بسم الله الرحمن الرحيم

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

رساله دکتری (PhD)

مهندسی عمران– مهندسی زلزله

مطالعه تحلیلی و آزمایشگاهی دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قطری

دانشجو:

عرفان علوی

استاد راهنما:

دکتر فریبرز ناطقی الهی

۱۳۸۹

تقدیم به :

پدرم و به یاد مادرم، که هر آنچه در زندگی آموخته‌ام و کسب کرده‌ام به پشتوانه محبتها و هدایتهای آنها میسر شده است؛

همسرم، مریم، که در این مسیر همراهم بود؛

فرزندانم، کیمیا و کیوان، که برکت وجودشان واژه تلاش را بیش از پیش برایم معنا بخشیده و شوق رسیدن به اهداف زندگی‌ام را در من افزوده است.

تقدیر و تشکر از:

استاد محترم راهنما، جناب آقای پروفسور فریبرز ناطقی الهی، که با راهنمایی‌های ارزنده و نظرات گرانقدر خود در انجام این رساله بزرگوارانه یاری رسان و هدایت‌کننده بودند؛ همچنین بابت تمام آموزه هایی که از ایشان در این دوره تحصیلی آموختم و زحماتی‌که متقبل شدند، نهایت تشکر و سپاس را ابراز می‌دارم.

اساتید محترم هیئت داوران، که با پیشنهادات و نظرات ارزشمند خود موجبات ارتقاء سطح کیفی کارهای مربوط به این تحقیق و پایان نامه را فراهم آوردند؛ و از اینکه در تکمیل مباحث ارائه طریق فرمودند، کمال تشکر را تقدیم می‌دارم.

اساتید محترم پژوهشکده مهندسی سازه، بابت آنچه در این دوره تحصیلی از آنها آموختم؛ بویژه از ریاست محترم پژوهشکده، جناب آقای دکتر سروقد مقدم، و جناب آقای حمید دوستی که در تسهیل امور و انجام هماهنگیهای لازم مساعدت فرمودند، سپاسگزاری می‌نمایم.

همچنین، از مسئولین و متخصصین محترم آزمایشگاه مهندسی سازه، مدیریت و کارکنان محترم تحصیلات تکمیلی، پیمانکار ساخت نمونه های آزمایشگاهی به مدیریت آقای مهندس نصیری، شرکت مهندسان مشاور سازه ، همکاران و از سایر عزیزانی که در فراهم آوردن شرایط و امکانات لازم برای تحقق اهداف این رساله همراهی کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

برمبنای تحقیقات انجام شده در دهه های اخیر، دیوار برشی فولادی به عنوان یک سیستم مناسب باربر جانبی و اقتصادی در طراحی لرزه ای سازه ها و مقاوم سازی ساختمانهای موجود شناخته شده است که به صورت تقویت شده یا نشده و یا سوراخ دار بکار می رود. از طرفی، پیچیدگی رفتار غیر خطی این سیستم بدلایلی از قبیل لاغری نسبتا" زیاد ورق نازک فولادی و اثرات مودهای کمانشی ورق ، عملکرد میدان کششی ورق پس از کمانش، مراحل تسلیم دیوار ، تنوع مودهای گسیختگی ترد و شکل پذیر، حلقه های هیسترزیس دیوار، نقش المانهای مرزی و اتصالات آنها ، اثرات سخت کننده ها و بازشوها ؛ همچنین وجود برخی مشکلات اجرائی و نبود ضوابط کافی و جامع برای طراحی این سیستم در آیین نامه های ساختمانی نیاز به تحقیق بر روی آن را کماکان ضروری ساخته است.

مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی معدودی که تاکنون بر روی دیوارهای برشی فولادی تقویت شده صورت گرفته نشان می دهند که تقویت یک دیوار برشی فولادی بوسیله سخت کننده های متداول افقی و قائم مناسب، بهبود رفتار غیر خطی آن را سبب می گردد .در حالیکه ، استفاده از این سخت کننده ها که عمدتا" برای جلوگیری از کمانش برشی الاستیک ورق پر کننده بکارمی روند هزینه بر و وقت گیر می باشد. از اینرو، در این تحقیق مطالعه تحلیلی و آزمایشگاهی دیوارهای برشی فولادی و تقویت آنها با سخت کننده های قطری مد نظر قرار گرفته تا علاوه بر صرفه جوئی در مراحل اجرا ، بتوان از مزایای سیستم تقویت شده به صورت بهینه ای بهره برد. بدین منظور انجام مطالعات تحلیلی، آزمایشگاهی و نظری بر روی این سیستم جدید برنامه ریزی گردید.

از روش اجزاء محدود و آنالیز غیرخطی با لحاظ اثرات تغییر شکلهای هندسی غیرخطی، کمانشی و پس کمانشی ورقهای نازک فولادی جهت مدل سازی و بررسی رفتار غیر خطی دیوارهای برشی فولادی در انجام تحلیلهای عددی بهره گرفته شده است. میزان دقت نتایج تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی معتبر موجود در ادبیات علمی سنجیده شده و از آن ، اطمینان حاصل شده است. مطالعات آزمایشگاهی بر روی ۶ نمونه دیوار برشی فولادی با مقیاس۱:۲ شامل ۲ دیوار تقویت نشده و ۴ دیوار تقویت شده قطری به انجام رسیده که در یکی از نمونه ها از قاب پیرامونی با اتصالات مفصل فیزیکی متداول استفاده شده و در نمونه ای دیگر از ترکیب یک بازشوی استراتژیک با سخت کننده های قطری بر اساس نتایج حاصل شده طی تحقیق، استفاده گردیده و رفتار های غیرخطی هیسترتیک آنها مورد بررسی قرار گرفته اند.

از مطالعات نظری و بر مبنای نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی، روابط تئوریک حاکم بر دیوار تقویت شده قطری به منظور برآورد ظرفیت مقاومت برشی و طراحی سخت کننده های قطری توسعه داده شده و نتیجه گردیده اند. همچنین، به نقش صلبیت اتصالات تیر به ستون و سختی و مقاومت المانهای مرزی در رفتار غیرخطی و مقاومت برشی دیوارهای فولادی پرداخته شده و روابطی نیز جهت تأمین مقاومت برشی اعضای مرزی و تخمین مقاومت برشی کل دیوارهای برشی فولادی با اعضای مرزی ضعیف تا قوی پیشنهاد شده اند.

بعلاوه ، نتایج نشان می دهند که استفاده از قابهای خمشی محیطی با اتصالات صلب تیر به ستون نسبت به قابهای ساده ساختمانی در سیستم دیوارهای برشی فولادی، موجب بهبود رفتار غیر خطی دیوار، جذب انرژی بیشتر، و افزایش مقاومت برشی سیستم می گردند. انرژیهای جذب شده، ضرایب شکل پذیری، ضرایب رفتار و تشدید جابه جایی نسبی سازه ها نیز برای نمونه های مختلف محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده اند.

