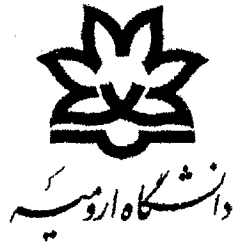


۱۳۸۲۴



بررسی آزمایشگاهی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای
بازشو با سخت کننده های مورب

هادی ولیزاده

دانشکده فنی

گروه عمران

۱۳۸۸

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه

۳۳۸۹ / ۴ / ۸

کمیته اطلاع رسانی مدرک علمی بزرگ
تسبیح بزرگ

اساتید راهنما :

دکتر محمد رضا شیدائی

دکتر حسین شوکتی

۱۳۸۶۴۹

داوران بارتبه عالی و نمره ۱۹، - قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیأت دوران:

دکتر محمد رضا سیددین

دکتر حسین شکرانی

۲- استاد مشاور:

داور داخلی:

دکتر غیب سید میرزا

۳- داور خارجی:

دکتر علی رضا صاف بند

دکتر محمد علی شکرانی

۱۶ اردیبهشت ۸۸

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی:

دکتر جواد ذری نیا

تذکره

حق طبع و نشر مطالب این پایان نامه در انجمن آرشگاه ارومیه می باشد.

تقدیم به

پدر و مادرم، آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان

برایم همه مهر...

و تقدیم به

خواهر و برادر عزیزم که همراهان من در طول حیاتند

تقدیر و تشکر

بنام یگانه خالق هستی ، او که در تمام مراحل زندگی یار و یاور همیشگی من بوده و همواره با یاد او مکنونات درونم آرام می گیرد. اینک که کار نگارش این پایان نامه به پایان رسیده است ، نجاست از تمامی عزیزانی که هر یک به نوعی یاریگر تهیه و تدوین آن بوده اند تشکر و قدردانی شود.

ابتدا از اساتید راهنمای گرانقدرم ، آقایان دکتر محمد رضا شیدایی و دکتر حسین شوکتی که رهنمودهایشان زمینه ساز پیشبرد تحقیق حاضر می باشد ، سپاسگذاری می نمایم. همینطور از زحمات اساتید گرامیم آقایان دکتر تاروردیلو ، دکتر سعید منیر، دکتر علیرضا منافپور و دکتر هدایت ولادی کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید دانشگاه British Columbia به ویژه پروفیسور Carlos E. Ventura و آقای دکتر خرازی که کمک شایانی به اینجانب در انجام این تحقیق نمودند صمیمانه تشکر می کنم.

از تک تک اعضای محترم خانواده ام که در تمام مراحل زندگی همواره راهنما و پشتیبانم بوده اند قدردانی می کنم. از تمامی دوستان و همکاران عزیزم ؛ خانم سمیه حبیبی و نیز آقایان منوچهر یوسفیان، جواد اسمعیل زاده، محمد پاکدامن، مسعود سیدمحمدزاده، حسن احمدی، حامد محله ای، کاوه احمدی، بردیا مرجانی، سعید موحدی، امیر علیپور، جعفر شاینده، احمد عدادی ابراهیمی، جعفر واحدی، رامین بهرامی نژاد، فخرالدین قهرمانی، علی ناصر، آرش فرجادی، امین یونسی اقدم، مهدی فرازمنند ، مرتضی وکیلی، امیر رفعت نژاد، مجتبی رضوی، سید رضا رضایی موسوی، سید بهنام گلزان، رضا حسینقلیزاده، محمد شیخ بگلو، سجاد نصیری، جعفر عظیم زاده، علی اقدمی، و دیگر عزیزانی که در این مقطع اینجانب را یاری نموده اند صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
I	فهرست مطالب
V	فهرست اشکال
X	فهرست جداول
XII	چکیده
فصل اول: مقدمه ای بر دیوارهای برشی فولادی (SPW)	
۱	۱-۱- کلیات
۴	۲-۱- هدف این تحقیق
۵	۳-۱- فصل بندی پایان نامه
فصل دوم: کاربردها و بازبینی تحقیقات بر روی دیوارهای برشی با ورق فولادی (SPW)	
۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- تفاوت بین دیوارهای برشی فولادی و تیورقها
۸	۳-۲- SPW شکل پذیر و کاربردهای رایج آن
۹	۴-۲- تحقیقات گذشته
۱۰	۱-۴-۲- Takahashi و همکاران
۱۱	۲-۴-۲- Akiyana و Mimura
۱۳	۳-۴-۲- Montgomery و Kulak ، Thorburn
۱۳	۴-۴-۲- Sabouri-Ghomi و Roberts
۱۶	۵-۴-۲- Rezai و همکاران
۱۸	۶-۴-۲- Kharrazi و همکاران
۱۹	۵-۲- بحث و نتیجه گیری
۲۱	۶-۲- موارد استفاده از دیوارهای برشی فولادی در ساختمانهای موجود
فصل سوم: مطالعه آزمایشگاهی رفتار دیوارهای برشی فولادی تحت بارگذاری چرخه‌ای	
۲۲	۱-۳- مقدمه
۲۳	۲-۳- سیستم بارگذاری رفت و برگشتی
۲۳	۱-۲-۳- تکیه گاه صلب
۲۳	۲-۲-۳- جک بارگذاری رفت و برگشتی
۲۳	۳-۲-۳- قاب مفصلی

