



بسمه تعالی

کواهی ارائه مقاله



دانشگاه یزد

بدین وسیله کواهی می‌گردد؛

آقای احمد نطفی در **ششمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین المللی مصلح و سازدهای نوین در مهندسی عمران** که در تاریخ ۱۹ الی ۲۰ مهرماه ۱۳۹۶ در دانشکده مهندسی

عمران دانشگاه یزد با مجوز شماره ۱۳۶۱۳۶۱۴۷/وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران و کد اختصاصی ۹۳۳۰۲-۹۶۱۷۰ پایگاه استنادی علوم جهان

اسلام (ISC)، برگزار گردید، شرکت نموده و مقاله با مشخصات زیر را ارائه داده اند.

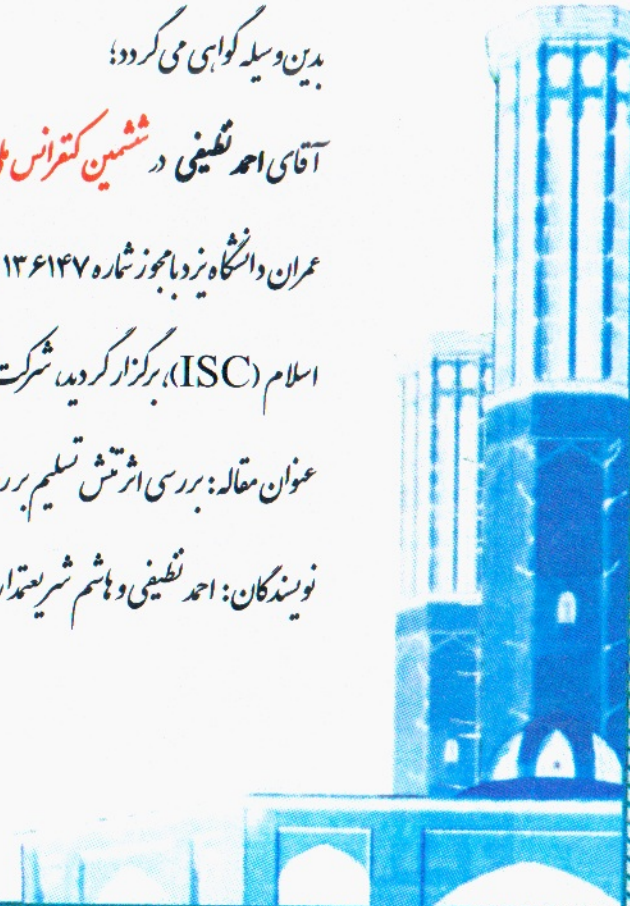
عنوان مقاله: بررسی اثرش تسلیم بر روی رفتار تیر-دیوار برشی فولادی شیاردار با شیار بهبود یافته

نویسندگان: احمد نطفی و هاشم شریعتمدار

دکتر رضامند
دیر کنفرانس



دکتر بهروز احمدی ندوشن
دیر علمی کنفرانس





بررسی اثر تنش تسلیم بر روی رفتار تیر-دیوار برشی فولادی شیاردار با شیار بهبود یافته احمد نظیفی^۱، هاشم شریعتمدار^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه، دانشگاه فردوسی مشهد، (nazifi@mail.um.ac.ir)

۲- دانشیار گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، (shariatmadar@um.ac.ir)

چکیده:

در این پژوهش اثر تنش تسلیم بر سختی، مقاومت و استهلاک انرژی تیر-دیوار فولادی شیاردار بررسی شده است. بدین منظور از تحلیل عددی استفاده شده است. این نوع دیوار برشی فولادی دارای شیارهای عمودی است و هنگامی که تحت بارهای جانبی قرار می‌گیرد، بخش بین این شیارها تغییر شکل انحنای دوطرفه داده و با تشکیل مفصل پلاستیک خمشی در انتهای شیارها، انرژی ورودی به سازه را مستهلک می‌کند. پس از مدل کردن تیر بالاسری و دیوار شیاردار، با آزمایش انجام شده توسط کورتس و لیو راستی‌آزمایی شده است. سپس رفتار لرزه‌ای مدل‌ها با تیرها و تنش تسلیم‌های متفاوت تحلیل و با یکدیگر مقایسه شده است. منحنی‌های چرخه‌ای، سختی اولیه و مقاومت مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. همچنین میزان تغییرات سختی و مقاومت نسبت به تنش تسلیم بررسی شد. مشاهده شد تغییرات تنش تسلیم تاثیر ناچیزی بر روی سختی دارد. این تغییرات بر روی مقاومت و استهلاک انرژی تاثیر مستقیم دارد ولی این تاثیرات خطی نیست.

واژه‌های کلیدی: دیوار برشی فولادی شیاردار، تحلیل عددی، سختی اولیه، مقاومت، تیر بالاسری.



