دانشکده فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای

از

میر پارسا عالمی

استاد راهنما

دکتر آرش بهار

آذر ۹۲

بسم اللّه الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش سازه

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای

از:

میر پارسا عالمی

استاد راهنما:

دکتر آرش بهار

استاد مشاور:

دکتر جواد رزاقی

آذر۹۲

تقدیم به خانواده عزیز و مهربانم

ت

نخست از خدا که یارای سپاس از نعمت‌هایش به طور قطع در من نیست و خواستارم به من این نعمت را هم عطا کند،

آنچه را به من داده است در مسیری که او و بندگانش می‌پسندد به کار گیرم

شروع یادگیری با باز کردن چشم در آغوش پدر و مادر است. به طور ویژه پدرم لحظه‌ای از آموزش به فرزندانش

پا پس نکشیده است پس امیدوارم که بتوانم قدر دان او هم باشم. ممنون پدر عزیزم

از برادران بزرگوارم سید امیر حسین و میر منصور عزیز هم متشکرم

اولین معلمانم در مدرسه از سال‌های ابتدایی خانم نسعودی و خوش سیما و به دنبال گذران سال‌های تحصیل تا به امروز

بسیار عزیزانی که من رو بیش از پیش مدیون خود کردند. معلمان و اساتید بزرگوارم سپاس

فهرست مطالب

فهرست جداول ..... خ

فهرست اشکال ..... د

فهرست علایم اختصاری ..... ص

چکیده فارسی ..... ط

چکیده انگلیسی ..... ظ

۱ مقدمه ۱

۱-۱ پیشگفتار ۱

۱-۲ نگاه کلی به سیستم‌های سازه‌ای ۲

۱-۳ رویه طرح لرزه ای ۶

۱-۴ مصالح ساخت ۸

۱-۵ سیستم‌های سازه‌ای تحت بارگذاری لرزه ای ۹

۱-۵-۱ دیوار برشی بتنی و قاب خمشی ۹

۱-۵-۲ دیوارهای برشی فولادی ۱۱

۲ تاریخچه مطالعات ۲۰

۲-۱ صفحات فولادی یک پارچه ۲۰

۲-۱-۱ صفحات فولادی یک پارچه با فولاد با مقاومت تسلیم معمولی ۲۰

۲-۱-۲ پانل‌های تو پر با فولاد تنش تسلیم پایین (LYS) ۴۱

۲-۲ پانل‌های با صفحات چین دار ۴۳

۲-۳ دیوارهای برشی فولادی شکاف دار ۴۵

۲-۴ دیوارهای برشی فولادی غیر یک پارچه ۴۶

۲-۴-۱ پانل‌های با قطاع‌های یک چهارم دایره در گوشه‌ها و مجوف ۴۶

۲-۴-۲ دیوارهای برشی فولادی با یک بازشو دسترسی ۵۰

۳ مبانی تحلیلی مطالعات ۵۷

۳-۱ مختصری از تئوری صفحات ۵۷

۳-۱-۱ معادله دیفرانسیل ورق ۵۹

۳-۱-۲ بار بحرانی کمانشی ورق مربع مستطیل چهار طرف مفصل تحت بار یکنواخت فشاری در یک جهت ۶۱