نتایج دلالت دارند بر اینکه سخت کننده های قطری باعث افزایش قابل ملاحظه مقاومت برشی حد کمانش الاستیک ورق فولادی (بزرگتر یا مساوی ۳ برابر) و ظرفیت برشی نهایی سیستم ، بسته به ابعاد سخت کننده ها، نسبت به حالت تقویت نشده گردیده و رفتار هیسترتیک دیوار را بهبود بخشیده اند. همچنین، سیستم تقویت شده قطری با سوراخ استراتژیک رفتار هیسترتیک مناسبی تحت بارگذاری چرخه ای داشته و بیشترین دوام و جذب انرژی را نسبت به نمونه های تقویت نشده و تقویت شده معادل خود داشته است. در بین نمونه های تقویت شده قطری، نمونه های تقویت شده قطری به همراه گوشه بهترین رفتار غیر خطی را ازخود نشان داده اند و بیشترین جذب انرژی را در زمانهای متناظر داشته اند. تقویت کننده های قطری به ویژه در ترکیب با سخت کننده های گوشه موجب دوکی شکل شدن منحنی های هیسترزیس و کاهش پدیده باریک شوندگی در آنها نسبت به دیوارهای سخت نشده شده اند. مقایسه رفتار ستونهای با اتصالات گیردار و مفصل ساده و مشاهده وقوع برخی مودهای خرابی در لحظات نهایی در پای ستونهای با اتصال ساده نشان می دهد که در قابهای ساده ساختمانی نیاز است تا پای ستونها با شرایط اتصال گیردار در سیستمهای مقاوم لرزه ای همانند دیوارهای برشی یا حتی بادبندیها طراحی و اجرا گردند؛ و اتصال ساده جان ستون به کف ستون به تنهایی ممکن است مقاومت کافی در مقابله با نیروهای وارده را نداشته باشد.

بررسی ضرایب رفتار حاصله نشان می دهد که ضریب رفتار دیوارهای تقویت شده قطری از دیوار های برشی تقویت نشده بیشتر است، و ضریب رفتار حالت حدی دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قطری در قابهای ویژه ساختمانی حدود ۹ می باشد. همچنین ، برای دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قطری در قاب ساده ساختمانی عدد ۸ ، و برای دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده در قاب ویژه ساختمانی نیز عدد ۸ نتیجه شده است. مقایسه ضرایب شکل پذیری دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قطری و تقویت نشده نشان میدهد که این سیستم دارای ضرایب شکل پذیری بزرگتری می باشد. برمبنای نتایج ، مدلهای رفتار لرزه ای بار- جابه جایی جانبی دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری به همراه روابط نظری مربوطه جهت محاسبه سختی جانبی اجزاء دیوار و سیستم پیشنهاد شده اند؛ و بر آن اساس، پارامترهای مدل سازی رفتار غیرخطی اجزاء فولادی به روش دستورالعمل بهسازی لرزه ای، FEMA 356 ، برای دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری توسعه داده شده اند.

کلمات کلیدی : دیوار برشی فولادی، سخت کننده قطری، رفتار غیرخطی، مقاومت برشی، بازشوی استراتژیک، آزمایشگاهی، ضریب رفتار.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... أ

فصل اول: کلیات ، مواردی از کاربرد دیوارهای برشی فولادی و اهداف تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- نمونه هایی از کاربرد دیوارهای برشی فولادی ۵

۱-۳- اهداف تحقیق حاضر ۱۱

۱-۴- ساختار فصلهای رساله ۱۵

فصل دوم: مروری بر مکتوبات و تاریخچه تحقیقات انجام شده و مبانی طراحی دیوارهای برشی فولادی ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- مرور مکتوبات و تاریخچه تحقیقات انجام شده ۱۸

۲-۳- تئوری و مبانی طراحی دیوارهای برشی فولادی ۴۱

۲-۳-۱- مدل بادبندی معادل ۴۱

۲-۳-۲- مدل نوار مورب ۴۲

۲-۳-۳- مدل اندرکنش صفحه با قاب محیطی ۴۳

۲-۳-۴- روش دستورالعمل FEMA273 / 356 ..... ۴۶

۲-۳-۵- روش آیین نامه AISC 341-05 ..... ۴۷

۲-۴- مودهای شکست مهم ۴۸

۲-۵- دلایل استفاده از سخت کننده های قطری در تقویت دیوارهای برشی فولادی ۴۸

۲-۶- خلاصه و نتیجه گیری ۴۹

فصل سوم: تحلیل عددی دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری ۵۲

۳-۱- مقدمه ۵۳

۳-۲- مدل سازی و تحلیل عددی ۵۴

۳-۲-۱- منحنی رفتاری مصالح فولادی ۵۶

۳-۲-۲- معیارتسلیم فولاد ۵۸

۳-۲-۳- بارگذاری و روشهای حل ۶۰

۳-۳- دقت سنجی روشهای عددی ۶۳

۳-۳-۱- با استفاده از نتایج آزمایشگاهی ۶۳
۳-۳-۲- با استفاده از روابط آیین نامه ای ۶۶
۳-۴- نتایج مدلهای تحلیلی ۶۸
۳-۴-۱-مدل SPSW2 ۶۸
۳-۴-۲- مدل SPSW(s) ۷۴
۳-۴-۳- مدل چهار طبقه درایور- همکاران ۷۷
۳-۵- تحلیل عددی رفتار هیسترتیک دیوارهای برشی فولادی ۸۹
۳-۵-۱- مدل ۴ طبقه تقویت شده ۹۰
۳-۵-۲- مدلهای تقویت شده و تقویت نشده یک طبقه ۱:۱ ۹۱
۳-۶- خلاصه و نتیجه گیری ۹۵
فصل چهارم: مطالعه نظری و تحلیلی دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قطری و نقش اعضای مرزی ۹۸
۴-۱- مقدمه ۹۹
۴-۲- مقاومت برشی دیوار تقویت شده قطری ۹۹
۴-۳- اعتبار سنجی روابط تئوریک ۱۱۰
۴-۴- نقش المانهای مرزی در رفتار غیر خطی دیوارهای برشی فولادی ۱۱۲
۴-۴-۱- مشخصات مدلهای تحلیلی ۱۱۲
۴-۴-۲- نتایج تحلیل های عددی ۱۱۳
۴-۴-۳ - مقاومت برشی ۱۱۷
۴-۴-۴- مقاومت اعضای مرزی ۱۱۸
۴-۵- خلاصه و نتیجه گیری ۱۲۰
فصل پنجم: مطالعه آزمایشگاهی دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری ۱۲۳
۵-۱- مقدمه ۱۲۴
۵-۲- چگونگی انتخاب مدلهای آزمایشگاهی ۱۲۴
۵-۳- طراحی SET-UP آزمایشگاهی ۱۲۸
۵-۴- طراحی اولیه نمونه های آزمایشگاهی ۱۳۹
۵-۴-۱- تحلیل عددی اولیه نمونه اول آزمایشگاهی ۱۴۱
۵-۵- ساخت و برپایی (SET-UP) آزمایشگاهی ۱۴۲
۵-۶- انجام آزمایش تست کشش بر روی مصالح فولادی ۱۵۰
۵-۷- نصب تجهیزات ابزار دقیق بر روی نمونه SPSW1 ۱۵۳
۵-۸- پروتکل بارگذاری جانبی رفت و برگشتی هیسترزیس ۱۵۵