۱- مقدمه

موتو و همکاران در سال ۱۹۶۹ و ۱۹۷۳ [۱ و ۲] دیوار برشی بتنی شیاردار را به عنوان سیستم مستهلک کننده انرژی معرفی نمودند. این دیوار دارای شیارهایی با فواصل یکسان، در وسط ارتفاع دیوار است. شیارها با قطع کامل بتن و آرماتور ایجاد می‌شوند. دیوار برشی بتنی شیاردار شکل‌پذیری بیشتری را در مقایسه با دیوار برشی بتنی دارد. در تغییر مکان‌های نسبی کوچک، دیوار به صورت برشی عمل کرده و تغییر شکل‌ها را محدود می‌کند. در تغییر مکان‌های نسبی بزرگ، شیارها به صورت مجموعه ایی از اعضا خمشی عمل کرده و باعث استهلاک انرژی می‌شوند. این سیستم برای اولین مرتبه در یک ساختمان ۳۶ طبقه در ژاپن و بعد از آن در ده‌ها ساختمان بلندمرتبه مورد استفاده قرار گرفت. اگرچه این دیوارها شکل‌پذیری را افزایش می‌دهند ولی به علت کاهش مقاومت، تعداد دیوار مورد نیاز افزایش یافته در نتیجه وزن سازه بیشتر شده و نیروهای جانبی زلزله افزایش می‌یابند. علاوه بر آن بتن مسلح در برابر تغییر شکل‌های پلاستیک چرخه‌ای به سرعت تخریب می‌شود. این دو دلیل باعث عدم استفاده از شیار در دیوار برشی بتنی گردید [۳].

هیتاکا و ماتسوی در سال ۲۰۰۳ [۴] مطالعه آزمایشگاهی و عددی بر روی دیوار برشی فولادی شیاردار (دیوار شیاردار) انجام دادند. آن‌ها به بررسی اثر شیار بر رفتار دیوار شیاردار بر روی ۴۲ نمونه آزمایشگاهی با مقیاس یک به سه پرداختند. پارامترهای مورد بررسی عبارتند از b/t (نسبت عرض به ضخامت رابط)، α (نسبت طول به ضخامت رابط)، m (تعداد ردیف‌های رابط) و اثر سخت‌کننده انتهایی. اکثر نمونه‌ها بدون زوال مقاومت تا تغییر مکان نسبی حدود ۳٪ تغییر شکل دادند. آن‌ها همچنین دریافته‌اند نمونه‌هایی که در آن‌ها نسبت عرض به ضخامت رابط کمتر از ۲۰ می‌باشد دارای رفتار چرخه‌ای پایدار است. در بخشی دیگر از این تحقیق به بررسی اثر عرض سخت‌کننده انتهایی بر رفتار دیوار شیاردار پرداختند. افزایش عرض سخت‌کننده انتهایی اثر اندکی بر سختی و مقاومت دیوار شیاردار داشته ولی رفتار آن پس از آغاز کمانش خارج از صفحه پایدارتر می‌شود. هیتاکا و ماتسوی، کمانش خارج از صفحه دیوار شیاردار را عامل اصلی زوال مقاومت اعلام کردند. براساس نتایج این تحقیق سه ساختمان هفت تا ۱۹ طبقه در ژاپن طراحی و ساخته شده است.

هیتاکا و ماتسوی در سال ۲۰۰۷ [۵]، اثر دیوار شیاردار در قاب خمشی را در دو گروه بررسی نمودند. گروه اول شامل سه قاب یک دهانه و یک طبقه و گروه دوم شامل چهار قاب یک دهانه و سه طبقه در مقیاس یک به سه است. دیوارها برای تحمل ۱۰ تا ۲۵٪ برشی پایه طراحی شده و بقیه را قاب خمشی تحمل می‌کند. نمونه‌های گروه اول تا تغییر مکان نسبی هفت درصد و نمونه‌های گروه دوم تا تغییر مکان نسبی چهار درصد بدون زوال مقاومت و بدون آغاز ترک در دیوار، تغییر شکل دادند. آن‌ها دریافته‌اند اثر دیوار بر سختی قاب بیشتر از اثر آن بر مقاومت قاب می‌باشد.

ژاکوبسن و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۶]، مطالعه عددی بر روی ترکیب‌بندی رابط‌ها را انجام دادند. آن‌ها برای بررسی اثر طول رابط‌ها و فاصله این رابط‌ها از یکدیگر بر رفتار دیوار شیاردار، دو نمونه تحت عنوان نمونه‌های اصلاح شده مدل نموده و با نمونه معمولی (دارای رابط‌ها با طول و فاصله ثابت) مقایسه کردند. نتایج این بررسی بیانگر این مطلب است



که رفتار نمونه با طول متفاوت رابطها، تفاوت چندانی با نمونه معمولی نداشته، درحالی‌که نمونه با فاصله متغیر رابطها، نسبت به نمونه معمولی رفتار مناسب‌تری از خود بروز می‌دهد.