۳-۱-۳ تنش بحرانی در ورق با شرایط مرزی مختلف ۶۳

۳-۱-۴ رفتار تنش-کرنش ورق‌های نازک و ضخیم تحت فشار ۶۵

۳-۱-۵ تنش بحرانی ورق‌ها تحت برش خالص ۶۵

۳-۲ رفتار پس از کمانش برشی ورق‌ها ۶۸

۳-۳ تغییرات تنش در مراحل مختلف بارگذاری دیوارهای برشی فولادی ۷۰

۴ مبانی محاسبات عددی مطالعات ۷۲

۴-۱ روش اجزاء محدود ۷۲

۴-۱-۱ تاریخچه ۷۲

۴-۱-۲ معرفی روش اجزا محدود ۷۲

۴-۱-۳ خلاصه‌ای از مبنا و روش اجزا محدود ۷۳

۴-۲ نرم افزارهای اجزا محدود ۷۳

۴-۲-۱ نرم افزار ویژوال نسترن ۷۴

۴-۲-۲ سالیدورکس ۷۴

۴-۲-۳ انسیس ۷۷

۴-۲-۴ نرم افزار اباکوس ۷۸

۵ تایید مدل پایه و روش مطالعه ۸۱

۵-۱ تایید مدل پایه ۸۱

۵-۱-۱ معرفی نمونه SPSW2 لوبل و همکاران (۲۰۰۰) به عنوان مدل آزمایشگاهی پایه ۸۱

۵-۱-۲ مدل سازی نرم افزاری از نمونه SPSW2 لوبل و همکاران (۲۰۰۰)..... ۸۴

۵-۲ رویه بررسی رفتار چرخه‌ای دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو..... ۹۶

۵-۲-۱ روش مطالعه..... ۹۶

۵-۲-۲ معیارهای بررسی ۹۷

۶ بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای ۹۸

۶-۱ بررسی تأثیر حضور صفحه داخلی بر رفتار چرخه‌ای قاب خمشی فولادی ۹۸

۶-۲ بررسی تأثیر نسبت سطح بازشو به سطح پانل داخلی بر رفتار چرخه‌ای دیوار برشی فولادی ۱۰۰

۶-۳ تأثیر نسبت هر یک از ابعاد بازشو مرکزی به هر یک از ابعاد پانل بر رفتار دیوارهای برشی فولادی ۱۰۹

۶-۳-۱ تغییرات مقاومت دیوارهای برشی فولادی با تغییرات نسبت ارتفاع و عرض بازشو مرکزی..... ۱۰۹

۶-۳-۲ تغییرات سختی دیوارهای برشی فولادی با تغییرات نسبت ارتفاع و عرض بازشو مرکزی..... ۱۱۳

۶-۴ تأثیر موقعیت بازشو در صفحه داخلی بر رفتار دیوارهای برشی فولادی..... ۱۱۷

۷ نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۲۴

۷-۱ نتیجه گیری..... ۱۲۴

۷-۲ پیشنهادات ادامه تحقیقات ۱۲۶

فهرست مراجع به ترتیب کاربرد..... ۱۲۷

فهرست جداول

جدول ۱-۱ مقادیر مختلف ضرایب رفتار طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان سازی ایران[۱] ۲

جدول ۱-۲ مقادیر مختلف ضرایب رفتار طبق ASCE -7 [۲] ۳

جدول ۶-۱ ابعاد، نسبت ابعاد و سطح بازشو به سطح پانل برشی در مدل‌های بررسی شده ۱۰۱

جدول ۶-۲ مقادیر مقاومت بیشینه برای مدل‌های با عرض یا ارتفاع ۲۰۶ میلی متر ۱۱۱

جدول ۶-۳ مقادیر مقاومت بیشینه برای مدل‌های با عرض یا ارتفاع ۲۷۵ میلی متر ۱۱۱

جدول ۶-۴ مقادیر سختی بیشینه برای مدل‌های با عرض یا ارتفاع ۲۰۶ میلی متر..... ۱۱۵

جدول ۶-۵ مقادیر سختی بیشینه برای مدل‌های با عرض یا ارتفاع ۲۷۵ میلی متر ۱۱۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ توازن سختی و مقاومت..... ۷

