بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شمال
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه:

بررسی تاثیر سخت کننده ها بر رفتار دیوار های برشی فولادی

استاد راهنما:

دکتر سیروس غلامپور

استاد مشاور:

دکتر سید محمد سید پور

مولف :

یاسر یدالهی

تابستان ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر

و

خانواده عزیزم

تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز خدای متعال را جهت فراهم نمودن این موقعیت علمی و به اتمام رساندن این پایان نامه سپاسگزارم و بر خود لازم می دانم تا از همکاری و راهنمائی های ارزنده ی استاد ارجمند جناب آقای دکتر سیروس غلامپور و همچنین از دوست و مشاور دلسوز جناب آقای دکتر سید محمد سید پور که با مشاوره های هوشمندانه ی خویش باعث به ثمر رسیدن این مجموعه گردیدند کمال تشکر و قدردانی را بنمایم و آرزوی توفیق روزافزون این عزیزان را در تمامی عرصه های علم و زندگی از خداوند متعال مسئلت دارم.

همچنین از همکاری صمیمانه و دلسوزانه ی کلیه عزیزانی که در دانشگاه شمال آمل بنده را در این دوره ی تحصیلی مورد لطف خود قرار داده اند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

دیوارهای برشی فولادی یکی از مناسب ترین سیستمهای رایج جهت مقاومت و پایداری سازه در برابر بارهای جانبی می باشد. که در مقاوم سازی و بهسازی سازه ها در مناطق لرزه خیز بکار گرفته می شود. این سیستم ها در دو نوع سخت شده و سخت نشده در سازه ها بکار می روند. از جمله مزیت هایی که سبب رونق گرفتن این سیستم نسبت به سیستم های مشابه شده است می توان به شکل پذیری بالا، ظرفیت جذب و استهلاک انرژی فراوان، سختی اولیه ی بالا، سبک بودن نسبت به مشابه بتنی خود، صرفه جویی در مصالح مصرفی، کاهش زمان و هزینه ی ساخت اشاره نمود.از آنجایی که هدف از کاربرد این سیستم افزایش ظرفیت اتلاف انرژی و کنترل واژگونی سازه ها می باشد لذا تنها روشهای معمول جهت بهبود عملکرد این سیستم، افزایش ضخامت دیوار و استفاده از سخت کننده ها می باشد. با توجه به اینکه افزایش ضخامت دیوار مقرون به صرفه نیست لذا از سخت کننده ها جهت دستیابی به این اهداف استفاده می گردد.

در این پایان نامه تاثیر سخت کننده ها بر رفتار دیوارهای برشی فولادی و پارامترهای موثر بر آن شامل تاثیر نوع آرایش سخت کننده ها بر ظرفیت باربری و شکل پذیری، تاثیر انواع مقاطع سخت کننده، اثر ضخامت دیوار و سخت کننده ها ، عرض سخت کننده و سختی تیر و ستونها بر رفتار دیوار برشی فولادی سخت شده بررسی شده است. مدلهای مربوط به دیوارهای سخت شده با استفاده از المان Shell143 در نرم افزار اجزای محدود ANSYS10.0 شبیه سازی شده اند. در این تحقیق جهت بررسی صحت مدلسازی با استفاده از المان Shell143، از نتایج آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکارانش که در دانشگاه آلبرتای کانادا در سال ۲۰۰۳ بر روی یک دیوار سه طبقه ی فولادی انجام داده اند، استفاده شده است. با انجام مطالعات اولیه ی نمونه های دیوارهای سخت شده با استفاده از نرم افزار ANSYS10.0 و دست یافتن به یک سری نتایج مفید و پارامترهای موثر بر رفتار دیوارهای برشی فولادی سخت شده، با استفاده از روش بهینه سازی تخمین تصادفی بر مبنای آشفته سازی همزمان[1]، مقادیر بهینه ی پارامترهایی موثر بر رفتار دیوار برشی فولادی سخت شده ی بدست آمده است و مشاهد شد که در دیوار برشی سخت شده ی موردنظر اگر نسبت عرض به ضخامت و نسبت سختی سخت کننده به دیوار به ترتیب برابر با ۴/۱۱ و ۸۳/۸۲ انتخاب گردد، دیوار سخت شده دارای ظرفیت اتلاف انرژی و باربری بالایی خواهد شد.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی، سخت کننده های قائم و افقی، ظرفیت باربری، بهینه سازی، اتلاف انرژی، شکل پذیری