کورتس و لیو در سال ۲۰۱۱ [۷]، دو سری آزمایش بر روی دیوار شیاردار (پنج آزمایش) و دیوار شیاردار-قاب (پنج آزمایش) انجام داد. در سری اول مشخصات اساسی دیوار شیاردار و در سری دوم اندرکنش قاب و دیوار شیاردار مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای مورد بررسی در سری اول مقاومت، سختی، توزیع تنش و مدهای شکست می‌باشد. در سری دوم، ممان اینرسی خمشی تیر قاب، ضخامت دیوار، تعداد دیوار در یک دهانه و تعداد طبقات مورد بررسی قرار گرفت.

اکثر نمونه‌ها تا تغییرمکان نسبی ۵٪ بدون کاهش قابل ملاحظه مقاومت (تا ۸۰٪ مقاومت نهایی) تغییرشکل دادند. سختی خمشی تیرها اثر قابل ملاحظه‌ای بر سختی اولیه دیوار-قاب دارد. همچنین افزایش تعداد دیوار در یک دهانه اثر قابل توجهی بر سختی دیوار-قاب ندارد.

مهم‌ترین تفاوت نمونه‌های مورد بررسی در مقاله کورتس و لیو با مقالات هیتاکا و همکاران این است که قاب‌های برشی مورد بررسی توسط کورتس و لیو [۷] برای تحمل تمام برش پایه اعمالی به سازه و قاب‌های برشی مورد بررسی توسط هیتاکا و ماتسوی [۴]، [۵] و ژاکوبسن و همکاران [۶]، تنها برای ۱۰ تا ۲۵ درصد برش پایه طراحی شده است. همچنین نسبت ارتفاع به عرض دیوارهای شیاردار کورتس و لیو [۷] نزدیک دو می‌باشد درحالی‌که دیوارهای شیاردار هیتاکا و ماتسوی [۴]، [۵] و ژاکوبسن و همکاران [۶] نزدیک یک بوده و دیوار شیاردار قسمت عمده دهانه را اشغال کرده است.

خاتمی راد و شریعتمدار [۸] اثر شکل شیار را بررسی کردند. آن‌ها شکل بهبود یافته‌ای برای مدل کورتس پیشنهاد کردند.

با توجه به کارهای انجام شده در گذشته، هدف اصلی در این مقاله بررسی عددی اثر تنش تسلیم بر روی رفتار تیر-دیوار شیاردار بهبود یافته می‌باشد. مدل عددی با استفاده از نرم‌افزار Abaqus با آزمایش انجام شده توسط کورتس و لیو [۷] راستی‌آزمایی شده است.

۲- ارزیابی مدل عددی تیر-دیوار شیاردار

هدف اصلی این بخش ارزیابی مدل عددی قابل‌اعتماد برای شبیه‌سازی رفتار تیر-دیوار شیاردار تحت بارگذاری رفت و برگشتی می‌باشد. نتایج مدل عددی با نتایج آزمایش انجام شده راستی‌آزمایی می‌شود. بر اساس مدل المان محدود راستی‌آزمایی شده، بررسی‌های تکمیلی بر روی تیر-دیوار شیاردار با تیرهای متفاوت انجام می‌شود.

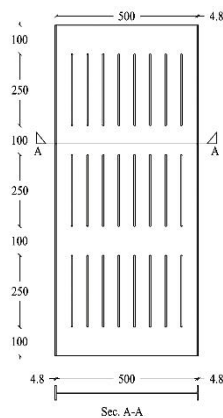
۱-۲- مشخصات مدل

کورتس و لیو [۷] دیوار شیاردار را با مقیاس یک به سه ساخته و آزمایش نمودند. دیوار شیاردار دارای ارتفاع ۱۱۵۰، عرض ۵۰۰ و ضخامت ۴/۸ میلی‌متر بوده و در انتها دارای دو سخت‌کننده به عرض ۵۰ و ضخامت ۴/۸ میلی‌متر می‌باشد.

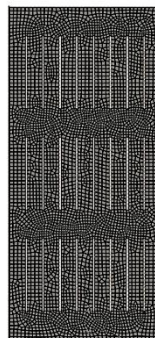
هم‌چنین عرض شیاردار نیز ۴/۸ میلی‌متر می‌باشد. دارای سه ردیف شیاردار و در هر ردیف ۸ رابط می‌باشد. در شکل (۱) مشخصات هندسی و مدل المان محدود دیوار شیاردار نشان داده شده است. هم‌چنین در جدول ۱ مشخصات تیرهای مورد استفاده مشخص شده است.

طول تیرها ۳۰۵۰ میلی‌متر می‌باشد. تیر-دیوار شیاردار توسط المان پوسته (S4R) در نرم‌افزار Abaqus مدل شده است. S4R یک المان عمومی چهار نقطه‌ای دو انحنایی با انتقال‌گیری کاهش یافته می‌باشد. هر نقطه دارای ۶ درجه آزادی، سه درجه انتقالی و سه درجه دورانی است.