۲۴	.....	۳-۲-۴- اتصال مفصلی جک به قاب
۲۶	.....	۳-۳- تجهیزات اندازه گیری و برداشت داده ها
۲۶	.....	۳-۳-۱- لودسل حلقوی
۲۶	.....	۳-۳-۲- تغییر مکان سنج ها
۲۶	.....	۳-۳-۳- کرنش سنج ها
۲۸	.....	۳-۳-۴- دیتالاگر
۲۸	.....	۳-۵- مشخصات نمونه ها
۳۰	.....	۳-۵- مشخصات مصالح
۳۱	.....	۳-۶- آماده سازی نمونه های آزمایشگاهی
۳۲	.....	۳-۶-۱- سیستم مهارجانبی
۳۲	.....	۳-۷- روش بارگذاری
۳۲	.....	۳-۸- نتایج حاصل از آزمایشات دیوارهای برشی فولادی
۳۲	.....	۳-۸-۱- نمونه SPW1
۳۶	.....	۳-۸-۲- نمونه SPW2
۳۸	.....	۳-۸-۳- نمونه SPW3
۴۰	.....	۳-۸-۴- نمونه SPW4
۴۲	.....	۳-۸-۵- نمونه SPW5
۴۵	.....	۳-۸-۶- نمونه SPW6
۴۷	.....	۳-۸-۷- نمونه SPW7
۴۹	.....	۳-۸-۸- نمونه SPW8
۵۲	.....	۳-۹- مقاومت
۵۲	.....	۳-۱۰- شکل پذیری و ضریب رفتار
۵۲	.....	۳-۱۰-۱- شکل پذیری
۵۶	.....	۳-۱۰-۲- ضریب رفتار
۵۸	.....	۳-۱۱- جذب انرژی
۶۱	.....	۳-۱۲- نتایج حاصل از کرنش سنج ها
۷۱	.....	۳-۱۳- بحث و بررسی نتایج

فصل چهارم: مطالعه تحلیلی رفتار SPW_s تحت بارگذاری چرخه ای و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی ۷۳

۷۳	.....	۴-۱- مقدمه
۷۴	.....	۴-۲- روش تحلیلی
۷۴	.....	۴-۲-۱- روابط نیروی برشی-تغییر مکان
۷۴	.....	۴-۲-۱-۱- دیاگرام نیروی برشی-تغییر مکان ورق فولادی

۷۷	۳-۴- مدلسازی المان محدود.....
۷۷	۴-۳-۱- انتخاب المان.....
۷۸	۴-۳-۱- مشخصات مصالح.....
۷۸	۴-۳-۱- بارگذاری و شرایط مرزی.....
۷۹	۴-۴- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با روشهای تئوریک و المان محدود.....
۹۰	۴-۵- بحث و بررسی نتایج.....
۹۱	فصل پنجم: بررسی تاثیرانواع مختلف بازشو و سخت کننده بر رفتار SPW_s به روش المان محدود
۹۱	۵-۱- مقدمه.....
۹۲	۵-۲- مدل المان محدود.....
۹۲	۵-۲-۱- انتخاب المان.....
۹۲	۵-۲-۲- مشخصات مصالح.....
۹۳	۵-۳- تاثیر موقعیت و هندسه بازشوها در رفتار SPW تحت بارگذاری یکنوا.....
۹۳	۵-۳-۱- مشخصات نمونه‌ها.....
۹۳	۵-۳-۲- بارگذاری و شرایط مرزی.....
۹۶	۵-۳-۳- نتایج تحلیل المان محدود.....
۱۰۱	۵-۳-۳- تاثیر ابعاد بازشو بر مقاومت و سختی و ارائه ضرایب پیشنهادی.....
۱۰۸	۵-۴- تاثیر سخت کننده‌ها بر رفتار دیوارهای دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای.....
۱۰۸	۵-۴-۱- مشخصات نمونه‌ها.....
۱۱۰	۵-۴-۲- بارگذاری و شرایط مرزی.....
۱۱۱	۵-۴-۳- بحث و بررسی نتایج تحلیل المان محدود.....
۱۲۱	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۱۲۱	۶-۱- مقدمه.....
۱۲۳	۶-۲- نتیجه‌گیری.....
۱۲۶	۶-۳- توصیه‌های طراحی.....
۱۲۶	۶-۴- پیشنهادات برای تحقیقات آینده.....
۱۲۷	پیوست ۱.....
۱۳۴	پیوست ۲.....
۱۳۹	مراجع.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ دیوار برشی فولادی با ورق جان تقویت شده و تقویت نشده	۷
شکل ۲-۲ ایده آل سازی دیوار برشی فولادی با یک تیروورق با پایه های گیردار	۷
شکل ۳-۲ رفتار هیستریزس از یک : a- دیوار برشی فولادی تقویت نشده ، b- دیوار برشی فولادی با تقویتی های سنگین	۱۱
شکل ۴-۲ رفتار بار- تغییر مکان یکنوا از یک SPW	۱۲
شکل ۵-۲ مدل هیستریزس پیشنهادی توسط Mimura و Akiyana برای SPW _s	۱۲
شکل ۶-۲ نمایش مدل نواری توسعه یافته توسط Thorburn و همکاران از یک SPW یک طبقه : a- اثر میدان کششی کامل ، b- اثر میدان کششی جزئی	۱۴
شکل ۷-۲ جزئیات نمونه آزمایش شده توسط Roberts و Sabouri-Ghomi	۱۵
شکل ۸-۲ مقایسه پیش بینی های مدل تحلیلی و نتایج آزمایشگاهی از آزمایشات صورت گرفته توسط Sabouri-Ghomi و Roberts	۱۵
شکل ۹-۲ اثرات بازشو دایره ای روی مقاومت (شکل چپ) و سختی (شکل راست راست) پانلهای برشی Sabouri-Ghomi و Roberts	۱۵
شکل ۱۰-۲ مدل هیستریزس از یک SPW یک طبقه با اتصال گیردار تیز به ستون Sabouri-Ghomi و Roberts	۱۶
شکل ۱۱-۲ دستگاه میز لرزه برای نمونه SPW آزمایش شده توسط Reza	۱۷
شکل ۱۲-۲ نمایش شماتیکی از مدل های نواری مختلف برای آنالیز SPW _s : چپ) مدل نواری مورد استفاده در آیین نامه طراحی فولادی کانادا (CSA , 2000) ، راست) مدل نواری چند زاویه ای پیشنهاد شده توسط Reza و همکاران در سال ۱۹۹۹	۱۷
شکل ۱۳-۲ مقایسه نتایج بدست آمده از تحلیل CANNY-E با نتایج آزمایشات مربوط به پانل طبقه اول از نمونه ۴ طبقه (Reza)	۱۸
شکل ۱۴-۲ مقایسه پیش بینی رفتار رفت و برگشتی پانل اولین طبقه از نمونه ۴ طبقه با استفاده مدل نواری ۳۷ درجه	۱۸
شکل ۱۵-۲ سازگاری مدل M-PFI با نتایج آزمایشگاهی بدست آمده توسط Driver (۱۹۹۸)	۱۹
شکل ۱-۳ تکیه گاه صلب انتقال نیروی عکس العمل جک بارگذاری	۲۳
شکل ۲-۳ قطعات الحاقی جک هیدرولیک بارگذاری چرخه ای	۲۴
شکل ۳-۳ وضعیت تغییر شکل تیر و ستون در اثر نیروهای عمودی وارد بر آنها توسط ورق	۲۵
شکل ۴-۳ قاب مفصلی ساخته شده قبل از نصب ورق داخلی	۲۵
شکل ۵-۳ طریقه اتصال لودسل حلقوی به قاب و جک هیدرولیک	۲۶
شکل ۶-۳ محل نصب کرنش سنجها و تغییر مکان سنجها در نمونه های SPW الف) بدون بازشو ب) دارای بازشو	۲۷
شکل ۷-۳ دیتالاگر مورد استفاده در آزمایشگاه	۲۸