۵-۹- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW1 ..... ۱۵۹
۵-۹-۱-آزمایش دوم بر روی نمونه SPSW1 پس از بارگذاری اول..... ۱۶۴
۵-۹-۲- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها در آزمایش اول بر روی نمونهSPSW1 ..... ۱۶۶
۵-۱۰- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW2..... ۱۶۸
۵-۱۰-۱- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها در آزمایش نمونه SPSW2..... ۱۷۳
۵-۱۱- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW(s1)..... ۱۷۶
۵-۱۱-۱- تحلیل عددی نمونه تقویت شده قطری SPSW(s1) ۱۷۸
۵-۱۱-۲- آماده سازی و آزمایش بر روی نمونه تقویت شده قطری SPSW(s1)..... ۱۸۰
۵-۱۱-۳- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها در آزمایش نمونهSPSW(s1) ۱۸۵
۵-۱۲- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW(s2)..... ۱۸۸
۵-۱۲-۱- تحلیل عددی نمونه تقویت شده قطری SPSW(s2) ۱۸۸
۵-۱۲-۲- آزمایش نمونه تقویت شده قطری SPSW(s2) ۱۹۲
۵-۱۲-۳- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها در آزمایش نمونه SPSW(s2)..... ۱۹۵
۵-۱۳- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW(s3) ۱۹۸
۵-۱۳-۱- تحلیل عددی نمونه تقویت شده قطری SPSW(s3) ۱۹۹
۵-۱۳-۲- آزمایش نمونه تقویت شده قطری SPSW(s3) ۲۰۳
۵-۱۳-۳- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها درآزمایش نمونه SPSW(s3) ۲۰۸
۵-۱۴- آزمایش شبه استاتیکی هیسترزیس بر روی نمونه SPSW(s4) ۲۱۰
۵-۱۴-۱- تحلیل عددی نمونه تقویت شده قطری با بازشوی استراتژیک SPSW(s4) ۲۱۲
۵-۱۴-۲- آزمایش نمونه تقویت شده قطری SPSW(s4)..... ۲۱۶
۵-۱۴-۳- بررسی نتایج کرنش سنجها و جابه جایی سنجها در آزمایش نمونه SPSW(s4) ۲۲۰
۵-۱۵- ظرفیت برشی و رفتار هیسترتیک قاب خمشی به تنهایی..... ۲۲۳
۵-۱۶- خلاصه و نتیجه گیری..... ۲۲۵
فصل ششم:تحلیل و توسعه نتایج..... ۲۲۸
۶-۱- مقدمه..... ۲۲۹
۶-۲- انرژی جذب شده توسط نمونه های آزمایشگاهی..... ۲۲۹
۶-۳- مقایسه نتایج آزمایشگاهی با نتایج تحلیلی..... ۲۳۴
۶-۴- مقایسه ظرفیتهای برشی نمونه های آزمایشگاهی با روش نظری پیشنهادی..... ۲۴۰
۶-۵- محاسبه ضرایب رفتار دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده وتقویت شده قطری..... ۲۴۲
۶-۶- پیشنهاد مدل رفتار لرزه ای دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری..... ۲۵۳

۶-۶- خلاصه و نتیجه گیری ۲۶۲
فصل هفتم: جمع بندی ، نتیجه گیری و پیشنهادات ۲۶۵
۷-۱-مقدمه ۲۶۶
۷-۲- خلاصه نتایج مطالعات تحلیلی و نظری وآزمایشگاهی بر روی دیوارهای برشی فولادی ۲۶۶
۷-۳- پیشنهادات ۲۷۰
مراجع ۲۷۱
چکیده انگلیسی ۲۸۰

فهرست شکلها

شماره	عنوان	صفحه
۱-۱	مقایسه دیوار برشی فولادی با تیر ورق طره	۳
۱-۲	دیوارهای برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده	۳
۱-۳	پلان و نمای ساختمان ۵۶ طبقه در توکیو	۶
۱-۴	دیوار برشی فولادی با سخت کننده های افقی در ژاپن	۷
۱-۵	دیوار برشی فولادی با سخت کننده های افقی و قائم در ژاپن	۷
۱-۶	ساختمان ۲۳- طبقه کاخ دادگستری فدرال در سیاتل آمریکا	۸
۱-۷	ساختمان ۳۵ طبقه در کوبه	۱۰
۱-۸	ساختمان ۶ طبقه دارای دیوار برشی فولادی در کبک کانادا	۱۰
۱-۹	جزئیات اتصال به پی دیوار برشی فولادی یک ساختمان ۷ طبقه در مونترال کانادا	۱۰
۱-۱۰	طرح شماتیک دیوار برشی فولادی تقویت شده قطری	۱۳
۱-۱۱	گسیختگی گوشه ها در دیوار برشی فولادی تقویت نشده	۱۴
۱-۱۲	طرح شماتیک دیوار برشی فولادی تقویت شده قطری و گوشه	۱۴
۲-۱	چرخه های هیسترزیس آزمایشات انجام شده توسط تاکاهاشی و همکاران برروی نمونه های دیوار فولادی a) تقویت نشده و b) تقویت شده افقی و قائم با سخت کننده های زیاد	۱۹
۲-۲	مدل نوار مورب توربورن ۱۹۸۳	۲۰
۲-۳	نمونه آزمایشی تیملر و کولاک۱۹۸۳ و جزئیات اتصال و پارگی در جوش	۲۱
۲-۴	جزئیات تقویت اتصال گوشه ورقهای رابط با ورق تسمه	۲۲
۲-۵	مدل منحنی هیسترزیس دیوار برشی فولادی ، ترومپوش و کولاک ۱۹۸۷	۲۲
۲-۶	نمونه های آزمایش شده و اثر باز شوها در مقاومت و سختی دیوار برشی فولادی ، رابرتز و صبوری ۱۹۹۲	۲۳
۲-۷	Set – Up آزمایش و رفتار هیسترزیس نمونه ها ، کسیس و همکاران ۱۹۹۳	۲۴
۲-۸	یک نمونه ی آزمایشی و حلقه هیسترزیس برای ورق با ضخامت ۱ mm	۲۵
۲-۹	یک نمونه تقویت شده افقی و حلقه هیسترزیس آن [۷]	۲۶
۲-۱۰	Set – Up آزمایش و حلقه هیسترزیس آزمایش درایور و همکاران، دانشگاه آلبرتا	۲۶
۲-۱۱	تغییر شکل طبقه اول پس از انجام آزمایش	۲۷
۲-۱۲	کمانش شدید موضعی در بال ستونها و گسیختگی اتصالات ورق فولادی در آزمایش درایور	۲۷
۲-۱۳	مدل ساده شده نواری توسط رضائی ۱۹۹۹	۲۸
۲-۱۴	حلقه های هیسترزیس نمونه های شیاردار با سخت کننده های کناری مختلف	۲۹
۲-۱۵	نتایج آزمایش آستانه اصل و ژائو ۲۰۰۰	۳۰