هم‌چنین برای اعمال شرایط مرزی، دو سر تیر را تکیه‌گاه غلتکی تعریف کرده و بارگذاری را به یکی از تکیه‌گاه‌ها وارد می‌کنیم.



الف



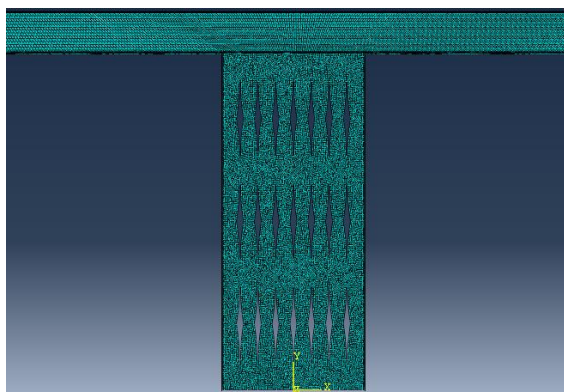
ب

شکل ۱- الف) مشخصات هندسی دیوار شیاردار آزمایش شده توسط کورتس و لیو [۷]، ب) مدل المان محدود دیوار شیاردار



جدول ۱- مشخصات تیرهای استفاده شده

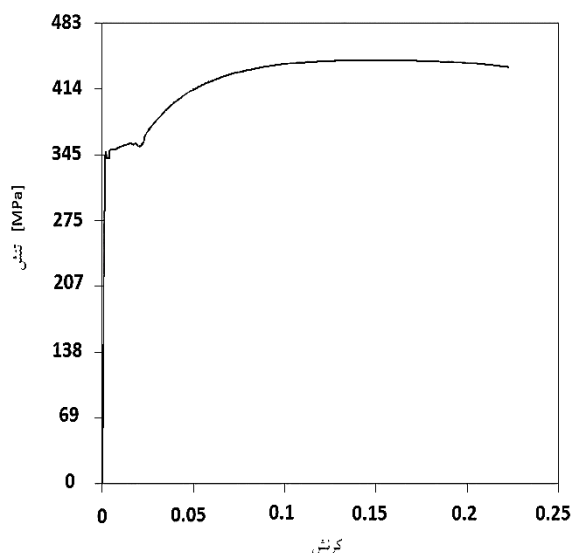
نام تیر (mm x kg/m)	سطح مقطع (mm ²)	عمق (mm)	عرض بال (mm)	ضخامت بال (mm)	ضخامت جان (mm)	ممان اینرسی حول محور قوی (10 ⁶ mm ⁴)
W150 x 13.5	1836	150	100	5.5	4.3	10.16
W150 x 37.1	4760	162	154	11.6	8.1	22.3
W200 x 52	6650	206	204	12.6	7.9	52.9



شکل ۲- دیوارشیاردار بهبود یافته با تیر W150 x 13.5

۲-۲- مدلسازی مصالح

نمودار تنش- کرنش فولاد تحت بارگذاری رفت و برگشتی و بارگذاری یکنواخت متفاوت می‌باشد [۸]. در شکل (۲) منحنی تنش-کرنش واقعی در آزمایش کورتس و لیو [۷] نشان داده شده است. به منظور استفاده از ظرفیت پلاستیک مقاطع، نقاط بعد تنش تسلیم نیز در نرم‌افزار وارد شده‌است. برای سخت‌شوندگی ماده نیز از مدل سخت‌شوندگی ترکیبی استفاده شده است [۹].



شکل ۲- منحنی تنش - کرنش واقعی، کورتس و لیو [۷]

۲-۳- مدل‌سازی آسیب در مصالح

یکی از عوامل زوال مقاومت در دیوار شیاردار، تمرکز تنش در ابتدا و انتهای شیارها و گسترش ترک می‌باشد. دو فرآیند اصلی که باعث ایجاد آسیب در فلزات نرم می‌شوند، آسیب شکل‌پذیر ناشی از جوانه‌زنی، رشد و به هم پیوستن حفره‌ها و آسیب برشی

ناشی از تجمع مرز برشی است. برای مدل‌سازی آسیب در نرم‌افزار Abaqus بایستی هر دو آسیب شکل‌پذیر و آسیب برشی به‌درستی مدل شوند. برای هر دو آسیب انرژی شکست وارد می‌شود. برای این منظور با انجام آزمایش بر روی مصالح مورد نظر داده‌های لازم بدست می‌آید [۸ و ۱۰].