شکل ۱-۲ نمودار تنش کرنش یک نمونه بتنی در بارگذاری چرخه‌ای..... ۸

شکل ۱-۳ اتصال پایه دیوار برشی فولادی به پی گسترده[۱۱] ۱۳

شکل ۱-۴ دیوار برشی فولادی ساختمان ING..... ۱۳

شکل ۱-۵ دیوار برشی فولادی ساختمان کنترل ترافیک فرودگاه در ادمونتون[۱۱] ۱۴

شکل ۱-۶ نمای بیرونی بیمارستان سیلمار ۱۵

شکل ۱-۷ دیوار برشی دارای بازشو بیمارستان سیلمار[۱۰] ۱۵

شکل ۱-۸ نمای بیرونی برج مسکونی سانفرانسیسکو ۱۶

شکل ۱-۹ پلان اجرایی برج مسکونی سانفرانسیسکو..... ۱۶

شکل ۱-۱۰ سیستم باربر جانبی برج مسکونی سانفرانسیسکو ۱۶

شکل ۱-۱۱ کاخ دادگستری سیاتل-واشنگتن..... ۱۷

شکل ۱-۱۲ ساختمان ۳۵ طبقه کوبه-ژاپن [۳]..... ۱۸

شکل ۱-۱۳ دیوار برشی فولادی استفاده شده در ساختمان ۲۲ طبقه در مکزیک [۱۱]..... ۱۹

شکل ۲-۱ :مدل هیستریک پیشنهادی با میمورا و اکایاما [۱۴] ۲۲

شکل ۲-۲ نمایش شماتیک مدل نواری دیوارهای برشی فولادی توربورن و همکاران [۱۵] ۲۳

شکل ۲-۳ نمونه آزمایش شده با تایملر و کولاک [۱۶] ۲۴

شکل ۲-۴ مدل آزمایشگاهی چن[۱۸]..... ۲۵

شکل ۲-۵ نمونه یک طبقه a لوبل [۲۰] ۲۷

شکل ۲-۶ نمونه یک طبقه b لوبل [۲۰] ۲۷

شکل ۲-۷ نمونه لوبل SPSW4 [۲۰] ۲۸

شکل ۲-۸ نمونه آزمایش شده با درایور و همکاران [۲۱] ۲۸

شکل ۲-۹ جزییات گوشه‌ها در آزمایش اسکوماچر، گروندین و کولاک [۲۳] ۳۱

شکل ۲-۱۰ جزییات گوشه‌ها در آزمایش اسکوماچر، گروندین و کولاک [۲۳] ۳۱

شکل ۲-۱۱ مدل نواری اصلاح شده چند زاویه‌ای لوبل و همکاران [۲۵] ۳۳

شکل ۲-۱۲ سلسله مراتب طرح دیوارهای برشی فولادی آستانه اصل [۲۶] ۳۴

شکل ۲-۱۳ نمونه بهبهانی فرد و همکاران [۲۷] ۳۴

شکل ۲-۱۴ مدل آزمایشگاهی برمن، سلیک و برونیو ۳۷

شکل ۲- ۱۵ رفتار مدل برمن، سلیک و برونیو [۳۰] ۳۷

شکل ۲-۱۶ پیکره آزاد دیوار برشی فولادی برمن برونیو (۲۰۰۸)[۳۱] ۳۸

شکل ۲-۱۷ پلان و نمای دیوار برشی فولادی ساختمان اداری ۴ و ۱۵ طبقه تحلیل شده با بومیک و همکاران [۳۲] ۳۹