1- Simultneous Perturbation Stochastic Approximation (SPSA)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات و ساختار پایان نامه ۱

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲ - هدف از انجام تحقیق ۴
۱-۳) ساختار پایان نامه ۵

فصل دوم: مروری برتکنولوژی نوین دیوارهای برشی فولادی و تحقیقات انجام شده در این زمینه ۶

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- تاریخچه ی دیوار برشی فولادی ۸
۲-۳- معرفی سیستم دیوار برشی فولادی ۱۱
۲-۴- روشهای تحلیل دیوارهای برشی فولادی ۱۵
۲-۵- سختی و مقاومت سیستم های دیوار برشی فولادی ۱۶
۲-۵-۱-دیاگرام بار- تغییرمکان برشی ورق فولادی ۱۶
۲-۵-۱-۱-قبل از کمانش ۱۷
۲-۵-۱-۲ : پس از کمانش ۱۸
۲-۵-۲- دیاگرام بار –تغییر مکان برشی قاب ۲۱
۲-۶- مزایا و معایب دیوارهای برشی فولادی ۲۳
۲-۷- انواع دیوار های برشی فولادی ۲۵
۲-۷-۱- پانلهای برشی فشرده ۲۷
۲-۷-۱-۱ – معیار طراحی پانل برشی فشرده ۲۸
۲-۷-۱-۲- مدلسازی نظری پانلهای برشی فشرده ۲۹
۲-۷-۱-۳- تحقیقات آزمایشگاهی در زمینه ی پانلهای برشی فولادی فشرده ۳۰
۲-۷-۲- پانلهای برشی لاغر ۴۰
۲-۷-۲-۱- معیار طراحی ۴۱

۲-۷-۲-۲- مدلسازی نظری پانلهای برشی لاغر ۴۴
۲-۷-۲-۳- تحقیقات آزمایشگاهی ۴۷
۲-۸-کاربردهای دیوار برشی فولادی در سازه ها ۵۹
۲-۸-۱- مقدمه ۵۹
۲-۸-۲- دیوار برشی فولادی در ژاپن ۵۹
۲-۸-۳- کاربرد دیوار برشی فولادی در آمریکا ۶۰
۲-۹- انواع فرم های سازه ای دیوار برشی فولادی ۶۳
۲-۹-۱- دیوار برشی فولادی ۶۴
۲-۹-۲- دیوار برشی - قاب ۶۵
۲-۹-۳- دیوار برشی با بازو ۶۵
۲-۹-۴-دیوارهای برشی محیطی (پوسته محیطی) ۶۶
۲-۹-۵- دیوار برشی بهم پیوسته ۶۶
۲-۹-۶-قاب های محیطی پرشده با ورق فولادی ۶۷
۲-۹-۷- دیوار برشی بزرگ مقیاس ۶۷
۲-۱۰- جزئیات اتصالات دیوارهای برشی فولادی ۶۸
۲-۱۱- جمع بندی ۷۱