۲-۴- مدل‌سازی کمانش خارج از صفحه و نواقص اولیه در مدل

با توجه به اینکه یکی از عوامل اصلی زوال مقاومت دیوار شیاردار، کمانش خارج از صفحه می‌باشد [۴]، بایستی بتوان به‌درستی آن را مدل نمود. سختی اولیه و مقاومت دیوار شیاردار تحت بارهای جانبی درون صفحه‌ای بسیار زیاد می‌باشد ولی نواقص اولیه باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در سختی اولیه و مقاومت می‌شود. برای این منظور بایستی ابتدا آنالیز کمانش توسط نرم‌افزار Abaqus انجام گردد.

در این مقاله پس از انجام آنالیز کمانش به روش Eigenvalue، با تغییر در فایل ورودی نرم‌افزار ترکیبی از تمام تغییرشکل‌های حاصل از مدهای کمانش خطی با اعمال ضرایب کوچک به‌عنوان مدل هندسی اولیه دیوار شیاردار در



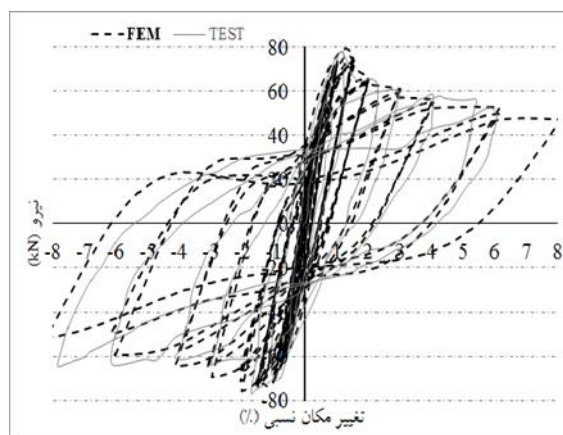
تحلیل کمانش غیرخطی به کار می‌رود. این عمل در واقع به مفهوم ایجاد نواقص اولیه در مدل اولیه است که مدلسازی را به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند [۱۱]. در این مدل ضرایب برای مدهای اول تا سوم کمانش ۰/۲ می‌باشد.

۲-۵- بررسی حساسیت مش بندی

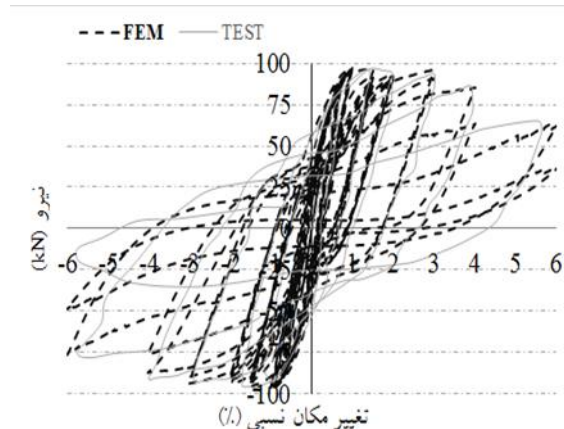
مرحله مش‌بندی مهم‌ترین بخش در مدلسازی المان محدود است که عمده هزینه، زمان و حجم کار را به خود اختصاص می‌دهد. مش‌بندی اصولی و صحیح تضمین‌کننده دقت نتایج حاصل است. در این مقاله، دیوار شیاردار با سایزهای مختلف مش‌بندی شده و پس از انجام تحلیل با نرم‌افزار، نتایج حاصل مقایسه شده و اندازه ۵ میلی‌متر برای مش بندی دیوار و ۱۰، ۱۱/۵ و ۱۳ میلی‌متر به ترتیب برای تیرهای W150 x 13.5، W150 x 37.1 و W200 x 52 در نظر گرفته شده است.

۳- آزمایش انجام شده توسط کورتس و لیو در سال ۲۰۱۱ [۷]

در شکل (۱) مشخصات هندسی دیوار شیاردار در مقاله کورتس و لیو [۷] و مدل المان محدود آن نشان داده شده است. پس از مدل کردن تیر-دیوار شیاردار در نرم‌افزار Abaqus خصوصیات ماده، نواقص اولیه، شرایط مرزی و الگوی بارگذاری به مدل اختصاص داده می‌شود. در شکل (۴) منحنی چرخه‌ای و پوش حاصل از مدل المان محدود و نتیجه آزمایش نشان داده شده است. معیار راستی آزمایشی سختی اولیه، مقدار مقاومت در تغییر مکان‌های نسبی مختلف و مقدار مقاومت حداکثر بر اساس منحنی‌های چرخه‌ای می‌باشد. بر اساس شکل (۴)، شکل (۵) و جداول (۲) و (۳) مدل عددی تهیه شده به خوبی گسترش ترک و ایجاد آسیب، زوال مقاومت، سختی اولیه و مقاومت را نشان می‌دهد. کورتس و لیو تنها با تیرهای W150 x 13.5 و W200 x 52 آزمایش انجام داده بودند که در این مقاله مدلسازی تیر W150 x 37.1 نیز به آن اضافه شده است.