- شکل ۳-۸ مشخصات و ابعاد قاب نمونه SPW..... ۲۹
- شکل ۳-۹ جزئیات اتصال ورق به اعضای مرزی..... ۳۰
- شکل ۳-۱۰ نمونه های تست کشش مطابق استاندارد ASTM پس از آزمایش..... ۳۰
- شکل ۳-۱۱ آماده سازی نمونه آزمایشگاهی جهت بارگذاری چرخه ای (SPW1)..... ۳۱
- شکل ۳-۱۲ جزئیات سیستم مهار جانبی نمونه های SPW..... ۳۲
- شکل ۳-۱۳ محل نصب کرنش سنجها و خیز سنجها در نمونه SPW1..... ۳۴
- شکل ۳-۱۴ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW1..... ۳۴
- شکل ۳-۱۵ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW1 (اندیس خیز جانبی ۱/۵ درصد)..... ۳۵
- شکل ۳-۱۶ توسعه میدان کشش در ورق فولادی نمونه SPW1 با زاویه ۴۵ درجه (اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد)..... ۳۵
- شکل ۳-۱۷ ایجاد لهیدگی و برش در خط پیچ ها در نمونه SPW1..... ۳۶
- شکل ۳-۱۸ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW2..... ۳۷
- شکل ۳-۱۹ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW2 (اندیس خیز جانبی ۱/۵ درصد)..... ۳۷
- شکل ۳-۲۰ توسعه میدان کشش در ورق فولادی نمونه SPW2 در حالت نهایی..... ۳۸
- شکل ۳-۲۱ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW3..... ۳۹
- شکل ۳-۲۲ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW3 (سیکل اول)..... ۳۹
- شکل ۳-۲۳ تغییر شکل و کمانش ورق فولادی نمونه SPW3 (دریفت ۴/۵ درصد)..... ۴۰
- شکل ۳-۲۴ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW4..... ۴۱
- شکل ۳-۲۵ تغییر شکل و کمانش ورق فولادی نمونه SPW4 (دریفت ۴/۵ درصد)..... ۴۱
- شکل ۳-۲۶ تغییر شکل و کمانش ورق فولادی نمونه SPW4 در انتهای آزمایش و برگشت به تغییر مکان صفر..... ۴۲
- شکل ۳-۲۷ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW5..... ۴۳
- شکل ۳-۲۸ ایجاد میدان کشش قطر اصلی و یک نیم موج در قطر فرعی در نمونه SPW5..... ۴۳
- شکل ۳-۲۹ توسعه میدان کشش در ورق فولادی نمونه SPW5 با زاویه ۴۵ درجه (اندیس خیز جانبی ۳ درصد)..... ۴۴
- شکل ۳-۳۰ لغزش ورق فولادی در محل اتصال به تیر پائین در نمونه SPW5 (اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد)..... ۴۴
- شکل ۳-۳۱ گسیختگی ورق فولادی در گوشه های پانل در نمونه SPW5 (اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد)..... ۴۵
- شکل ۳-۳۲ لهیدگی و برش در محل اتصال پیچی ورق فولادی و تیر پائین در نمونه SPW5 (حالت نهایی)..... ۴۵
- شکل ۳-۳۳ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW6..... ۴۶
- شکل ۳-۳۴ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW6 (اندیس خیز جانبی ۰/۵ درصد)..... ۴۶
- شکل ۳-۳۵ تغییر شکل و موجهای کمانشی در نمونه SPW6 (اندیس خیز جانبی ۳ درصد)..... ۴۷
- شکل ۳-۳۶ گسیختگی ورق فولادی در اطراف باز شو به علت تمرکز تنش در نمونه SPW6 (اندیس خیز جانبی ۳ درصد)..... ۴۷
- شکل ۳-۳۷ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW7..... ۴۸
- شکل ۳-۳۸ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW7 (اندیس خیز جانبی ۰/۵ درصد)..... ۴۸
- شکل ۳-۳۹ شمایی از تغییر شکل و موجهای کمانشی در نمونه SPW7 (اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد)..... ۴۹
- شکل ۳-۴۰ گسیختگی ورق فولادی در اطراف باز شو به علت تمرکز تنش در نمونه SPW7 (اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد)..... ۴۹
- شکل ۳-۴۱ محل نصب کرنش سنج های تک محوره در نمونه SPW8..... ۵۰