فصل سوم: مدلسازی و آنالیز نمونه ها ۷۲

۳-۱-مقدمه ۷۳
۳-۲- معرفی نرم افزار ANSYS ۷۳
۳-۳- تحلیل غیر خطی در نرم افزار ANSYS ۷۴
۳-۳-۱- تعریف رفتار غیر خطی در سازه ها ۷۴
۳-۳-۲- منشاء رفتار غیرخطی ۷۴
۳-۳-۳- نحوه ی تحلیل غیر خطی در نرم افزار ANSYS ۷۵
۳-۴- مدلسازی و فرضیات بکار رفته در این تحقیق ۷۶
۳-۴-۱- مقدمه ۷۷
۳-۴-۲- نوع المان انتخابی ۷۷
۳-۴-۳- نوع مدل غیرخطی مصالح ۷۸
۳-۴-۴- روش حل معادلات غیرخطی ۷۹
۳-۵- صحت یابی مدل اجزای محدود ارائه شده ۷۹
۳-۶- معرفی مشخصات هندسی مدلهای مورد بررسی در این تحقیق ۸۵

۳-۶-۱- مقدمه ۸۵
۳-۶-۲- مصالح بکاربرده شده در مدلسازی نمونه ها ۸۵
۳-۶-۳- مدلسازی و شرایط مرزی مدلها ۸۶
۳-۶-۴- روش تحلیل مدلها ۸۸

فصل چهارم: بررسی و ارزیابی نتایج بدست آمده از مدلها ۸۹

۴-۱- مقدمه ۹۰
۴-۲- بررسی پارامترهای موثر با استفاده از تحلیل مدلها ۹۰
۴-۲-۱- مقایسه ی نحوه ی آرایش سخت کننده ها در یک دیوار فولادی ۹۰
۴-۲-۲- مقایسه ی رفتار دیوارهای سخت شده با سخت کننده های متقارن و متعامد ۹۴
۴-۲-۲-۱- دیوارهای سخت شده با وزن یکسان ۹۴
۴-۲-۲-۲- دیوارهای سخت شده با سخت کننده های مشابه ۹۶
۴-۲-۳- اثر ضخامت دیوار ۹۷
۴-۲-۴- تاثیر عرض و ضخامت سخت کننده ۹۸
۴-۲-۵- تاثیر سختی تیر در دیوار سخت شده ۱۰۱
۴-۲-۶- تاثیر سختی ستون در دیوار سخت شده ۱۰۲
۴-۲-۷- تاثیر تعداد سخت کننده های قائم در دیوار ۱۰۳
۴ -۲-۸- تاثیر تعداد سخت کننده های افقی در دیوار ۱۰۵
۴-۲-۹- تاثیر انواع مقاطع سخت کننده (تسمه، نبشی و سپری) ۱۰۹
۴-۲-۹-۱- سخت کننده ی قائم ۱۰۹
۴-۲-۹-۲- سخت کننده ی افقی ۱۱۲
۴-۲-۱۰- چگونگی قرار گیری سخت کننده ها در یک دیوار ۱۱۶
۴-۲-۱۰- ۱- سخت کننده های افقی و قائم ۱۱۶
۴-۲-۱۰-۲- سخت کننده های مورب ۱۱۹
۴-۲-۱۱- تعیین محل قرارگیری مناسب اولین سخت کننده ی
قائم یا افقی در دهانه و ارتفاع دیوار ۱۲۳
۴-۲-۱۱-۱- تعیین محل قرارگیری اولین سخت کننده ی قائم ۱۲۳
۴-۲-۱۱-۲- تعیین محل قرارگیری اولین سخت کننده ی افقی در ارتفاع دیوار ۱۲۴
۴-۲-۱۲- مقایسه ی نسبت منظر[1] سخت کننده ها در یک دیوار سخت شده ۱۲۶

[1]- Aspect Ratio

۴-۳- تعیین پارامترهای موثر با استفاده از یک روش بهینه سازی ۱۲۹
۴-۳-۱- مقدمه ۱۲۹
۴-۳-۲- کلیات بهینه سازی ۱۲۹
۴-۳-۳- روشهای بهینه سازی ۱۳۱
۴-۳-۴- روش تخمین تصادفی آشفتگی همزمان (SPSA) ۱۳۳
۴-۳-۵- مراحل اجرایی الگوریتم SPSA ۱۳۶
۴-۳-۶- فرضیات بهینه سازی دیوار برشی فولادی سخت شده ۱۳۷
۴-۳-۷- مقایسه ی نتایج بهینه سازی به روش SPSA با مدل
حاصل از طراحی به روش PFI ۱۴۰