شکل ۲-۱۸ نمونه (S2) با صفحه داخلی با تنش تسلیم پایین ویان و برونیو [۳۴] ۴۲

شکل ۲-۱۹ نمونه (C1) آزمایش شده با برمن و برونیو [۳۶] ۴۴

شکل ۲-۲۰ هیتاکا و ماتسوی [۴۰] ۴۵

شکل ۲-۲۱ نمونه آزمایش شده با هیتاکا و ماتسوی [۴۰] ۴۶

شکل ۲-۲۲ نمونه آزمایش ویان و برونیو (۲۰۰۵) ۴۷

شکل ۲-۲۳ نمونه آزمایش ویان و برونیو (۲۰۰۵) [۴۳] ۴۷

شکل ۲-۲۴ نمونه (P) ویان و برونیو ۴۷

شکل ۲-۲۵ منحنی هیستریک نمونه (P) ویان و برونیو [۴۳] ۴۷

شکل ۲-۲۶ نمونه (CR) ویان و برونیو[۴۳] ۴۸

شکل ۲-۲۷ مدل نواری اجزا محدود پوربا و برونیو[۴۴] ۴۹

شکل ۲-۲۸ مدل آزمایشگاهی روبرتز و صبوری قمی[۴۶] ۵۱

شکل ۲-۲۹ مدل اجزا محدود دیلمی و دفتری [۴۷] ۵۲

شکل ۲-۳۰ مدل نرم افزاری پلگرینو، مایورانا و مدنا [۴۸] ۵۳

شکل ۲-۳۱ مدل نرم افزاری پلگرینو، مایورانا و مدنا [۴۸] ۵۳

شکل ۲-۳۲ نمونه‌های SPW 1 و نمونه SPW 2 ولی زاده و همکاران [۴۹] ۵۴

شکل ۲-۳۳ مدل اجزا محدود حسین زاده و تهرانی زاده[۵۰] ۵۵

شکل ۲-۳۴ مدل‌های بدون بازشو صبوری قمی و همکاران [۵۱] ۵۶

شکل ۳-۱ عملکرد صفحه در جهت عرضی در مقابل بارگذاری طولی ۵۷

شکل ۳-۲ رفتار نیرو - جابجایی خارج از صفحه ورق تحت بارگذاری محوری[۵۲] ۵۸

شکل ۳-۳ نمودار بار تغییر شکل صفحه (میان صفحه) (خط چین نشان دهنده سختی اولیه صفحه است)[۵۲] ۵۹

شکل ۳-۴ ورق مربع مستطیل تحت اثر نیروهای داخل صفحه و نیروهای برشی ۵۹

شکل ۳-۵ ورق چهار طرف مفصلی تحت بار گسترده فشاری یکنواخت N_x ۶۱

شکل ۳-۶ منحنی تغییرات k بر حسب $r=\frac{a}{b}$ (محور افقی) به ازای مقادیر مختلف m [۵۲] ۶۳

شکل۳-۷ ضرایب کمانشی برای ورق‌های گیردار در جهت طولی ۶۴

شکل ۳-۸ تغییر شکل جز صفحه تحت نیروی برشی ۶۵

شکل ۳-۹ تنش‌های اصلی در برش خالص ۶۶

شکل۳-۱۰کمانش نا متقارن ۶۷

شکل ۳-۱۱ کمانش متقارن ۶۷

شکل۳-۱۲ نمودار ضریب الاستیک کمانش برشی بر حسب نسبت جانبی(r) در دو حالت متقارن و نا متقارن[۵۲] ۶۷

شکل۳-۱۳ کمانش برشی متقارن ۶۸

شکل ۳-۱۴ کمانش برشی نامتقارن ۶۸

شکل ۳-۱۵ حوزه کشش ۶۹

شکل ۳-۱۶ وضعیت تنش در صفحه دیوار قبل از کمانش برشی ۷۰

شکل ۳-۱۷ وضعیت تنش در صفحه دیوار برشی فولادی در لحظه کمانش برشی..... ۷۰
شکل ۳-۱۸ گسترش کمانش قطری در صفحه دیوار برشی فولادی ۷۱
شکل ۳-۱۹ انتقال نیرو از صفحه به المان‌های مرزی دیوار برشی فولادی ۷۱
شکل ۵-۱ تغییر شکل و الگوی تسلیم نمونه SPSW2 لوبل و همکاران در دیریفت ۶ برابر جابجایی تسلیم[۲۴] ۸۲
شکل ۵-۲ نمودار تنش کرنش فولاد مصرفی لوبل و همکاران (۲۰۰۰) در صفحه داخلی (a) اعضای مرزی (b) ۸۲
شکل ۵-۳ رویه بارگذاری چرخه‌ای استاندارد ATC -24 (۱۹۹۲)[۶۳] ۸۳
شکل ۵-۴ نمودار بار-تغییر شکل نمونه SPSW2 لوبل و همکاران[۲۴] ۸۴
شکل ۵-۵ مدل نرم افزاری نمونه SPSW2 ..... ۸۵
شکل ۵-۶ نمودار تنش کرنش واقعی و برازش شده ان به صورت خطی برای فولاد (a) ۸۶
شکل ۵-۷ نمودار تنش کرنش واقعی و برازش شده ان به صورت خطی برای فولاد (b) ۸۶
شکل۵-۸ اثر باوشینگر در چرخه‌های بارگذاری و بارگذاری جهت مخالف[۶۵] ۸۸
شکل ۵-۹ بارگذاری مدل نرم افزاری SPSW2 ..... ۸۹
شکل ۵-۱۰ پیکربندی نقاط مقطع در انتگرال گیری عددی المان پوسته[۶۶] ۹۱
شکل ۵-۱۱ جهات مثبت نرمال المان پوسته[۶۶] ۹۱
شکل ۵-۱۲ رفتار انتقالی پوسته در پوسته‌های نازک (a) و پوسته‌های ضخیم (b)[۶۶] ۹۲
شکل۵-۱۳ تعداد نقاط انتگرال گیری در سطح المان‌های درجه ۲ و خطی ۹۲
شکل ۵- ۱۴ مدل جز بندی شده نمونه SPSW2 در نرم افزار اباکوس ۹۳
شکل ۵-۱۵ مقایسه نمودار هیستریک نمونه آزمایشگاهی و مدل نرم افزاری نمونه پایه ۹۵
شکل ۵-۱۶ توزیع تنش‌های فون میزز در مدل SPSW2 در انتهای بارگذاری ۹۵
شکل ۵-۱۷ توزیع المان‌های تسلیم در مدل SPSW2 در انتهای بارگذاری ۹۶
شکل ۶-۱ توزیع تنش‌های فون میزز در مدل (WIP) در چرخه آخر ۹۸
شکل ۶-۲ مقایسه رفتار هیستریک مدل (WIP) و (SPSW2) ۹۹