۱۶-۲	جزئیات انواع اتصال گوشه های ورق به المانهای مرزی دیوار برشی ، شوماخر و همکاران	۳۱
۱۷-۲	چیدمان آزمایش اتصالات ورق فولادی دیوار به المانهای مرزی در گوشه ها، شوماخر و همکاران	۳۲
۱۸-۲	منحنی های هیسترزیس اتصالات مختلف ورق فولادی دیوار به المانهای مرزی در گوشه ها	۳۳
۱۹-۲	کمانش ورق پرکننده و گسیختگی در ناحیه گوشه دیوار	۳۴
۲۰-۲	نمونه سوراخ شده را قبل از آزمایش و حلقه های هیسترزیس پانل پر و سوراخ شده	۳۴
۲۱-۲	مودهای کمانشی ورق مربع شکل ، سمت چپ با اتصال ساده و سمت راست با اتصال گیردار ورق به اجزاء مرزی	۳۶
۲۲-۲	نقش سختی اجزاء مرزی و نوع اتصال تیر به ستون بر روی ظرفیت برشی دیوار	۳۷
۲۳-۲	چیدمان آزمایشگاهی و شرایط یکی از نمونه ها در خلال انجام آزمایش	۳۸
۲۴-۲	منحنی های چرخه ای نمونه های آزمایشگاهی و شماره های آنها (Kgf-mm)	۳۸
۲۵-۲	مشخصات هندسی در دیوار برشی فولادی سخت شده با سخت کننده های افقی و قائم	۳۹
۲۶-۲	منحنی های چرخه ای آزمایشگاهی و منحنی های دو خطی یوانگ در نمونه ها	۴۰
۲۷-۲	مدل بادبندی معادل در طراحی دیوار برشی فولادی	۴۱
۲۸-۲	مکانیزم شکست سیستم دیوار برشی فولادی یک طبقه	۴۲
۲۹-۲	منحنی برش - جابه جائی ورق فولادی به تنهایی	۴۵
۳۰-۲	منحنی های بار جانبی- جابه جائی برای ورق و قاب به تنهائی و حالت ترکیبی آنها	۴۶
۳۱-۲	سلسه مراتب مکانیزم شکست دیوار برشی فولادی	۴۸
۱-۳	هندسه المان Shell 181	۵۵
۲-۳	منحنی تنش-کرنش فولاد در بار رفت و برگشتی و سخت شونگی سینماتیک	۵۶
۳-۳	منحنی تنش-کرنش فولاد نرمه ساختمانی	۵۷
۴-۳	اثر بوشینگر در منحنیهای رفتاری فلزات	۵۷
۵-۳	اثر بوشینگر در منحنیهای رفتاری فولاد نرمه	۵۸
۶-۳	اثر بوشینگر در منحنیهای رفتاری فولاد های ساختمانی a) در ناحیه مستوی پلاستیک و b) در ناحیه کرنش سختی	۵۸
۷-۳	معیار تسلیم ون- میسز	۵۹
۸-۳	شکل نقص اولیه بکار رفته در تحلیل کامپیوتری با نرم افزار ABAQUS	۶۰
۹-۳	مدل آزمایشگاهی SPSW2 لوبل و همکاران	۶۳
۱۰-۳	منحنی تنش - کرنش چند خطی فولادهای MAT1 و MAT2 ، به ترتیب متعلق به المانهای مرزی و ورق ، و پارامترهای بکار رفته در تحلیل عددی(2)SPSW	۶۴
۱۱-۳	منحنیهای پوش نیرو - تغییر مکان جانبی نسبی مدلهای آزمایشگاهی [۴ و۲۴] ، و مدل تحلیلی اجزای محدود SPSW2 (FEM) این مطالعه	۶۴

۱۲-۳	نتایج مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی SPSW2 a) تنشهای ون- میسز (پاسکال) ،b) جابه جائی های خارج از صفحه (متر)	۶۵
۱۳-۳	منحنی تنش - کرنش چند خطی فولاد نرمه در تحلیل عددی SPSW(s)	۶۷
۱۴-۳	تغییرمکان خارج از صفحه (متر) دیوار برشی فولادی SPSW(s) تقویت شده با سخت کننده های افقی با a) فواصل سخت کننده های عرضی طبق AISC برای جلو گیری از کمانش ورق ۲PL ۱۰۰ mm ×۱۰ mm @ ۲۰۰ mm و b) فواصل سخت کننده ها هر ۴۰۰ mm	۶۸
۱۵-۳	تنشهای ون- میسز (پاسکال) دیوار برشی فولادی SPSW2 سخت شده قطری a) با سخت کننده قطری ۲×۲ PL۲۹/۵mm × ۲ mm b) با سخت کننده قطری ۲×۲ PL۲۹/۵mm × ۴ mm	۶۹
۱۶-۳	SPSW2با سخت کننده قطری ۲×۲ PL۲۹/۵mm × ۶ mm a) تنشهای ون- میسز (پاسکال) b) جابه جائی های برون صفحه ای (متر)	۶۹
۱۷-۳	منحنیهای نیرو - جابه جائی نسبی قاب به تنهائی ، دیوار برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده SPSW2 با سخت کننده های مختلف قطری	۷۰
۱۸-۳	مود اول کمانشی SPSW2 سخت نشده و با سخت کننده قطری	۷۱
۱۹-۳	مود دوم کمانشی SPSW2 سخت نشده و با سخت کننده قطری	۷۲
۲۰-۳	مود پنجم کمانشی SPSW2 سخت نشده و با سخت کننده قطری	۷۳
۲۱-۳	جابه جائی خارج از صفحه (متر) دیوار برشی فولادی SPSW(s) در حالت a) تقویت نشده b) تقویت شده قطری با ۲×۲ PL۱۰۰ mm × ۱۲ mm	۷۴
۲۲-۳	تنشهای ون - میسز (پاسکال) در دیوار برشی فولادی SPSW(s) در حالت a) تقویت نشده ، تقویت شده با سخت کننده‌های قطری : b) PL۱۰۰ mm×۵ mm ۲×۲ c) ۲×۲ PL۱۰۰ mm×۱۰ mm d) ۲×۲ PL۱۰۰ mm×۱۲ mm	۷۵
۲۳-۳	منحنیهای نیرو - جابه جائی نسبی قاب به تنهائی ، دیوار برشی فولادی SPSW(s) تقویت نشده و تقویت شده با سخت کننده های مختلف قطری	۷۶
۲۴-۳	مدل هندسی و جزئیات بکار رفته در مدل درایور - همکاران (۱۹۹۷)	۷۷
۲۵-۳	کرنشهای کل بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه	۸۱
۲۶-۳	تنشها بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه (kN/m^2)	۸۱
۲۷-۳	منحنی های بار- افزون مدلهای تحلیلی با روشهای حل عددی مختلف (این مطالعه) و مدل آزمایشگاهی درایور- همکاران (۱۹۹۷)	۸۲
۲۸-۳	کرنشهای کل بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه تقویت شده قطری	۸۲
۲۹-۳	تنشها بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه تقویت شده قطری (kN/m^2)	۸۳
۳۰-۳	نمودارهای برش پایه در مقابل جابه جایی نسبی طبقه اول مدلهای تحلیلی پایه و تقویت شده قطری بدون تقویت ستون	۸۳
۳۱-۳	نمودارهای برش پایه در مقابل جابه جایی نسبی طبقه اول مدلهای تحلیلی پایه و تقویت شده ستونها	۸۴