- شکل ۳-۴۲ نمودار نیرو- تغییر مکان نمونه SPW8 ۵۰
- شکل ۳-۴۳ ایجاد میدان کشش در قطر اصلی در نمونه SPW8 (اندیس خیزجانبی ۰/۵ درصد) ۵۱
- شکل ۳-۴۴ شمایی از تغییر شکل و موجهای کمانشی در نمونه SPW8 (اندیس خیزجانبی ۱/۵ درصد) ۵۱
- شکل ۳-۴۵ نمودار ساده شده نیرو- تغییر مکان: الف- سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت هستند ب- سازه‌هایی که پس از تسلیم دارای سختی منفی هستند ۵۳
- شکل ۳-۴۶ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW1 ۵۳
- شکل ۳-۴۷ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW2 ۵۴
- شکل ۳-۴۸ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW3 ۵۴
- شکل ۳-۴۹ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW4 ۵۴
- شکل ۳-۵۰ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW5 ۵۵
- شکل ۳-۵۱ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW6 ۵۵
- شکل ۳-۵۲ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW7 ۵۵
- شکل ۳-۵۳ پوش منحنی هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و منحنی دوخطی ایده‌آل برای نمونه SPW8 ۵۶
- شکل ۳-۵۴ منحنی ظرفیت حقیقی و ایده‌آل ۵۷
- شکل ۳-۵۵ انرژی جذب شده در هر سیکل بارگذاری برای نمونه‌های سری اول ۵۹
- شکل ۳-۵۶ انرژی جذب شده در هر سیکل بارگذاری برای نمونه‌های سری دوم ۵۹
- شکل ۴-۱ نمودار نیروی برشی- تغییر مکان ورق فولادی تنها با تکیه گاههای کافی ۷۴
- شکل ۴-۲ نمودار تنش برشی بحرانی کمانش بصورت تابعی از نسبت عرض به ضخامت ورق ۷۵
- شکل ۴-۳ وضعیت تنشها در ورق فولادی قبل و پس از کمانش ۷۶
- شکل ۴-۴ تاریخچه انرژی های مختلف در SPW1 در تحلیل Pushover ۷۹
- شکل ۴-۵ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW1 ۷۹
- شکل ۴-۶ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW2 ۸۰
- شکل ۴-۷ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW3 ۸۰
- شکل ۴-۸ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW4 ۸۰
- شکل ۴-۹ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW5 ۸۱
- شکل ۴-۱۰ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW6 ۸۱
- شکل ۴-۱۱ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW7 ۸۱

- شکل ۴-۱۲ نمودار بار- تغییر مکان حاصل از نمونه آزمایشگاهی ، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه SPW8 ۸۲
- شکل ۴-۱۳ نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد در نمونه SPW1 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۳
- شکل ۴-۱۴ نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد در نمونه SPW2 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۳
- شکل ۴-۱۵ نمایش مود کمانشی ورق در حالت نهایی در نمونه SPW3 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۳
- شکل ۴-۱۶ نمایش مود کمانشی ورق در حالت نهایی در نمونه SPW4 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۴
- شکل ۴-۱۷ نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۳ درصد در نمونه SPW5 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۴
- شکل ۴-۱۸ نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۳ درصد در نمونه SPW6 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۴
- شکل ۴-۱۹ : نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد در نمونه SPW7 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۵
- شکل ۴-۲۰ : نمایش مود کمانشی ورق در اندیس خیز جانبی ۴/۵ درصد در نمونه SPW8 (نمونه‌های آزمایشگاهی و مدل المان محدود) ۸۵
- شکل ۴-۲۱ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW2 ۸۶
- شکل ۴-۲۲ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW3 ۸۶
- شکل ۴-۲۳ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW4 ۸۷
- شکل ۴-۲۴ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW5 ۸۷
- شکل ۴-۲۵ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW6 ۸۸
- شکل ۴-۲۶ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW7 ۸۸
- شکل ۴-۲۷ : تغییر شکل و توزیع تنش میزس در حالت نهایی برای نمونه SPW8 ۸۹
- شکل ۴-۲۸ : بردارهای تنش حداقل و حداکثر در حالت نهایی برای نمونه SPW3 ۸۹
- شکل ۴-۲۹ : بردارهای تنش حداقل و حداکثر در حالت نهایی برای نمونه SPW5 ۹۰
- شکل ۵-۱ نمودار تنش- کرنش فرض شده برای مصالح الف- ورق فولادی ب- اعضا مرزی ۹۲
- شکل ۵-۲ مدلسازی نمونه های سری SPW2 : a- نمونه CR21 ، b- نمونه CR26 ، c- نمونه SCR27 ، d- نمونه CRQ29 ، e- نمونه SCR28 ۹۵
- شکل ۵-۳ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW1-CR ۹۶
- شکل ۵-۴ نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW1-CR ۹۷
- شکل ۵-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW1 با مساحت بازشو یکسان ۹۷
- شکل ۵-۶ نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW1 با مساحت بازشو یکسان ۹۷
- شکل ۵-۷ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW2-CR ۹۸