شکل ۶-۳ تغییرات سختی با دیریفت در مدل‌های (WIP) و (SPSW2) ۹۹

شکل ۶-۴ توزیع تنش‌های فون میزز در مدل با بازشو مرکزی ۴۱۲*۴۱۲ میلی متر در پایان بارگذاری ۱۰۰

شکل ۶-۵ نمودار هیستریک رفتار مدل‌های با نسبت‌های سطح بازشو ۴٪ و ۶٪ ۱۰۱

شکل ۶-۶ نمودار هیستریک رفتار مدل‌های با نسبت‌های سطح بازشو ۱۱٪ و ۲۵٪ ۱۰۱

شکل ۶-۷ نمودار هیستریک مدل با بازشو ۴۱۲*۴۱۲ و (WIP) و (SPSW2)..... ۱۰۲

شکل۶-۸ المان‌های تسلیم در مدل ۲۵ درصد بازشو و در نمونه SPSW2 ..... ۱۰۳

شکل ۶-۹ تغییرات سختی مدل‌های با ابعاد بازشو مختلف متناسب با تغییرات درصد دیریفت ۱۰۳

شکل ۶-۱۰ تغییرات مقاومت بیشینه با درصدهای مختلف بازشو ۱۰۴

شکل ۶-۱۱ تغییرات سختی حداکثر با درصد بازشو ۱۰۵

شکل ۶-۱۲ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های با درصد بازشو مرکزی ۵ و ۷..... ۱۰۵

شکل ۶-۱۳ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های با درصد بازشو مرکزی ۸ و ۱۰ ..... ۱۰۶

شکل ۶-۱۴ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های با درصد بازشو مرکزی ۱۳ و ۱۷ ..... ۱۰۶

شکل ۶-۱۵ توزیع تنش میزز مدل با درصد بازشو ۶ در شروع تسلیم صفحه داخلی (جابجایی ۳ میلی متر) ۱۰۷

شکل ۶-۱۶ توزیع تنش میزز مدل با درصد بازشو ۱۱ در شروع تسلیم صفحه داخلی (جابجایی ۳ میلی متر) ۱۰۷

شکل ۶-۱۷ توزیع تنش میزز مدل با درصد بازشو ۱۷ در شروع تسلیم صفحه داخلی (جابجایی ۳ میلی متر) ۱۰۸

شکل ۶-۱۸ توزیع تنش میزز مدل با درصد بازشو ۱۷ در شروع تسلیم صفحه داخلی (جابجایی ۳ میلی متر) ۱۰۸

شکل ۶-۱۹ تغییرات مقاومت بیشینه مدل‌های با عرض بازشو ۲۰۶ میلی متر با تغییرات نسبت ارتفاع بازشو ۱۰۹

شکل ۶-۲۰ تغییرات مقاومت بیشینه مدل‌های با عرض بازشو ۲۷۵ میلی متر با تغییرات نسبت ارتفاع بازشو ۱۰۹

شکل ۶-۲۱ تغییرات مقاومت بیشینه مدل‌های با ارتفاع بازشو ۲۰۶ میلی متر با تغییرات نسبت عرض بازشو ۱۱۰