شکل ۴- منحنی چرخه‌ای مدل عددی و آزمایش دیوار با تیر W150 x 13.5



شکل ۵- منحنی چرخه‌ای مدل عددی و آزمایش دیوار با تیر W200 x 52

بر اساس جدول (۲) اختلاف مقاومت مدل آزمایشگاهی و عددی ۰/۵ درصد و بر اساس جدول (۳) اختلاف مقاومت سختی مدل آزمایشگاهی و عددی ۹ درصد بوده که نشان‌دهنده دقت مناسب مدل عددی می‌باشد. همچنین بر اساس شکل (۴) مقادیر مقاومت مدل آزمایشگاهی و عددی در تغییر مکان‌های نسبی مختلف با یکدیگر تطابق مناسبی دارند.

جدول ۲- مقایسه مقاومت حداکثر تیر-دیوار شیاردار در مدل عددی و آزمایشگاهی

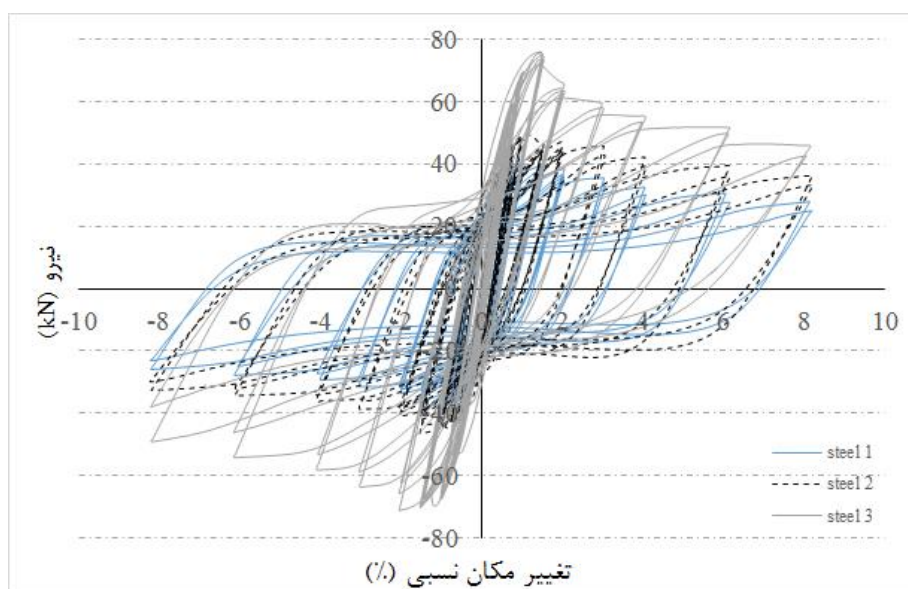
	W150 x 13.5		W200 x 52	
	مدل عددی	مدل آزمایشگاهی	مدل عددی	مدل آزمایشگاهی
مقاومت حداکثر (KN)	۷۹/۱۴	۷۸/۷	۹۶/۳	۹۴/۳
تفاوت (%)	۰/۵	-----	۲	-----

جدول ۳- مقایسه سختی اولیه تیر-دیوار شیاردار در مدل عددی و آزمایشگاهی

	W150 x 13.5		W200 x 52	
	مدل عددی	مدل آزمایشگاهی	مدل عددی	مدل آزمایشگاهی
سختی اولیه (KN/mm)	۸/۱	۸/۹	۱۲/۹	۱۲
تفاوت (%)	۹	-----	۷	-----

۴- بررسی اثر تنش تسلیم بر رفتار قاب

در این بخش نمودار چرخه‌ای تیر-دیوار فولادی شیاردار با تنش تسلیم‌های متفاوت رسم شده است. سه تنش تسلیم متفاوت برای تیر-دیوار در نظر گرفته شده است. فولاد نوع اول LYS100 می‌باشد. فولاد نوع دوم LYS165 و فولاد نوع سوم، فولاد مورد استفاده توسط کورتس و لیو [۷] می‌باشد. هم‌چنین در جدول عدد سختی اولیه و مقاومت حداکثر هر قاب آمده است. مقدار سختی اولیه در جابجایی $H/500$ محاسبه شده است. (H: ارتفاع قاب از پایین دیوار می‌باشد).