۳-۳۲	تنشها بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی تقویت شده ستونها (kN/m^2)	۸۵
۳-۳۳	کرنشهای کل بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه تقویت شده ستونها	۸۵
۳-۳۴	تنشها بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی تقویت شده ستونها و تقویت شده قطری (kN/m^2)	۸۶
۳-۳۵	کرنشهای کل بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه تقویت شده ستونها و تقویت شده قطری	۸۷
۳-۳۶	کرنشهای کل بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی پایه تقویت شده ستونها و تقویت شده قطری و سخت کننده های گوشه	۸۷
۳-۳۷	تنشها بر مبنای معیار ون- میسز در مدل تحلیلی تقویت شده ستونها و تقویت شده قطری و سخت کننده های گوشه (kN/m^2)	۸۸
۳-۳۸	نمودارهای برش پایه در مقابل جابه جایی نسبی طبقه اول مدلهای تقویت شده ستونها ، تقویت شده ستونها + قطری ، و تقویت شده ستونها+ قطری+ گوشه	۸۸
۳-۳۹	نمودارهای برش پایه در مقابل جابه جایی نسبی طبقه اول مدلهای تقویت شده ستونها+ قطری+ گوشه با نسبتهای لاغری مختلف سخت کننده های قطری	۸۹
۳-۴۰	نمودارهای برش پایه در مقابل جابه جایی نسبی طبقه اول مدلهای تقویت شده ستونها(مدل a)+ قطری(مدل b) + سخت کننده های گوشه (مدل c)	۹۱
۳-۴۱	نتایج تنشهای ون-میسز مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی(SPSW (A ، تقویت نشده و با اتصالات صلب تیر به ستون ، و منحنی های هیسترزیس آن	۹۲
۳-۴۲	نتایج تنشهای ون- میسز مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی(SPSW (B ، تقویت نشده و با اتصالات مفصل تیر به ستون ، و منحنی های هیسترزیس آن	۹۳
۳-۴۳	نتایج تنشهای ون-میسز مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی(SPSW (C ، تقویت شده قطری با2*2PL100*10 mm و با اتصالات صلب تیر به ستون ، و منحنی های هیسترزیس آن	۹۴
۳-۴۴	نتایج تنشهای ون-میسز مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی(SPSW (D ، تقویت شده قطری و گوشه با ورق2*2PL100*20 mm و با اتصالات صلب تیر به ستون ، و منحنی های هیسترزیس آن	۹۴
۳-۴۵	نتایج تنشهای ون-میسز مدل اجزای محدود دیوار برشی فولادی(SPSW (E ، تقویت شده افقی با ورق 13*2PL100*10@200 mm و با اتصالات صلب تیر به ستون ، و منحنی های هیسترزیس آن	۹۵
۴-۱	دیوار برشی فولادی با سخت کننده های قطری و پارامترهای مربوطه تحت بار جانبی	۱۰۱
۴-۲	عملکرد میدان کششی در یک تیر ورق تحت اثر نیروهای برشی و خمشی	۱۰۳
۴-۳	مکانیزمهای تسلیم پانل تیر ورق تحت اثر عملکرد میدان کششی	۱۰۳

۴-۴	تیر ورقهای آزمایش شده با جانهای سخت شده با سخت کننده های قطری(یونزاوا - همکاران)	۱۰۴
۴-۵	مکانیزمهای خرابی محتمل در پانل تیر ورق با توجه به سختی نسبی بالهای تیر و ورق جان [۴۱]	۱۰۴
۴-۶	وضعیت تنشها در ورق دیوار برشی فولادی در هنگام کمانش برشی و بعد از کمانش	۱۰۶
۴-۷	دوایر مور رسم شده برای تحلیل تنشهای ایجاد شونده کششی و فشاری در سخت کننده های قطری الف) ترم اول: از عمل میدان کششی ب)ترم دوم : از تنش برشی کمانش الاستیک	۱۰۹
۴-۸	وضعیت توزیع تنشهای ون- میسز (پاسکال) در ۳/۳٪ جابه جایی نسبی در دیوارهای برشی فولادی با اعضای مرزی از ضعیف تا قوی	۱۱۵
۴-۹	منحنی های بار- جابه جایی جانبی دیوارهای برشی نمونه های سری a) SPSW(A), b) SPSW(B)	۱۱۶
۴-۱۰	جابه جایی خارج از صفحه نمونه تقویت شده در ۳/۳٪ جابه جایی نسبی	۱۱۶
۴-۱۱	منحنی های بار- جابه جایی جانبی دیوار تقویت شده و تقویت نشده و قاب به تنهایی و حد ظرفیت برشی تسلیم کامل	۱۱۷
۵-۱	Set-up آزمایشگاهی بکار رفته در اعمال بارهای همزمان جانبی رفت و برگشتی و قائم ثابت بر نمونه های دیوار برشی فولادی تقویت نشده و تقویت شده قطری با مقیاس ۱:۲	۱۲۹
۵-۲	نمای سه بعدی Set-up آزمایشگاهی و نحوه استفاده از ۲ قاب عکس العمل در مهار جانبی نمونه ها	۱۳۱
۵-۳	نمای مهار جانبی میانی (Type-1)در تراز فوقانی نمونه و در نزدیکی محل اتصال جک قائم	۱۳۱
۵-۴	نمای مهار جانبی کناری (Type-2)در تراز فوقانی نمونه و در نزدیکی محل اتصال جک دینامیکی و گوشه انتهائی نمونه	۱۳۲
۵-۵	نمای جفت نبشی و اتصالات آنها به کف قوی و تیر قوطی شکل مهار جانبی	۱۳۳
۵-۶	پلان محل قرارگیری تیر ورق PG-1 و سخت کننده هایی عرضی درون آن و سوراخها و پیچهای تعبیه شده بر روی بال پائینی آن هماهنگ با محل سوراخهای موجود در کف صلب آزمایشگاه	۱۳۴
۵-۷	پلان محل سوراخها و پیچهای تعبیه شده بر روی بال بالایی تیر ورقPG-1 در هماهنگی با محل سوراخهای کف ستون نمونه های دیوار برشی فولادی	۱۳۴
۵-۸	مقطع تیر ورقPG-1 و نماهایی از نحوه چیدمان سخت کننده های عرضی و نحوه قرار گیری نمونه های آزمایشگاهی بر روی آن	۱۳۵
۵-۹	نحوه قرار گیری تیر افقی نگهدارنده جک قائم برروی ستونها و نمای اتصال مهاریهای کششی به نمونه (الف) در سمتی که جک افقی وجود ندارد (ب) در محل اتصال جک افقی به نمونه	۱۳۷