فصل پنجم - نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۴۴

۵-۱- نتیجه گیری ۱۴۵
۵-۲- پیشنهاداتی جهت تحقیقات آینده ۱۴۷

مراجع ۱۴۸

فهرست علائم

A_c سطح مقطع ستون

A_b سطح مقطع تیر

b دهانه ی دیوار برشی فولادی

b_s عرض سخت کننده

d ارتفاع دیوار یا پانل برشی

D نسبت سختی صفحه فولادی

D_x نسبت سختی سخت کننده های جهت X

D_y نسبت سختی سخت کننده های جهت Y

E مدول الاستیسیته

F_{wcr} نیروی برشی بحرانی ورق فولادی

F_{wu} بار برشی نهایی ورق

F_w بار برشی ورق فولادی

F_{fu} بار برشی نهایی قاب

F_{wy} تنش تسلیم ورق فولادی

G مدول برشی

I_{sx} ممان اینرسی سخت کننده ها در جهت X

I_{sy} ممان اینرسی سخت کننده ها در جهت Y

I_f ممان اینرسی ستونها

K ضریب کمانش موضعی

k_g ضریب کمانش کلی

k_τ ضریب کمانش برشی

k_w سختی برشی ورق

k_f سختی برشی قاب

M_{fp} ممان پلاستیک ستونها

P بار قائم

S_x فاصله ی سخت کننده های قائم

S_y فاصله ی سخت کننده های افقی

t_w ضخامت دیوار فولادی

t_s ضخامت سخت کننده

U_w تغییرمکان برشی ورق

U_{wpd} تغییر مکان برشی ورق ناشی از تنشهای میدان کششی در ورق فولادی (پس کمانش)

U_{we} تغییرمکان برشی حد الاستیک ورق فولادی

U_{fe} تغییرمکان برشی حد الاستیک قاب

U_{wcr} تغییرمکان برشی بحرانی ورق فولادی

τ_u تنش برشی نهایی

τ_y تنش تسلیم برشی

τ_{cr} تنش برشی بحرانی ورق فولادی

τ_{crg} تنش برشی بحرانی در حالت کمانش کلی

τ_{crl} تنش برشی بحرانی در حالت کمانش موضعی

τ_{wy} تنش حد جاری شدن ورق فولادی در برش

τ_{sy} تنش حد جاری شدن سخت کننده ها در برش

τ تنش برشی خالص

σ تنش فشاری

σ_t تنش حد جاری شدن میدان کششی موجود در ورق

σ_0 تنش حد جاری شدن ورق فولادی تحت بارگذاری تک محوری

σ_{ty} تنش حد جاری شدن میدان کششی در ورق فولادی

σ_{xx} تنش حد جاری شدن در صفحه ی xx

σ_{xy} تنش حد جاری شدن در صفحه ی xy

ν ضریب پواسون

γ_{cr} کرنش برشی بحرانی

θ زاویه تمایل راستای تنشهای حد جاری شدن در ورق

α زاویه تمایل میدان کششی در ورق

μ فاکتور پلاستیسیته

β نسبت سختی سخت کننده ها به دیوار فولادی

فهرست جداول

جدول (۲-۱) :مشخصات مصالح نمونه ی آزمایشی ناکاهاشی (۱۹۹۵) ۳۶

جدول(۲-۲): جزییات نمونه های دیوار برشی فولادی کاسز و همکاران(۱۹۹۳) ۴۹

جدول(۳-۱): مشخصات مصالح بکار رفته در مدل آزمایشگاهی ۸۰

جدول(۳-۲): مشخصات تیر و ستونهای مدل آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکاران(۲۰۰۳) ۸۱