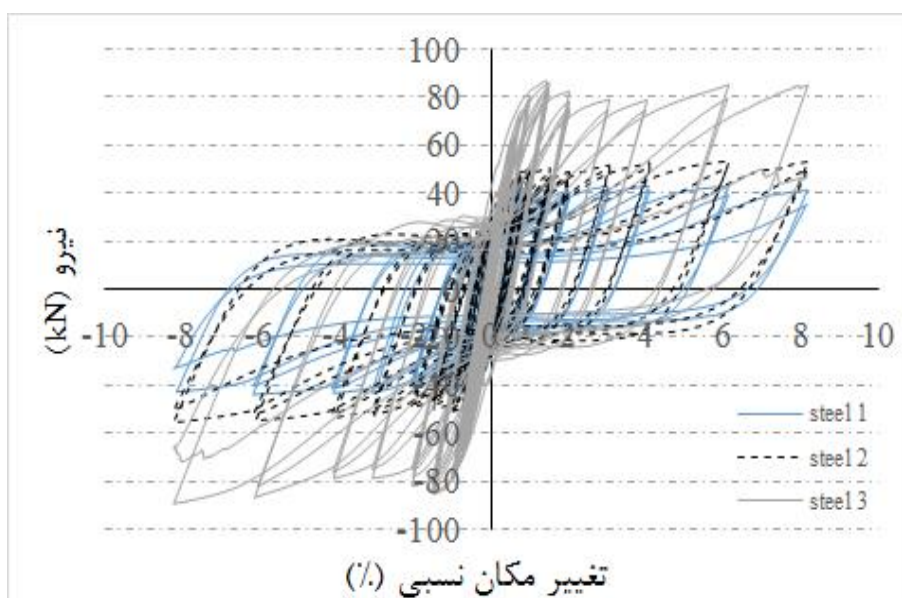


شکل ۶- منحنی چرخه‌ای دیوارشیار دار با تیر W150 x 13.5

جدول ۴- مقایسه سختی اولیه، مقاومت و استهلاک انرژی دیوارشیار دار با تیر W150 x 13.5

	سختی اولیه	مقاومت	استهلاک انرژی
Steel 1	۶/۷	۴۰/۲	۶۶
Steel 2	۷	۴۹/۶	۸۱
Steel 3	۷/۱	۷۵/۷	۱۰۹

با توجه به شکل ۶ و جدول ۴ تغییرات تنش تسلیم تاثیر ناچیزی بر روی سختی اولیه دارد. هم‌چنین میزان تغییرات تنش تسلیم نسبت به استهلاک انرژی و مقاومت خطی نمی‌باشد.





ششمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین‌المللی
مصالح و سازه‌های نوین در مهندسی عمران
دانشگاه یزد، ۱۹ و ۲۰ مهرماه ۹۶

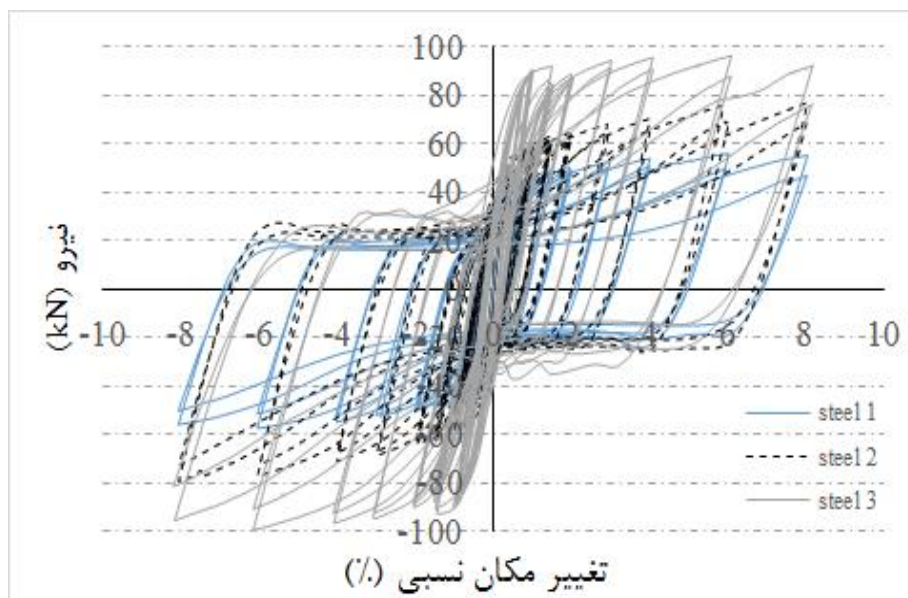


شکل ۷- منحنی چرخه‌ای دیوارشیار دار با تیر W150 x 37.1

جدول ۵- مقایسه سختی اولیه، مقاومت و استهلاک انرژی دیوارشیار دار با تیر W150 x 37.1

	سختی اولیه	مقاومت	استهلاک انرژی
Steel 1	۸/۳	۴۳	۷۴/۶
Steel 2	۸/۴	۵۳/۶	۹۳/۲
Steel 3	۸/۷	۸۶	۱۳۴

با توجه به شکل ۷ و جدول ۵ تغییرات تنش تسلیم تاثیر ناچیزی بر روی سختی اولیه دارد. هم‌چنین میزان تغییرات تنش تسلیم نسبت به استهلاک انرژی و مقاومت خطی نمی‌باشد.