۵-۱۰	نحوه ایجاد اتصال غلطکی بر روی تیر افقی در محل اتصال جک قائم، (الف) پلان نشان دهنده محدوده حرکت آزاد ۲میله فولادی به قطر ۲۰ میلی متر وبه طول ۱۳۰ میلیمتر تعبیه شده در زیر جک قائم به منظور غلطک (ب) مقطع A-A (ج) نمای B-B جزئیات ورق متصل شونده به جک قائم و محل استقرار غلطکها بر روی آن	۱۳۸
۵-۱۱	نتایج تحلیل عددی اولیه بر روی نمونه آزمایشگاهی اول SPSW1 در آخرین مرحله بارگذاری (الف) جابه جایی خارج از صفحه (ب) تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ج)کرنشهای ون-میسز (د) منحنی بار- افزون	۱۴۳
۵-۱۲	مدل اجرایی نمونه دیوار برشی فولادی تقویت نشده SPSW1	۱۴۴
۵-۱۳	آماده سازی و ساخت قطعات set-up و نمونه آزمایشگاهی دیوار تقویت نشده فولادی SPSW1	۱۴۴
۵-۱۴	جوشهای آرگون بکار رفته در اتصال ورق دیوار به ورق های تیغه	۱۴۵
۵-۱۵	آماده سازی سطوح جوشکاری با استفاده از سنگ زنی بهمراه شیار زنی در پشت جوشهای نفوذ کامل	۱۴۶
۵-۱۶	مثالهایی از جوشهای نفوذی کامل و گوشه بکار رفته در ساخت نمونه SPSW1	۱۴۶
۵-۱۷	کنترل ابعاد و اندازه های واقعی با نقشه های اجرایی	۱۴۷
۵-۱۸	مراحل انجام آزمایش مایع نافذ بکار رفته برای شناخت ترکهای سطحی در جوشهای اجرا شده	۱۴۸
۵-۱۹	مراحل انجام نصب و برپایی SET-UP شامل گریس کاری سطوح در تماس با یکدیگر	۱۴۹
۵-۲۰	نصب جکها و بستن پیچها و مهاریها و مشبک سازی ورق دیوار	۱۵۰
۵-۲۱	مراحلی از انجام آزمایشهای کشش مصالح فولادی استفاده شده در ساخت نمونه های دیوار برشی فولادی و ثبت همزمان نتایج آزمایش به کمک یک کامپیوتر متصل به دستگاه بارگذاری	۱۵۱
۵-۲۲	نمونه هایی از منحنی های تنش- کرنش مصالح فولادی بدست آمده از تست کشش	۱۵۲
۵-۲۳	نمای چیدمان تجهیزات ابزاز دقیق بر روی نمونه spsw1	۱۵۵
۵-۲۴	مدل بارگذاری در دستورالعمل ATC-24(92)	۱۵۶
۵-۲۵	روش بکار رفته در یافتن نقطه تسلیم سیستم با استفاده از منحنی بار- افزون [ATC-24]	۱۵۷
۵-۲۶	رژیم بارگذاری بکار رفته در آزمایش شبه استاتیکی رفت و برگشتی بر روی نمونه SPSW1	۱۵۸
۵-۲۷	نمونهSPSW1 آماده برای انجام آزمایش	۱۶۰
۵-۲۸	وقوع کمانشهای الاستیک ورق فولادی در جابه جایی جانبی نسبی حدود ۰/۶ درصد	۱۶۱
۵-۲۹	تغییر شکلهای کمانشی ورق در محدوده های رفتار غیر خطی	۱۶۱
۵-۳۰	پایان بارگذاری نمونه در سیکل۲۸ ام و در جابه جایی جانبی نسبی ۴/۶ درصد	۱۶۱
۵-۳۱	گسیختگی های اتفاق افتاده در گوشه های نمونه در جا به جایی های جانبی نسبی بزرگتر از ۲ درصد	۱۶۲