- شکل ۸-۵ : نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW2-CR ۹۸
- شکل ۹-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW2 با مساحت بازشو یکسان ۹۸
- شکل ۱۰-۵ نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW2 با مساحت بازشو یکسان ۹۹
- شکل ۱۱-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW3-CR ۹۹
- شکل ۱۲-۵ نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW3-CR ۹۹
- شکل ۱۳-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه های سری SPW3 با مساحت بازشو یکسان ۱۰۰
- شکل ۱۴-۵ نمودار سختی - نیرو نمونه های سری SPW3 با مساحت بازشو یکسان ۱۰۰
- شکل ۱۵-۵ نمودار مقایسه نتایج ضرایب کاهش مقاومت برای نمونه های سری SPW1 ۱۰۴
- شکل ۱۶-۵ نمودار مقایسه نتایج ضرایب کاهش سختی برای نمونه های سری SPW1 ۱۰۵
- شکل ۱۷-۵ نمایش فودهای کمانش ورق در بار نهایی نمونه های سری SPW2 : a - نمونه CR21 - b - نمونه CR26 , c - نمونه SCR27 , d - نمونه SCR28 , e - نمونه CRQ29 ۱۰۶
- شکل ۱۸-۵ تغییر شکل و توزیع تنش میزس در بار نهایی در نمونه های سری SPW2 : a - نمونه CR21 - b - نمونه CR26 , c - نمونه SCR27 , d - نمونه SCR28 , e - نمونه CRQ29 ۱۰۷
- شکل ۱۹-۵ مدلسازی نمونه های سری SPW3 : a - بدون بازشو و سخت کننده - b - بابازشو و بدون سخت کننده - c - بابازشو و سخت کننده رینگ - d - بابازشو و سخت کننده مورب ۱۱۰
- شکل ۲۰-۵ دامنه بارگذاری ورودی به نرم افزار المان محدود ABAQUS ۱۱۱
- شکل ۲۱-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR11 ۱۱۲
- شکل ۲۲-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR16 ۱۱۲
- شکل ۲۳-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR16R ۱۱۲
- شکل ۲۴-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR16D ۱۱۳
- شکل ۲۵-۵ نمودار سختی - نیرو مربوط به نمونه های سری SPW1 ۱۱۳
- شکل ۲۶-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR21 ۱۱۴
- شکل ۲۷-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR26 ۱۱۴
- شکل ۲۸-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR26R ۱۱۵
- شکل ۲۹-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR26D ۱۱۵
- شکل ۳۰-۵ نمودار سختی - نیرو مربوط به نمونه های سری SPW2 ۱۱۶
- شکل ۳۱-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR31 ۱۱۷
- شکل ۳۲-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR36 ۱۱۷
- شکل ۳۳-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR36R ۱۱۷
- شکل ۳۴-۵ نمودار نیرو - تغییر مکان نمونه CR36D ۱۱۸
- شکل ۳۵-۵ نمودار سختی - نیرو مربوط به نمونه های سری SPW3 ۱۱۸
- شکل ۳۶-۵ نمایش موجهای کمانش ورق در بار نهایی نمونه های سری SPW3 ۱۱۹
- شکل ۳۷-۵ نمایش موجهای کمانش ورق در بارگذاری رفت و برگشت در نمونه SPW34 ۱۲۰
- شکل ۳۸-۵ تغییر شکل و توزیع تنش میزس در نمونه SPW31 ۱۲۰

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۹	جدول ۱-۲ دسته بندی دیوارهای برشی فولادی بر اساس مشخصات و عملکرد. مورد نظر آنها
۲۹	جدول ۱-۳ مشخصات نمونه های آزمایشگاهی
۳۱	جدول ۲-۳ مشخصات مصالح تعیین شده توسط تست کشش
۳۳	جدول ۳-۳ روند بارگذاری نمونه های SPW
۳۴	جدول ۴-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW1
۳۷	جدول ۵-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW2
۳۸	جدول ۶-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW3
۴۰	جدول ۷-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW4
۴۳	جدول ۸-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW5
۴۶	جدول ۹-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW6
۴۸	جدول ۱۰-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW7
۵۰	جدول ۱۱-۳ بارگذاری رفت و برگشت نمونه SPW8
۵۲	جدول ۱۲-۳ درصد کاهش مقاومت پانل با افزایش ابعاد بازشو برای نمونه های سری اول (در اندیس خیزجانبی ۳ درصد)
۵۲	جدول ۱۳-۳ درصد کاهش مقاومت پانل با افزایش ابعاد بازشو برای نمونه های سری دوم (در اندیس خیزجانبی ۳ درصد)
۵۶	جدول ۱۴-۳ برش تسلیم و سختی جانبی موثر نمونه های سری اول
۵۶	جدول ۱۵-۳ برش تسلیم و سختی جانبی موثر نمونه های سری دوم
۵۸	جدول ۱۶-۳ شکل پذیری و ضریب رفتار نمونه های سری اول (ضریب لاغری ۷۱۴/۳)
۵۸	جدول ۱۷-۳ شکل پذیری و ضریب رفتار نمونه های سری دوم (ضریب لاغری ۱۳۵۱/۴)
۶۰	جدول ۱۸-۳ مجموع انرژی جذب شده برای نمونه های سری اول
۶۰	جدول ۱۹-۳ مجموع انرژی جذب شده برای نمونه های سری دوم
۶۰	جدول ۲۰-۳ میزان انرژی جذب شده برای نمونه های سری اول در سیکل سوم (اندیس خیزجانبی ۳ درصد)
۶۰	جدول ۲۱-۳ میزان انرژی جذب شده برای نمونه های سری دوم در سیکل سوم (اندیس خیزجانبی ۳ درصد)
۸۲	جدول ۱-۴ مقایسه نتایج مقاومت حاصل از آزمایشگاه، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه های سری اول در دریفت ۳ درصد
۸۲	جدول ۲-۴ مقایسه نتایج مقاومت حاصل از آزمایشگاه، روش المان محدود و روش تحلیلی برای نمونه های سری اول در دریفت ۳ درصد
۹۳	جدول ۱-۵ مشخصات هندسی نمونه های سری SPW1 - تمام ابعاد به میلیمتر
۹۴	جدول ۲-۵ مشخصات هندسی نمونه های سری SPW2 - تمام ابعاد به میلیمتر

جدول ۳-۵	مشخصات هندسی نمونه های سری SPW3 - تمام ابعاد به میلیمتر	۹۴
جدول ۴-۵	مشخصات اعضای مرزی پانلها	۹۴
جدول ۵-۵	مقاومت و سختی نمونه های سری SPW1	۱۰۱
جدول ۶-۵	مقاومت و سختی نمونه های سری SPW2	۱۰۱
جدول ۷-۵	مقاومت و سختی نمونه های سری SPW3	۱۰۲
جدول ۸-۵	مقایسه درصد خطای ضرائب مقاومت برای نمونه های آزمایشگاهی سری دوم	۱۰۲
جدول ۹-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین مقاومت نمونه های سری SPW1 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۳
جدول ۱۰-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین مقاومت نمونه های سری SPW2 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۳
جدول ۱۱-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین مقاومت نمونه های سری SPW3 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۳
جدول ۱۲-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین سختی نمونه های سری SPW1 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۴
جدول ۱۳-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین سختی نمونه های سری SPW2 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۴
جدول ۱۴-۵	مقادیر خطای ضرائب در تعیین سختی نمونه های سری SPW3 (مقادیر به درصد می باشد)	۱۰۴
جدول ۱۵-۵	مشخصات هندسی نمونه های سری SPW1 - تمام ابعاد به میلیمتر	۱۰۹
جدول ۱۶-۵	مشخصات هندسی نمونه های سری SPW2 - تمام ابعاد به میلیمتر	۱۰۹
جدول ۱۷-۵	مشخصات هندسی نمونه های سری SPW3 - تمام ابعاد به میلیمتر	۱۰۹
جدول ۱۸-۵	انرژی جذب شده در حلقه های کامل هیستریزس نمونه های سری اول - kN.m	۱۱۴
جدول ۱۹-۵	انرژی جذب شده در حلقه های کامل هیستریزس نمونه های سری دوم - kN.m	۱۱۶
جدول ۲۰-۵	انرژی جذب شده در حلقه های کامل هیستریزس نمونه های سری سوم - kN.m	۱۱۹