شکل ۸- منحنی چرخه‌ای دیوارشیار دار با تیر W200 x 52

جدول ۵- مقایسه سختی اولیه، مقاومت و استهلاک انرژی دیوارشیار دار با تیر W200 x 52

	سختی اولیه	مقاومت	استهلاک انرژی
Steel 1	۹/۸	۵۵/۶	۹۶
Steel 2	۱۰/۳	۷۶/۹	۱۲۱
Steel 3	۱۰/۵	۹۶	۱۵۹

با توجه به شکل ۸ و شکل ۵ تغییرات تنش تسلیم تاثیر ناچیزی بر روی سختی اولیه دارد. همچنین میزان تغییرات تنش تسلیم نسبت به استهلاک انرژی و مقاومت خطی نمی‌باشد. این نتایج مانند نتایج به دست آمده از شکل‌های ۵ و ۶ می‌باشد.



۵- نتایج

پس از راستی‌آزمایی مدل عددی با نتیجه آزمایش انجام شده توسط کورتس و همکاران [۷]، سه تیر مختلف با دیوار شیاردار بهبود یافته مدل‌سازی و تحلیل و بررسی شده است. مهمترین پارامترهای مورد بررسی سختی اولیه، مقاومت و انرژی مستهلک شده می‌باشد. با توجه به شکل‌ها و نمودارها نتایج زیر به دست آمده‌اند:

- تغییرات تنش تسلیم در سختی قاب دیوار تقریباً بی‌تاثیر است. افزایش یا کاهش آن تاثیری ناچیزی در سختی قاب دارد.

- با کاهش تنش تسلیم مقاومت نیز مسلماً کاهش خواهد یافت. ولی نسبت آن با تنش تسلیم خطی نیست. به طوری که در steel 2 تنش تسلیم مضر $0/46$ از steel 3 می‌باشد ولی مقاومت مضر بیشتر را دارا می‌باشد. به طور مثال در قاب ۱ این مضر $0/65$ ، در قاب ۲ $0/62$ ، و در قاب ۳ $0/8$ می‌باشد. این فرضیه برای steel 1 هم صدق می‌کند.

- استهلاک انرژی نیز مانند مقاومت نسبت خطی با تنش تسلیم ندارد و مضر بالاتری نسبت به تنش‌های تسلیم دارد.

- شکل کلی نمودارها با تغییرات تنش تسلیم تغییر نمی‌کند و پایدار می‌ماند. شکل پذیری قاب در تنش‌های تسلیم متفاوت نیز مشابه می‌باشد.

مراجع

- [1] Muto, K. "Earthquake resistant design of 36-storied Kasumigaseki building", 4th World Conf. on Earthquake Engrg. Santiago, Chile, pp.16-33 (1969).
- [2] Muto, K., Ohmori, N., and Takahashi, T., "A study on reinforced concrete slitted shear walls for high-rise buildings", 5th World Conf. on Earthquake Engrg. Rome, Italy (1973).
- [3] Martínez-Rueda, JE. "On the evolution of energy dissipation devices for seismic design Earthquake Spectra", J. of the Earthquake Engrg. Research Inst. , EERI, 18(2), pp.309-346 (2002).
- [4] Hitaka, T., and Matsui, C., "Experimental study on steel shear wall with slits", J. of Struct. Engrg, ASCE, 129(5), pp.586-595 (2003).
- [5] Hitaka, T., Matsui, C., and Sakai, J., "Cyclic tests on steel and concrete-filled tube frames with slit walls", Earthquake Eng. and Struct. Dyn., 36, pp.707-727 (2007).
- [6] Jacobsen, A., Hitaka, T., and Nakashima, M., "Online test of building frame with slit-wall dampers capable of condition assessment", J. of Constr. Steel Res., 66, pp. 1320-1329 (2010).
- [7] Cortes, G., Liu, J., "Experimental evaluation of steel slit panel-frames for seismic resistance", J. of Constr. Steel Res., 32, pp. 181-191 (2011).

[۸] خاتمی راد، م. و شریعتمدار، ه. (۱۳۹۷)، "بررسی اثر شکل شیار و ورق سخت‌کننده انتهایی بر رفتار دیوار برشی فولادی شیاردار"، مجله علمی پژوهشی شریف، شماره اول بهار

[9] Shi, YJ., Wang, M., Wang, YQ., "Experimental and constitutive model study of structural steel under cyclic



ششمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین‌المللی
مصالح و سازه‌های نوین در مهندسی عمران
دانشگاه یزد، ۱۹ و ۲۰ مهرماه ۹۶



loading”, J. Constr. Steel Res., 67(8), pp.1185-1197 (2011).

[10] Abaqus, Analysis user’s manual, Version 6.14, USA: Inc., Dassault Systemes (2014).

[11] Hooputra, H., Gese, H., Dell, H., and Werner, H., “A comprehensive failure model for crashworthiness simulation of aluminum extrusions”, Inter. J. of Crashworthiness, 9(5), pp.449-464 (2004).