جدول(۳-۳): مشخصات شرایط مرزی نمونه ها با توجه به شکل (۷-۳) ۸۷

جدول(۴-۱): مشخصات مدلهای سخت شده با سخت کننده های

متقارن و متعامد و وزن یکسان ۹۴

جدول(۴-۲): مشخصات مدلهای سخت شده با سخت کننده های

متقارن و متعامد و وزن متفاوت ۹۶

جدول(۴-۳): نتایج اثر سختی تیر در دیوار سخت شده ی 1h1v ۱۰۱

جدول(۴-۴): نتایج اثر سختی ستون در دیوار سخت شده ی 1h1v ۱۰۲

جدول (۴-۵): مشخصات سخت کننده های مدلهای با سخت کننده ی

قائم و وزن یکسان ۱۰۴

جدول (۴-۶) : مشخصات سخت کننده ها در دیوارهای با

سخت کننده های افقی و وزن یکسان ۱۰۸

جدول(۴-۷): تنشهای موجود در دیوار سخت شده با مقاطع مختلف سخت کننده قائم ۱۱۰

جدول(۴-۸): نتایج تنشها در دیوار با مقاطع مختلف سخت کننده ی

قائم و سطح یکسان ۱۱۲

جدول(۴-۹) : نتایج تنشهای بوجود آمده در نمونه های با مقاطع
مختلف سخت کننده های افقی ۱۱۳
جدول(۴-۱۰): نتایج تنشها در دیوار با مقاطع مختلف
سخت کننده ی افقی و سطح یکسان ۱۱۵
جدول(۴-۱۱): مقادیر پارامترهای موثر بر رفتار دیوار برشی فولادی
سخت شده ی 2H2V، حاصل از بهینه سازی و طراحی به روش PFI ۱۴۱