چکیده

دیوارهای برشی فولادی برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمانها، به ویژه در ساختمانهای بلندمرتبه در سه دهه اخیر مطرح و مورد توجه قرار گرفته است. این سیستم نوین که در جهان به سرعت رو به گسترش می‌باشد در ساخت ساختمانهای جدید و همچنین بهسازی ساختمانهای موجود به خصوص در کشورهای زلزله‌خیزی همچون آمریکا و ژاپن به کار گرفته شده است. این سیستم از نظر اجرایی بسیار ساده بوده و پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. با توجه به سادگی و امکان ساخت صنعتی آن و نصب در محل، سرعت اجرای آن بالا بوده و از هزینه‌های اجرایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. دیوار برشی فولادی جایگزینی تمیزتر و سریعتر به لحاظ اجرایی و مطمئن‌تر به لحاظ مقاومت و رفتار برای دیوارهای برشی بتنی نه تنها در سازه‌های فولادی بلکه در سازه‌های بتنی می‌باشد. همچنین سیستم مذکور از همه خصوصیات مطلوب سیستمهای مهاربند متمرکز (CBF) مانند X ، V ، Δ شکل و نیز سیستمهای مهاربندی خارج از مرکز (EBF) به لحاظ اجرایی، کارایی و رفتاری بهره‌مند بوده و در بسیاری از موارد بهتر عمل می‌نماید. بطوریکه از نظر سختی برشی از سخت‌ترین سیستمهای مهاربندی که X شکل می‌باشد سخت‌تر بوده و با توجه به امکان ایجاد بازشو در هر نقطه از آن، کارایی همه سیستمهای مهاربندی را از این نظر دارا می‌باشد. همچنین رفتار سیستم در محیط پلاستیک و میزان جذب انرژی آن نسبت به سیستمهای مهاربندی فوق‌العاده بهتر است. در واقع در سیستمهای دیوار برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنشها به مراتب بهتر از سیستمهای مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قابها و انواع مهاربندها که معمولاً در آنها مصالح بصورت دسته شده و اتصالات متمرکز می‌باشند صورت می‌گیرد. رفتار این سیستمها همانند یک تیورق فولادی است که بصورت عمودی قرار گرفته باشد. ستونها نقش بالهای تیورق را ایفا می‌کنند در حالیکه تیرهای افقی به عنوان سخت‌کننده‌های جان عمل می‌کنند. تا قبل از پذیرفتن ایده استفاده از مقاومت پس کمانش ورق، دیوارهای تقویت شده با سخت‌کننده‌های سنگین جهت جلوگیری از کمانش ورق به کار می‌رفت اما پس از پذیرفتن ایده فوق دیوارهای تقویت نشده جایگزین دیوارهای تقویت شده گردید. با این وجود در بهسازی لرزهای ساختمانهای موجود که در سالهای اخیر به این مسئله توجه ویژه‌ای شده است و یا در جاییکه دیوار دارای بازشو باشد، استفاده از سخت‌کننده اهمیت زیادی پیدا می‌کند.

در این تحقیق ابتدا برای بررسی تاثیر ابعاد بازشو و همچنین ضرایب لاغری ورق بر رفتار لرزه‌ای دیوار برشی فولادی، تعداد هشت نمونه آزمایشگاهی با مقیاس یک به هفت با دو ضخامت مختلف ورق و همچنین بازشوه‌های دایره‌ای با نسبت بازشو ۰، ۰/۲، ۰/۳۵ و ۰/۵ در مرکز پانل تهیه و در آزمایشگاه سازه دانشگاه ارومیه تحت بارگذاری رفت و برگشتی قرار گرفته است. سپس با بررسی نمودارهای هیستریزیس بدست آمده، پارامترهای لرزه‌ای مانند مقاومت، سختی، شکل‌پذیری و همچنین جذب انرژی پانل‌ها بررسی و مقایسه شده است. نتایج بدست آمده حاکی از رفتار پایدار و مطلوب دیوارهای برشی فولادی در تغییر مکان‌های بزرگ تا اندیس خیز جانبی ۶ درصد می‌باشد. وجود بازشو موجب کاهش مقاومت و سختی سیستم می‌شود، که افزایش قطر بازشو تشدید آن را بهمراه دارد. هرچند بعلت تفاوت مصالح نمونه‌ها امکان مقایسه دقیق تاثیر قطر بازشو در کاهش مقاومت و سختی نمونه‌ها میسر نشده است ولی با توسعه نتایج، با استفاده از آنالیز غیرخطی استاتیکی بارافزون در نرم افزار المان محدود ABAQUS بر روی نمونه‌های واقعی، ضرایب کاهش مقاومت و سختی دیوار با افزایش قطر بازشو در مرکز پانل پیشنهاد شده است. ضرایب کاهش ارائه شده با توجه به در نظر گرفتن شکل پانل نتایج دقیقتر و خطای بسیار کمتری را نسبت به ضرایب پیشنهاد شده توسط صبوری و موسوی ارائه می‌دهد. شکل‌پذیری و ضریب رفتار نمونه‌ها عملکرد پایدار سیستم در محدوده غیرالاستیک را نشان می‌دهد. بطوری که برای نمونه‌هایی که در آنها تا انتهای آزمایش هیچگونه گسیختگی مشهود در اطراف بازشو یا اتصال ورق به اعضای مرزی ایجاد نشده است، ضریب رفتار بیش از ۸ می‌باشد. همچنین رفتار چرخه‌ای پایدار نمونه‌ها در محدوده غیرالاستیک موجب اتلاف انرژی بالا در حین بارگذاری نمونه‌ها می‌گردد. وجود بازشو بخصوص در مرکز پانل موجب کاهش شدید جذب انرژی سیستم می‌شود. برای بررسی تاثیر سخت کننده‌ها در بهبود پارامترهای لرزه‌ای دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو از مدلسازی کامپیوتری نمونه‌های با ابعاد واقعی بهره گرفته شده است. برای این منظور نسبت بازشو ۰/۵ برای نمونه‌ها در نظر گرفته شده و تاثیر سخت کننده‌های دور بازشو و مورب لوزی شکل در رفتار لرزه‌ای دیوار برشی فولادی بررسی شده است. پیش بینی رفتار مدل‌های مورد نظر بر اساس تحلیل غیرخطی شبه استاتیکی شامل غیرخطی هندسی و مصالح با استفاده از روابط دینامیکی صریح غیرخطی در نرم افزار ABAQUS صورت گرفته است. نتایج آنالیز المان محدود نشان دهنده عملکرد بهتر سخت کننده‌های مورب لوزی شکل نسبت به سخت کننده دور بازشو برای افزایش مقاومت، سختی و جذب انرژی با مقدار فولاد معادل بازشو می‌باشد.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی، بازشو، سخت کننده، دیاگرام بار-تغییر مکان جانبی، بار نهایی، سختی اولیه، شکل‌پذیری، ضریب رفتار، جذب انرژی