شکل ۶-۲۲ تغییرات مقاومت بیشینه مدل‌های با ارتفاع بازشو ۲۷۵ میلی متر با تغییرات نسبت عرض بازشو ۱۱۰

شکل ۶-۲۳ رفتار هیستریک مدل‌های با عرض بازشو ۲۷۵ میلی متر و نسبت‌های ارتفاع بازشو ۰.۲ و ۰.۲۵ ..... ۱۱۲

شکل ۶-۲۴ رفتار هیستریک مدل‌های با نسبت عرض بازشو ۰.۵ و با ارتفاع بازشو ۲۰۶ و ۲۷۵ میلی متر ۱۱۲

شکل ۶-۲۵ رفتار هیستریک مدل‌های با نسبت ارتفاع بازشو ۰.۲ و عرض‌های بازشو ۲۰۶ و ۴۱۲ میلی متر ۱۱۳

شکل ۶-۲۶ تغییرات سختی بیشینه مدل‌های با عرض بازشو ۲۰۶ میلی متر با تغییرات نسبت ارتفاع بازشو ۱۱۳

شکل ۶-۲۷ تغییرات سختی بیشینه مدل‌های با عرض بازشو ۲۷۵ میلی متر با تغییرات نسبت ارتفاع بازشو ۱۱۴

شکل ۶-۲۸ تغییرات سختی بیشینه مدل‌های با ارتفاع بازشو ۲۰۶ میلی متر با تغییرات نسبت عرض بازشو ۱۱۴

شکل ۶-۲۹ تغییرات سختی بیشینه مدل‌های با ارتفاع بازشو ۲۷۵ میلی متر با تغییرات نسبت عرض بازشو ۱۱۵

شکل ۶-۳۰ توزیع تنش میزز مدل با درصد بازشو ۱۳ در شروع تسلیم صفحه داخلی (جابجایی ۳ میلی متر) ۱۱۶

شکل ۶-۳۱ میزز ۴۱۲ در ۲۰۶ در جابجایی ۳ میلی متر شروع تسلیم در صفحه داخلی ۱۱۷

شکل ۶-۳۲ موقعیت‌های مختلف بازشو با ابعاد ۲۷۵*۲۷۵ میلی متر در پانل داخلی ۱۱۷

شکل ۶-۳۳ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های (MIDDLE-TOP) و (TOP-LEFT) ۱۱۸

شکل ۶-۳۴ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های (CENTER-LEFT) و (DOWN-LEFT) ۱۱۸

شکل ۶-۳۵ نمودار رفتار هیستریک مدل‌های (DOWN-RIGHT) و (MIDDLE-DOWN) ۱۱۹

شکل ۶-۳۶ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (MIDDLE-TOP) در آخرین چرخه رفت بارگذاری ۱۲۰

شکل ۶-۳۷ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (MIDDLE-TOP) در آخرین چرخه برگشت ۱۲۰

شکل ۶-۳۸ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (CENTER-LEFT) در آخرین چرخه بارگذاری ... ۱۲۱

شکل ۶-۳۹ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (CENTER-LEFT) در آخرین چرخه بارگذاری ... ۱۲۱

شکل ۶-۴۰ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (DOWN-LEFT) در آخرین چرخه رفت بارگذاری ۱۲۲

شکل ۶-۴۱ تنش‌های فون میزز و المان‌های تسلیم در مدل (DOWN-LEFT) در آخرین چرخه بارگذاری..... ۱۲۲

شکل ۶-۴۲ نمودار تغییرات مقاومت بیشینه مدل‌ها با تغییر موقعیت بازشو ۲۷۵*۲۷۵..... ۱۲۳

شکل ۶-۴۳ نمودار تغییرات سختی بیشینه مدل‌ها با تغییر موقعیت بازشو ۲۷۵*۲۷۵..... ۱۲۳