فهرست شکلها

شکل(۱-۱) :انواع سیستمهای کنترل منفعل: (الف) عایق ارتعاش،

(ب)اتلاف کننده ی انرژی، (ج) اثر جرم ۲

شکل (۲-۱):رفتار هیسترزیس دیوارهای برشی فولادی سخت شده و سخت نشده ۸

شکل (۲-۲) تنشهای برشی در پانل قبل از کمانش جان(ورق) ۹

شکل (۲-۳): تنشهای اصلی در پانل قبل از کمانش جان(ورق) ۹

شکل (۲-۴): تنشهای قطری در پانل بعد از کمانش جان (ورق) ۹

شکل (۲-۵): پانل چروکیده شده پس از کمانش جان ورق فولادی ۱۰

شکل (۲-۶): مدل نواری دیوار برشی فولادی با ورق نازک ۱۰

شکل (۲-۷): انواع کاربرد های سازه ای دیوارهای برشی فولادی به ترتیب

از چپ به راست, دیوار واحد، دیوار کوپله، دیوار با بازو و دیوار مگا خرپا ۱۱

شکل (۲-۸) : تشابه دیوار برشی فولادی و تیر ورق طره ای ۱۲

شکل (۲-۹): یک نمونه از دیوار برشی فولادی با سخت کننده ۱۲

شکل (۲-۱۰): مشخصات ورق فولادی تقویت شده ۱۵

شکل (۲-۱۱) دیاگرام بار – تغییرمکان برشی ورق فولادی ۱۷

شکل (۲-۱۲): وضعیت تنش ها در ورق فولادی قبل و بعد از کمانش ورق ۱۹

شکل(۲-۱۳) : دیاگرام با ر – تغییرمکان برشی قاب فولادی ۲۲

شکل(۲-۱۴): قاب بدون ورق فولادی ۲۲

شکل (۲-۱۵): دیاگرام بار – تغییرمکان برشی پانل ۲۳

شکل (۲-۱۶) : مکانیزمهای اتلاف انرژی برشی :الف) میدان کششی، ب) برش خالص ۲۵

شکل(۲-۱۷): سه مرحله از انواع رفتارهای دیوار های برشی فولادی ۲۷

شکل(۲-۱۸) : کمانش برشی پانل سخت شده: الف) محلی ، ب) کلی ۲۸

شکل (۲-۱۹): معادل سازی بین پانل برشی فشرده و مدل بادبندی X ۲۹

شکل (۲-۲۰) : مدل شماتیک سیستم های ترکیبی قاب – دیوار برشی ۳۰

شکل (۲-۲۱) الف) مقایسه ی منحنی تنش-کرنش بین فولاد با نقطه

تسلیم پایین و فولاد معمولی، ب)رفتار هیسترزیس فولاد با نقطه ی تسلیم پایین ۳۱

شکل(۲-۲۲) : مدل آزمایشگاهی ناکاشیما و همکاران(۱۹۹۴): الف) مدل آزمایشگاهی

با پانلهای برشی از فولاد با نقطه تسلیم پائین، ب) مشخصات سایر مدلهای آزمایشگاهی ۳۲

شکل (۲-۲۳) : : آزمایشات ناکاشیما و همکاران (۱۹۹۴) : الف) ابزارهای

آزمایش، ب) تاریخچه ی بارگذاری ۳۳

شکل (۲-۲۴): آزمایشات ناکاشیما و همکاران (۱۹۹۴) :نتایج پانلهای برشی آزمایش شده ۳۴

شکل (۲-۲۵) :آزمایش ناکاشیما (۱۹۹۵): الف) ابعاد هندسی مدل آزمایشی،

ب) منحنی تنش– کرنش LYP در آزمایش ۳۵

شکل (۲-۲۶): الف) دستگاه بارگذاری، ب) تاریخچه ی بارگذاری در مدل آزمایشگاهی ناکاشیما ۳۶

