudi, M., Abdi, M. Gh., & Mahmoudi, F. (2014). Influence of the TADAS Dampers on the Ductility Reduction Factor of Steel Frames. *2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Istanbul AUG.