فهرست علایم اختصاری

H: ارتفاع قاب طبقه ۲۳

L: عرض دهانه قاب ۲۳

t: ضخامت پانل ۲۳

Ab و AC : مساحت مقطع عرضی تیر و ستون طبقه ۲۴

D : قطر سوراخ‌ها ۵۰

S : نزدیک‌ترین فاصله بین سوراخ در جهت قطری ۵۰

ω : جابجایی در جهت عمود بر ورق در راستای محور z ۶۰

N_x : نیروی فشاری در واحد عرض ورق در جهت محور x ۶۰

N_y : نیروی فشاری در واحد عرض ورق در جهت محور y ۶۰

N_{xy} : نیروی برشی در عرض ورق در جهت‌های x و y ۶۰

D : صلبیت خمشی ورق و برابر است با: ۶۰

E : مدول الاستیسته ۶۰

t : ضخامت ۶۰

v :ضریب پواسون ورق ۶۰

b ضلع کوچک‌تر صفحه ۶۸

σ_{ty} : تنش تسلیم کششی ورق ۶۹

b:عرض ورق ۶۹

t : ضخامت ورق ۶۹

α : زاویه تمایل حوزه کشش نسبت به محور قایم..... ۷۰

τ_{cr} : تنش برشی بحرانی ۷۰

چکیده:

بررسی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای

میر پارسا عالمی

تقریباً از زمان معرفی دیوارهای برشی بتنی به عنوان سیستم مهار جانبی در مقابل زلزله از حدود دهه هشتم قرن بیستم میلادی، دیوارهای برشی فولادی نیز به همین منظور مطرح شدند اما نبود شناخت کافی از رفتار پانل‌های برشی فولادی و همچنین نبود فناوری اجرایی کافی باعث شد از این سیستم سازه‌ای کمتر استفاده شود. اما امروز با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در روش‌های عددی و نرم افزارهای مربوط به آن و آزمایشات صورت گرفته بر روی دیوارهای برشی فولادی در دهه‌های اخیر، می‌توان بررسی‌های بیشتری را برای هر چه کاربردی تر کردن این عضو سازه‌ای صورت داد زیرا تمامی این تحقیقات بر سختی و مقاومت پس از کمانش و رفتار مناسب این عضو سازه‌ای صحه گذاشته‌اند. در تحقیق حاضر تحلیل دینامیکی ضمنی رفتار دیوارهای برشی فولادی دارای باز شو تحت بارگذاری چرخه‌ای به روش اجزا محدود با ملاحظات رفتار غیر خطی مصالح و هندسی و همچنین اثرات سخت‌شوندگی فولاد و باوشینگر صورت گرفته است. مدل‌های با درصد بازشو از ۴ تا ۲۵ و همچنین مدل‌هایی با موقعیت‌های مختلف بازشو مورد تحلیل قرار گرفتند. از نتایج تحلیل‌ها مشاهده شد که اگر چه تقریباً در تمامی حالات وجود باز شو با سطح قابل توجه از سختی دیوارهای برشی فولادی و همچنین با تمرکز تنش در گوشه‌های باز شو از مقاومت نهایی پانل‌های برشی می‌کاهد اما مقدار این کاهش در منحنی‌های هیستریک کاملاً متأثر از نسبت ضلع بازشو به بعد پانل در هر امتداد و موقعیت بازشو است. همچنین می‌توان کاهش مقاومت دیوارهای برشی فولادی دارای بازشو را با استفاده از یک رابطه خطی با سطح بازشو و کاهش سختی بیشینه دیوارهای برشی فولادی را با استفاده از یک رابطه درجه ۲ یا ۳ با سطح بازشو پیش بینی کرد. در انتها نیز چنین استنباط شد که موقعیت مرکزی بازشو دارای بیشترین اثر کاهنده بر سختی و مقاومت دیوارهای برشی فولادی است.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی، رفتار هیستریک، بازشو، رفتار غیر خطی

ABSTRACT

Inevsigation on behavior of steel plate shear wall with opening under cyclic loading