شکل (۲-۲۷) :نتایج آزمایش تحت بار یکنواخت در مدل ناکاشیما (۱۹۹۵) ۳۷

شکل (۲-۲۸) :نتایج آزمایش تحت بار سیکلی در مدل ناکاشیما(۱۹۹۵) ۳۷

شکل (۲-۲۹) : الف) مشخصات دیوار، ب) پانل با گوشه های بریده شده

در نمونه آزمایشگاهی وین و برونئو (۲۰۰۴) ۳۸

شکل (۲-۳۰) :الف) تاریخچه ی بارگذاری از نوع اعمال جابجائی، ب) پانل

سوراخ دار قبل از انجام آزمایش در تحقیقات وین و برو نئو(۲۰۰۴) ۳۸

شکل (۲-۳۱) : الف) سیکلهای هیسترزیس وب) ترکیب نهایی مدل

آزمایشی نوع P در آزمایشات وین و برونئو (۲۰۰۰) ۳۹

شکل(۲-۳۲) : الف)سیکلهای هیسترزیس نمونه ی نوع CR ب) مدل
آزمایشگاهی تسلیم شده، وین و برونئو (۲۰۰۴) ۳۹
شکل (۲-۳۳) : الف) منحنی هیسترزیس نمونه ی S، ب) شبیه سازی
عددی در مدل آزمایشگاهی وین و برونئو (۲۰۰۰) ۴۰
شکل (۲-۳۴): الف)حالات تنش در جان تیر سخت شده ی تحت برش ب)واکنش تنشهای اولیه ۴۲
شکل (۲-۳۵) : الف)تنشهای اصلی در پانل برشی ب) توسعه ی تنش کششی بعد از کمانش ۴۳
شکل(۲-۳۶) :توسعه ی مکانیزم میدان کششی (باسلر,۱۹۶۱) ۴۴
شکل (۲-۳۷) :مدلسازی پانل برشی : الف) روش قطر معادل ب)مدل نواری ۴۶
شکل (۲-۳۸): مدل آزمایش شده ی تیملر و کولاک (۱۹۸۳) ۴۸
شکل (۲-۳۹) : مدلهای آزمایشی کاسز, الغالی و چن (۱۹۹۳) ۴۹
شکل (۲-۴۰) : آزمایشات کاسز و همکاران(۱۹۹۳) : تغییر شکل نمونه ها در
انتهای بارگذاری نمونه ها به ترتیب از چپ به راست, M22، M14 و M12 ۵۰
شکل(۲-۴۱) : مدل آزمایشی درایور، کولاک، کندی و الوی (۱۹۹۷) ۵۲
شکل (۲-۴۲) : مدل آزمایش شده ی رضائی (۱۹۹۹) ۵۳
شکل(۲-۴۳) : مدل آزمایشگاهی لوبل , پریون, ونتورا و رضائی (۲۰۰۰) :الف) نمونه ی
تغییرشکل یافته در روند آزمایش ب) واکنش هیسترزیس مدل آزمایشگاهی ۵۴
شکل (۲-۴۴) : الف) مشخصات مدل آزمایشگاهی ب) جزئیات بارگذاری، آستانه ی اصل و ژائو ۵۶
شکل (۲-۴۵) : الف)تغییر شکل نهایی پانل آزمایشی ب) منحنی هیسترزیس،
آستانه ی اصل و ژائو(۲۰۰۲) ۵۷
شکل (۲-۴۶): سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده توسط برمن و برونئو (۲۰۰۳) ۵۷
شکل (۲-۴۷) : نمونه های آزمایشگاهی برمن و برونئو (۲۰۰۳) تحت آزمایش ۵۸

شکل (۲-۴۸) : الف) لوپهای هیسترزیس ب)ترک خوردگی نمونه ی F2
در آزمایشات برمن و برونئو (۲۰۰۳) ۵۸
شکل (۲-۴۹):دیوارهای تقویت شده با سخت کننده های افقی و قائم در ساختمان نیپون استیل ۵۹
شکل (۲-۵۰) جزئیات دیوار برشی مورد استفاده در ساختمان بیمارستان سیلمار ۶۰
شکل(۲-۵۱): ساختمان هایت ریجنسی در حال ساخت و دیوار های سخت شده ی آن ۶۱
شکل (۲-۵۲) : بیمارستان آلیو ویوی آمریکا در حال ساخت ۶۳
شکل (۲-۵۳): الف) ساختمان دادگاه فدرال امریکا واقع در سیاتل، ب) سازه ی در حال ساخت ۶۳
شکل (۲-۵۴): سیستم دیوار برشی فولادی ۶۴
شکل (۲-۵۵): سیستم دیوار برشی با بازو ۶۵
شکل (۲-۵۶): دیوار برشی محیطی ۶۶
شکل (۲-۵۷) :دیوار برشی بهم پیوسته ۶۷
شکل(۲-۵۸): الف) قاب محیطی پر شده با ورق فولادی، ب) دیوار برشی بزرگ مقیاس ۶۸
شکل (۲-۵۹): جزییات اجرائی دیوار برشی فولادی ۶۹
شکل(۲-۶۰): جزئیات اجرائی دیوار برشی استفاده شده در ساختمان ۳۰ طبقه ی دالاس و سیلمار ۷۰
شکل (۲-۶۱) : جزئیات دیوار و محل اتصال آن در ساختمان ING واقع در مونترال کانادا ۷۰
شکل(۳-۱): منحنی غیر خطی نیرو تغییر مکان روش نیوتن رافسون ۷۶
شکل (۳-۲): هندسه ی المان Shell143 ۷۷
شکل (۳-۳): تحول سطوح تسلیم در قوانین سخت شوندگی ۷۹
شکل(۳-۴-الف): نمای روبروی سیستم آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکاران(۲۰۰۳) ۸۱
شکل (۳-۴-ب) : نمای جانبی مدل آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکاران(۲۰۰۳) ۸۲
شکل(۳-۵) :مدل آزمایشگاهی بهبهانی فرد و همکارانش در سال(۲۰۰۳) ۸۳