۳۲-۵	تغییر شکل های نهایی ستونها و نواحی توسعه یافته تسلیم در آنها و ۳۵ میلیمتر تورفتگی وسط ستونها به داخل دهانه	۱۶۲
۳۳-۵	منحنی های هیسترزیس نمونهSPSW1 ثبت شده توسط رایانه مستقر در اطاق فرمان به همراه نمایی دیگر از آخرین وضعیت نمونه در آزمایش اول	۱۶۳
۳۴-۵	نماهایی از وضعیت نمونه پس از بارگذاری دوم بر روی نمونه SPSW1 با بازشوهایی در گوشه هاو وقوع گسیختگی در راستای تقریبا" عمود بر بازشوها	۱۶۵
۳۵-۵	منحنی های هیسترزیس و رفتار پسماند نمونهSPSW1 در آزمایش دوم تا جابه جایی نسبی ۳/۵درصد	۱۶۵
۳۶-۵	نتایج کرنش بر حسب زمان، ثبت شده توسط کرنش سنجها درآزمایشSPSW1	۱۶۷
۳۷-۵	نتایج جابه جایی بر حسب زمان ، ثبت شده توسط کرنش سنجها درآزمایشSPSW1	۱۶۷
۳۸-۵	مراحلی ازآماده سازی نمونه دوم SPSW2 و نصب تجهیزات به همراه رایانه ثبت داده های تجهیزات ابزار دقیق و LVDT نصب شده در تراز و محل اتصال جک	۱۷۱
۳۹-۵	مودهای کمانشی و عملکرد میدان کششی در ورق در جا به جایی های جانبی به ترتیب ۱۲ و۱۴ میلیمتر	۱۷۱
۴۰-۵	مودهای کمانشی و عملکرد میدان کششی در ورق در جا به جایی های جانبی به ترتیب ۱۲ و۱۴ میلیمتر	۱۷۲
۴۱-۵	وضعیت نمونه SPSW2 در پایان بارگذاری	۱۷۲
۴۲-۵	گسیختگی اتصال گو شه هادر جابه جایی نسبی حدود ۳٪	۱۷۲
۴۳-۵	گسیختگی رزوه پیچهای انتهایی کف ستون در جابه جایی جانبی حدود ۶۰ میلیمتر در هر دو انتها	۱۷۳
۴۴-۵	حلقه های هیسترزیس نمونه دوم دیوار تقویت نشده SPSW2	۱۷۳
۴۵-۵	نمای چیدمان تجهیزات ابزاز دقیق بر روی نمونهSPSW2	۱۷۴
۴۶-۵	کرنشهای ثبت شده در دو مرحله بارگذاری بر روی نمونهSPSW2	۱۷۵
۴۷-۵	جابه جایی های ثبت شده در دو مرحله بارگذاری توسط LVDTs بر روی نمونهSPSW2	۱۷۶
۴۸-۵	جزئیات اجرایی نمونه آزمایشگاهی دیوار برشی فولادی تقویت شده قطری SPSW(s1)	۱۷۷
۴۹-۵	نتایج تحلیل عددی بر روی نمونه آزمایشگاهی سوم SPSW(s1) در آخرین مرحله بارگذاری (الف) جابه جایی خارج از صفحه به متر (ب) کنتور جابه جایی جانبی به متر (ج) کرنشهای ون-میسز (د) تنشهای ون-میسز (پاسکال)	۱۷۸
۵۰-۵	نواحی تسلیم شده دیوار نمونه SPSW(s1) بهمراه منحنی های بار- افزون آن و تقویت شده قطری سراسری با 2PL40×4 mm جهت مقایسه آنها	۱۷۹
۵۱-۵	نمونه SPSW(s1) در حال نصب و پس از آماده سازی	۱۸۰
۵۲-۵	کنترل ابعاد و اندازه های نمونه آماده آزمایش در پایکار	۱۸۱

۵۳-۵	کرنش سنجها و شرایط سخت کننده های قطری در نمونه SPSW(s1) قبل از انجام آزمایش	۱۸۱
۵۴-۵	کمانشهای کلی در ورق در جابه جایی نسبی ۱۳ میلیمتر، ۰/۸۶درصد	۱۸۳
۵۵-۵	وضعیت دیوار در ناحیه رفتار غیر خطی و در حدود جابه جایی نسبی ۱/۵ درصد	۱۸۳
۵۶-۵	کمانش موضعی سخت کننده قطری و گسیختگیها در ورق و آنها در حالت نهایی	۱۸۳
۵۷-۵	شرایط نهایی نمونه SPSW(s1) در جابه جایی نسبی ۴/۷ درصد	۱۸۴
۵۸-۵	شرایط گوشه ها پس از پایان آزمایش	۱۸۴
۵۹-۵	رفتار هیسترتیک نمونه، ثبت شده توسط رایانه اطاق فرمان	۱۸۴
۶۰-۵	منحنی های هیسترزیس نمونه آزمایشگاهی دیوار برشی فولادی تقویت شده قطری SPSW(s1)	۱۸۵
۶۱-۵	نمای چیدمان تجهیزات ابزاز دقیق بر روی نمونه SPSW (s1)	۱۸۶
۶۲-۵	کرنشهای ثبت شده بر روی نمونه SPSW(s1)	۱۸۷
۶۳-۵	جابه جایی های ثبت شده توسط LVDTs در آزمایش SPSW(s1)	۱۸۷
۶۴-۵	شکل(۵-۶۴): نمونه تقویت شده قطری SPSW(s2)	۱۹۰
۶۵-۵	نتایج تحلیل عددی بر روی نمونه آزمایشگاهی SPSW(s2) در آخرین مرحله بارگذاری (الف) جابه جایی خارج از صفحه به متر (ب) کنتور تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ج) نواحی به تسلیم رسیده (د) کرنشهای ون-میسز	۱۹۱
۶۶-۵	منحنی های بار- افزون مدلهای تحلیلی نمونه های تقویت شده قطری SPSW(s2) و قاب به تنهایی	۱۹۲
۶۷-۵	کمانشهای کلی ورق و کاهش طول کمانشی نوارها در جابه جایی نسبی حدود ۱/۲۵ درصد	۱۹۳
۶۸-۵	رفتار دیوار در جابه جایی نسبی حدود ۲ درصد	۱۹۴
۶۹-۵	رفتار دیوار در جابه جایی نسبی حدود ۲/۵ درصد	۱۹۴
۷۰-۵	شکست نواحی اتصال سخت کننده ها و شرایط نمونه در جابه جایی نسبی ۳/۶۶ درصد	۱۹۴
۷۱-۵	شکل(۵-۷۱): وضعیت اتصالات گوشه ها در پایان بارگذاری	۱۹۵
۷۲-۵	منحنیهای هیسترزیس نمونه آزمایشگاهی SPSW(s2)	۱۹۵
۷۳-۵	نمای چیدمان تجهیزات ابزاز دقیق بر روی نمونه SPSW (s2)	۱۹۶
۷۴-۵	کرنشهای ثبت شده در بارگذاری بر روی نمونه SPSW(s2)	۱۹۶
۷۵-۵	جابه جا یی های ثبت شده در بارگذاری بر روی نمونه SPSW(s2)	۱۹۷
۷۶-۵	جزئیات اجرایی نمونه تقویت شده قطری SPSW(s3) با اتصال مفصل تیر به ستون	۱۹۹
۷۷-۵	نتایج تحلیل عددی بر روی نمونه آزمایشگاهی SPSW(s3) در جابه جایی جانبی ۴۴ میلیمتر (الف) جابه جایی جانبی به متر (ب) تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ج) جابه جایی خارج از صفحه به متر	۲۰۱
۷۸-۵	منحنی های هیسترزیس با سخت کننده های قطری مختلف در نمونه SPSW(s3)	۲۰۲