فصل اول

مقدمه‌ای بر دیوار برشی فولادی (SPW)^۱

۱-۱- کلیات

با توجه به خسارات جانی و مالی زیادی که هر ساله در اثر نیروهای زلزله و باد بوجود می‌آید، محققین همواره در تلاش بوده‌اند تا به یک سیستم سازه‌ای مناسب با حداقل خسارات دست یابند. امروزه انواع مختلف سیستم‌های سازه‌ای مقاوم در برابر بارهای جانبی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به قابهای صلب، قابهای میان‌پر، سیستم‌های مهاربندی و دیوارهای برشی بتنی و فولادی اشاره نمود. در سه دهه اخیر توجه و علاقه گسترده‌ای به کاربرد دیوار برشی فولادی به عنوان سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در ساختمانها صورت گرفته است. دیوار برشی فولادی همانند یک تیر ورق فولادی است که به صورت عمودی قرار گرفته و در کل ارتفاع ساختمان امتداد می‌یابد. یک ورق فولادی نسبتاً نازک اتصال یافته به تیرها و ستونها همانند جان یک تیر ورق رفتار می‌کند. ستونها و تیرهای افقی بترتیب نقش بالها و سخت کننده‌های تیر ورق عمودی را ایفا می‌کنند. اگر چه به نظر می‌رسد تئوری تیر ورق برای طراحی یک سازه SPW مناسب باشد، یک تفاوت اساسی مربوط به مقاومت خمشی و سختی نسبتاً بالای تیرها و ستونها که اعضای مرزی دیوار را تشکیل می‌دهند نسبت به تیرورق‌ها وجود دارد. به نظر می‌رسد که این اعضاء اثر مهمی روی رفتار کلی ساختمان داشته باشند.

^۱ steel plate wall or steel plate shear wall

برتری این نوع سیستم نسبت به دیگر سیستم‌های سازه‌ای مقاوم در برابر نیروهای جانبی باعث گردیده تا استفاده از آن روز به روز افزایش یابد. استفاده از دیوار برشی فولادی روشی موثر در افزایش سختی و مقاومت، بدون افزایش وزن سازه می باشد و در مقایسه با سیستم قاب خمشی تقریباً تا میزان پنجاه درصد موجب صرفه جویی در مصرف فولاد می گردد. برخی مهندسين بر این باور بودند که به ورق نباید اجازه کماتش داده شود. این مطلب سبب ایجاد دو طرز تفکر گردید. در ژاپن ورقهای نازک با سخت کننده‌های با فواصل نزدیک مورد توجه قرار گرفت، در حالیکه در آمریکا از ورقهای ضخیم استفاده گردید [1].

در طراحی سازه‌ها، تامین فضای مناسب داخلی از مهمترین اهداف طراحی می باشد. هم زمان با فضایی داخلی معماران ملزم به برآوردن خواسته‌های کارفرما و بهره برداران ساختمان و همچنین ایجاد نمای مناسب می باشند. در نتیجه می توان معیار اولیه طراحی را مربوط به معماری آن دانست که پس از آن مهندس مقید به ایجاد سازه مناسب در چهارچوب فضاهای تعیین شده خواهد بود. فقط در مورد سازه‌های بلند و مهم، سازه ساختمان و شرایط و محدودیت های مهندسی به عنوان معیار اولیه طراحی جایگزین برخی نیازهای معماری می گردد. اعمال چنین نیازهای معماری و زیباسازی را می توان یکی از عوامل ایجاد بازشو در دیوار های برشی فولادی به حساب آورد. همچنین سازه ساختمان باید با سیستم‌های خدماتی نظیر تاسیسات برقی و مکانیکی، آب و فاضلاب که مجموعه‌ای پیچیده و حجیم بوده و سهم بزرگی از سرمایه‌گذاری سازه به ویژه سازه‌های بلند را به خود اختصاص می دهند، هماهنگ باشد. بنابراین ملاحظات غیر سازه ای از قبیل موقعیت و مسیر سیستم های تاسیساتی می تواند از دیگر عوامل موثر در ایجاد بازشو در دیوارهای برشی فولادی باشند.