Mir Parsa Alemi

Nearly since introduction of concrete shear walls as lateral bracing system against earthquake in 8th decade of 20th century steel plate shear walls were known as a lateral bracing system, too. But lack of sufficient recognition of behavior of steel plate shear walls and fabrication technology led to less use of this system, but it is convenient to investigate on practical use of this structural member by developing numerical methods, associated software and several experimental results on steel plate shear walls in recent decades. Therefore all of these researches have emphasized on stiffness and post buckling resistant and adequate performance of this system. In the current research, behavior of steel plate shear wall with opening under cyclic loading with considering material and geometrical nonlinearity, steel stiffening and Bauschinger effects has been analyzed with dynamic implicit finite element method. In this study, models with different opening percentage from 4 to 25 and with different position of opening have been analyzed. According to the results although almost in all cases existence of considerable opening can reduce the steel plate shear wall strength and stiffness with stress concentration at the corner of opening, value of these reduction in hysteresis curve is affected by aspect ratio of opening to panel dimension in both direction and position of opening. Reducing of steel plate shear wall resistance with opening can be predicted by use of linear relation with opening area percentage, and also reducing of steel plate shear wall stiffness with opening can be estimated by use of second-degree polynomial in relation to opening area percentage. At the end it has been understood that the opening central position has the most reduction effect in stiffness and strength of steel plate shear walls.

Keywords: steel plate shear wall, hysteresis behavior, opening, nonlinear behavior.

۱ مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

همواره طرح سازه‌ها به منظور تحمل و انتقال مناسب نیروهای وارده به آن در طول عمر مفیدشان، با کمترین هزینه و بیشترین کار آیی ممکن مد نظر مهندسین سازه بوده است. بی شک چنین طرحی علاوه بر نیاز به علم بر هدف از ساخت و کارایی سازه به شناخت کافی از بارهای وارده در طول عمر مفید سازه، شامل بارهای دایمی (مرده و زنده) یا مقطعی (زلزله و باد و برف) نوع نظام سازه جهت تحمل و انتقال بارهای وارده به بستر مناسب و رفتار مصالح شناخته شده جهت استفاده در ساخت اعضای سازه‌ای بستگی دارد.گرایش سازه نیز در یک حوزه‌ی وسیع به دانش پایه‌ای تحلیل و طرح انواع عنصرهای سازه‌ای با روش‌های گوناگون و تحت انواع بارگذاری‌ها می‌پردازد.

بارهای دایمی وارد به سازه (مرده و زنده) با توجه به نوع کاربری ساختمان و بارهای مقطعی (زلزله، باد و برف) با توجه به موقعیت جغرافیایی ساخت و با یک تحلیل آماری در بازه‌ی زمانی تعریف شده با دقت خوبی قابل پیش بینی‌اند. در ارتباط با مصالح سازه ای نیز با انجام آزمایشات مختلف بر روی مواد مورد استفاده که غالباً فولاد و بتن هستند شناخت کافی از ویژگی‌های مقاومتی آن‌ها و به طور کلی رفتار آن‌ها را می‌توان بدست آورد. اما آنچه که زمینه بیشتری برای نمایش خلاقیت‌ها و ابتکارات مهندسین سازه را دارا است چیدمان هدفمند و بهینه اعضای سازه‌ای کارا، با شناخت کافی از رفتار عضو مورد استفاده است که منجر به یک نظام سازه‌ای با رفتاری مناسب از نظر شکل پذیری و مقاومت توأم در مقابل بارهای وارده می‌شود. با توجه به ماهیت بارهای مرده و زنده که عمدتاً بارهایی ساکن و با شدت قابل پیش بینی و ثقلی‌اند، حتی با استفاده از یک سیستم قاب بندی ساده (اتصال اعضا در انتها به صورت مفصلی) نیز می‌توان این بارها را منتقل کرد. به همین دلیل بحث عمده در سیستم‌های سازه‌ای ایجاد نظام مناسب از اعضا برای انتقال بارهای دینامیکی وارد (که ماهیتی تغییر پذیر چه از نظر جهت و چه از نظر مقدار دارد و در راستای جانبی و قایم بر جرم‌های سازه‌ای اثر می‌کند) است.

از منظری می‌توان حوزه‌ی بحث را در دو دید کلی نگری و جز نگری که اولی به شیوه‌ی کنار هم قرار گیری اعضا و به اصطلاح نظام سازه‌ای و دومی به مفهوم رفتار و عملکرد عضو مورد نظر منتخب تحت انواع نیروها است، محدود کرد. پر واضح است پرداختن به هر دو دید همچنان که لازم است نیاز به صرف زمان و ارایه حجم زیادی مطلب دارد.