۵-۷۹	نتایج تحلیل عددی قاب با اتصالات مفصل در نمونه(s3)SPSW (الف) منحنیهای بار-افزون (ب) تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ج) کرنش های ون-میسز (د)حداکثر کرنش در پای ستون ، محل اتصال بال به جان	۲۰۲
۵-۸۰	جزئیات اجرایی اتصالات ستونها به کف ستون و تیر به ستون در نمونه (s3)SPSW	۲۰۳
۵-۸۱	نما هایی از نمونه(s3)SPSW قبل از انجام آزمایش	۲۰۳
۵-۸۲	کمانش در ورق فولادی در جابجایی جانبی نسبی حدود ۰/۷ درصد	۲۰۴
۵-۸۳	رفتار دیوار در محدوده های غیر خطی	۲۰۵
۵-۸۴	تغییر شکل های کمانشی- خمشی سخت کننده های قطری یک طرفه در ناحیه غیر خطی	۲۰۵
۵-۸۵	کمانش موضعی سخت کننده قطری در جابه جایی نسبی جانبی ۲/۶ درصد	۲۰۵
۵-۸۶	گسیختگی سخت کننده قطری و پارگی در محل اتصال ورق به سخت کننده ها در سیکل ۲۵ ام	۲۰۵
۵-۸۷	شکست در محل اتصال جان ستونها به کف ستون ، در سیکلهای آخر	۲۰۶
۵-۸۸	گسیختگی سخت کننده قطری و پارگی در محل اتصال ورق به سخت کننده ها در سیکل ۲۵ ام	۲۰۶
۵-۸۹	و ضعیت گوشه های دیوار دیوار در سیکل آخر بارگذاری (۲۶ ام)	۲۰۶
۵-۹۰	وضعیت دیوار در مراحل پایانی بار گذاری	۲۰۶
۵-۹۱	منحنی های هیسترزیس نمونه آزمایشگاهی (s3)SPSW	۲۰۷
۵-۹۲	نمای چیدمان تجهیزات ابزاز دقیق بر روی نمونه(s3) SPSW	۲۰۸
۵-۹۳	نتایج کرنش سنجهای مستقر بر روی نمونه(s3) SPSW	۲۰۹
۵-۹۴	نتایج جابه جایی سنجهای مستقر بر روی نمونه(s3) SPSW	۲۰۹
۵-۹۵	جزئیات اجرایی نمونه تقویت شده قطری با بازشوی استراتژیک(s4)SPSW	۲۱۱
۵-۹۶	نتایج تحلیل عددی مدل دیوار برشی فولادی تقویت نشده با بازشو (الف) تنشهای ون-میسز(پاسکال) (ب) جا به جایی خارج از صفحه به متر (ج) نسبت تنشها به تنشهای تسلیم (د) کرنشهای ون-میسز	۲۱۳
۵-۹۷	نتایج تحلیل عددی مدل دیوار برشی فولادی با بازشوی تقویت شده (الف) تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ب) جا به جایی خارج از صفحه به متر (ج) نسبت تنشها به تنشهای تسلیم (د) کرنشهای ون-میسز	۲۱۴
۵-۹۸	نتایج تحلیل عددی مدل دیوار برشی فولادی تقویت شده قطری با بازشوی استراتژیک (s4)SPSW(الف) تنشهای ون-میسز (پاسکال) (ب) جا به جایی خارج از صفحه به متر (ج) نسبت تنشها به تنشهای تسلیم (د) کرنشهای ون-میسز	۲۱۵
۵-۹۹	منحنی های بار-افزون مدلهای تحلیلی دیوارهای برشی فولادی مورد مطالعه با ضخامت ورق۱ mm	۲۱۶
۵-۱۰۰	نماهایی از نمونه (s4)SPSW قبل از انجام آزمایش	۲۱۸

۵-۱۰۱	نماهایی از نمونه SPSW(s4) در جابه جایی نسبی ۰/۵۶ درصد	۲۱۸
۵-۱۰۲	نماهایی از نمونه SPSW(s4) در جابه جایی نسبی ۱/۳ درصد	۲۱۸
۵-۱۰۳	نماهایی از نمونه SPSW(s4) به ترتیب در جابه جایی جانبی نسبی ۱/۸ و ۲/۴ درصد	۲۱۹
۵-۱۰۴	جداشدگی ورق از اطراف حلقه میانی دیوار در جابه جایی نسبی بالاتر از ۲/۴ درصد	۲۱۹
۵-۱۰۵	نماهایی از نمونه SPSW(s4) در پایان سیکل ۲۸ ام و جابه جایی نسبی جانبی ۴/۴ درصد	۲۱۹
۵-۱۰۶	برداشت تغییر شکلها پس از اتمام آزمایش	۲۲۰
۵-۱۰۷	منحنی های هیسترزیس نمونه آزمایشگاهی دیوار تقویت شده قطری با بازشوی استراتژیک SPSW(s4)	۲۲۰
۵-۱۰۸	چیدمان تجهیزات ابزار دقیق بر روی نمونه SPSW(s4)	۲۲۲
۵-۱۰۹	نتایج کرنش سنجهای مستقر بر روی نمونه SPSW(s4)	۲۲۲
۵-۱۱۰	نتایج جابه جایی سنجها LVDTs مستقر بر روی نمونه SPSW(s4)	۲۲۳
۵-۱۱۱	قاب تست شده از نمونه SPSW(s4) برای تعیین ظرفیت برشی قاب به تنهایی و منحنی های بار- جابه جایی آن از آزمایش	۲۲۴
۵-۱۱۲	رفتار هیسترتیک قاب به تنهایی	۲۲۴
۶-۱	انرژی چرخه ای جذب شده فولاد ساختمانی (a) در نیم سیکل (b) در یک سیکل کامل	۲۳۰
۶-۲	انرژی چرخه ای جذب شده در نمونه های آزمایشگاهی تقویت نشده SPSW1 و SPSW2	۲۳۲
۶-۳	شکل(۶-۳): انرژی چرخه ای جذب شده در نمونه های آزمایشگاهی تقویت شده قطری SPSW(s1) و SPSW(s2) و SPSW(s3) و SPSW(s4)	۲۳۲
۶-۴	مقایسه انرژیهای چرخه ای جذب شده در نمونه های آزمایشگاهی تقویت شده قطری SPSW(s1) و SPSW(s4) با نمونه تقویت نشده SPSW(2)	۲۳۳
۶-۵	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت نشده SPSW1	۲۳۷
۶-۶	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت نشده SPSW2	۲۳۷
۶-۷	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت شده قطری SPSW(s1)	۲۳۸
۶-۸	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت شده قطری SPSW(s2)	۲۳۸
۶-۹	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت شده قطری SPSW(s3)	۲۳۹
۶-۱۰	مقایسه نتایج آزمایشگاهی وتحلیل عددی نمونه دیوار تقویت شده قطری با بازشوی استراتژیک SPSW(s)	۲۳۹
۶-۱۱	منحنی های پاسخ واقعی سازه (بار- افزون)و منحنی ایده ال دو خطی یوانگ برای محاسبه ضریب رفتار	۲۴۵