در ابتدا طراحان SPW، رفتار پس کماتش آن سیستمها را مورد توجه قرار نمی دادند و این امر سبب صرف نظر شدن از میدان کشش و فواید مربوط به آن جهت کنترل تغییر مکان نسبی و مقاومت برشی می شد. بعلاوه از ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیک و ظرفیت جذب انرژی اساسی آنها که اهمیت زیادی برای ساختمانها در نواحی با لرزه خیزی بالا دارد صرف نظر می شد. بیشتر روشهای رایج روی مقاومت پس کماتشی ورق بر اساس مطالعات Wagner [۲] قرار دارد. او نشان داد که کماتش برشی یک ورق نازک، که تکیه گاههای به مقدار کافی در طول لبه‌های آن وجود داشته باشد منجر به خرابی آن نمی شود. در نقطه کماتش مکانیسم حمل بار ورق از برش داخل صفحه، به میدان کشش مایل تغییر می کند. این ایده سالهای متمادی در طراحی برشی تیر ورقها (Basler) [۲] مورد استفاده قرار گرفت، اما اولین بار در سال ۱۹۸۰ در طراحی دیوارهای با ورق فولادی به کار رفت و با یکسری از مطالعات تحلیلی و آزمایشگاهی دنبال گردید. این تحقیق سبب پذیرفته شدن فلسفه رایج طراحی سیستمهای SPW شد، که در آن به ورق اجازه کماتش برشی داده می شود و میدان کشش پس کماتش جهت مقاومت در برابر برش پانل در نظر گرفته می شود.

خصوصیت جذب انرژی ورق جان تحت بارگذاری رفت و برگشتی با شدت بالا سبب استفاده از SPW در نواحی با خطر لرزه خیزی بالا گشت. همچنین میدان کشش قطری ورق جان که شبیه به مهار قطری در یک قاب مهار شده عمل می کند بعنوان روش موثری برای کنترل تغییر مکان نسبی ساختمانها شناخته شد. آزمایشها با مقیاس بزرگ انجام شده روی SPW در دانشگاه British Columbia، دانشگاه Alberta و دانشگاه California عملکرد استثنایی این سیستمها را تحت اعمال بارگذاری رفت و برگشتی سریع نشان می دهد [۷].

سیستم SPW نشان داده است که هزینه های کلی یک ساختمان با توجه به فواید زیر می تواند به طور اساسی کاهش یابد [۲]:

۱- یک سیستم SPW ظرفیت جذب انرژی نسبتاً زیاد با رفتار هیستریزس پایدار را داراست. در نتیجه کاربرد آن در نواحی با خطر لرزه خیزی بالا بسیار مفید است.

۲- به دلیل اینکه میدان کشش جان شبیه به یک مهار قطری عمل می کند یک سیستم SPW سختی اولیه نسبتاً بالایی را داراست و بنابراین در محدود کردن تغییر مکان نسبی بسیار موثر می باشد.

۳- در مقایسه با دیوارهای برشی بتن مسلح، SPW بسیار سبکتر است بطوری که سبب کاهش بار مورد نظر روی ستونها و پی ها می شود و نیروی لرزه ای را که متناسب با جرم سازه است کاهش می دهد.

۴- در مقایسه با ساخت بتن مسلح فرآیند نصب یک ساختمان تمام فولادی به طور اساسی سریع تر است. بنابراین مدت زمان ساخت را که یک فاکتور مهم در هزینه کلی یک پروژه است کاهش می دهد.

۵- ساخت سازه های تمام فولادی با SPW یک راه عملی موثر برای نواحی سردسیر است در حالیکه ساخت بتن نمی تواند به این سادگی باشد. دمای خیلی پایین هوا مسئله ساخت قطعات بتنی را پیچیده می کند و تناوبهای یخ زدن و ذوب شدن بتن می تواند سبب مشکلات دوام آن شود.

۶- در کاربردهای مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای، SPW بسیار آسانتر و سریعتر از دیوارهای برشی بتنی مسلح نصب می شود.

۷- با استفاده از دیوارهای با ورق فولادی با جوش کارگاهی و یا پیچ شده میدان بهتری جهت بازرسی وجود دارد و کیفیت بالاتری برای کنترل می تواند به دست آید.

۸- از نظر معماری در مقایسه با دیوارهای برشی بتن مسلح بدلیل سطح مقطع کمتر SPW قابلیت جابجایی افزایش یافته و فضای بیشتری حفظ می شود که این امر یک برتری مشخص می باشد به ویژه در ساختمانهای بلندمرتبه ضخامت دیوارهای برشی بتنی در طبقات پایین تر بسیار زیاد می شوند و بخش زیادی از سطح پلان را اشغال می کنند.

در مقایسه با سیستمهای مهاربندی رایج، پیوستگی پانلهای فولادی سبب ایجاد رفتار شکل پذیر و پایدار سیستم تحت بارگذاری رفت و برگشتی می شود (Tromposch and kulak) [۱]. بعلاوه سختی زیاد ورقها، شبیه مهارهای کششی برای حفظ پایداری عمل می کند، چنانکه سیستم SPW را به طرز موثری به صورت سیستم جاذب انرژی در نواحی با خطر لرزه خیزی بالا معرفی می کند. Kulak در دانشگاه Alberta یکی از اولین محققانی بود که رفتار SPW را دقیقاً مورد بررسی قرار داد [۷]. در حدود سال ۱۹۸۰، گروه او دو تحقیق تحلیلی و آزمایشگاهی جهت توسعه فرآیندهای طراحی مناسب انجام دادند. نتایج کار آنها سبب ایجاد یک روش ساده برای آنالیز یک SPW نازک تقویت نشده گردید (مدل نواری) ^۲. در این تحقیق ورق با یک سری از اعضای نواری مورب همسو که تنها قادر به انتقال نیروهای کششی می باشند جایگزین شد. تحقیق اخیر صورت گرفته توسط Rezai و همکارانش [۴] در دانشگاه British Columbia نشان داد که مدل نواری برای محدوده وسیعی از SPW به طور اساسی ناسازگار است و رفتار سازه را با دقت کافی پیش بینی نمی کند. آنها یک مدل تحلیلی جدید تحت عنوان مدل نواری چند زاویه ای پیشنهاد نمودند. با این وجود هنوز مدل چند نواری دقت بالایی نداشته و تحقیقات بیشتری در این زمینه پیشنهاد شده بود.

^۲ strip model