شکل (۳-۶): نمودار بار – تغییر مکان مدل نرم افزاری و مدل آزمایشگاهی سه طبقه ۸۳
شکل (۳-۷): مدل اجزای محدود دیوار برشی سه طبقه در محیط نرم افزار ANSYS10 ۸۴
شکل (۳-۸): شکل کمانش یافته دیوار برشی سه طبقه در محیط نرم افزار ANSYS10 ۸۵
شکل(۳-۹):منحنی تنش-کرنش نمونه های نرم افزاری ۸۶
شکل(۳-۱۰) : مشخصات هندسی دیوار یک طبقه با دو سخت کننده ی عمود بر هم ۸۷
شکل (۴-۱): حالات مختلف دیوار سخت شده و سخت نشده ۹۱
شکل(۴-۲): مقایسه ی ظرفیت بار بری انواع مدلها ۹۲
شکل (۴-۳): مقایسه ی انواع مدلها از لحاظ نسبت ظرفیت باربری به وزن کل دیوار ۹۲
شکل (۴-۴): درصد افزایش ظرفیت باربری مدلها نسبت به مدل سخت نشده ۹۳
شکل(۴-۵): نمودار بار تغییرمکان ده مدل مختلف با آرایش متفاوت سخت کننده ها ۹۳
ادامه ی شکل (۴-۵): نمودارهای بار تغییرمکان ده مدل مختلف با آرایش
متفاوت سخت کننده ها ۹۴
شکل(۴-۶): نمودار بار تغییرمکان دیوارهای دارای سخت کننده های متقارن
و متعامد با وزن یکسان ۹۵
شکل(۴-۷): نمودار بار تغییرمکان دیوارهای دارای سخت کننده های
متقارن و متعامد با ابعاد یکسان ۹۷
شکل (۴-۸): میزان بار بری مدلهای 1H1V و2H2V نسبت به افزایش ضخامت دیوار ۹۸
شکل (۴-۹): مد کمانش مدلهای 1H1V و 2H2H با ضخامت ۵ میلیمتر ۹۸
شکل(۴-۱۰): حالات کمانشی دیوار سخت شده با توجه به
نسبت عرض به ضخامت سخت کننده ها ۹۹
شکل (۴-۱۱): تاثیر عرض سحت کننده ها برحالات کمانشی دیوارهای سخت شده ۱۰۰

شکل(۴-۱۲) : نمودار بار تغییرمکان دیوارهای با سخت کننده های قائم ۱۰۳
شکل(۴-۱۳): نمودار نسبت باربری نهایی مدلهای دارای سخت کننده ی
قائم به وزن کل هر دیوار ۱۰۴
شکل(۴-۱۴): نمودار بار تغییرمکان مدلهای با سخت کننده های قائم و وزن یکسان ۱۰۵
شکل (۴-۱۵) : تصویر کمانش یافته ی دیوارهای دارای سخت کننده های قائم و وزن یکسان ۱۰۵
شکل(۴-۱۶): نمودار بار تغییرمکان دیوار های سخت شده با سخت کننده های افقی مشابه ۱۰۶
شکل(۴-۱۷) : مقایسه ی ظرفیت باربری نمونه های با سخت کننده ی افقی مشابه ۱۰۷
شکل(۴-۱۸) : مقایسه نسبت بار نهایی به وزن دیوار در مدلهای دارای
سخت کننده ی افقی مشابه ۱۰۷
شکل(۴-۱۹) : نمودار بار تغییرمکان دیوارهای با سخت کننده ی افقی و وزن یکسان ۱۰۸
شکل(۴-۲۰): نمودار بار تغییرمکان دیوارهای سخت شده با سخت کننده های
قائم نبشی، سپری و تسمه ۱۰۹
شکل(۴-۲۱): مقایسه ی نسبت ظرفیت باربری به وزن مدلهای دارای
مقطع سخت کننده ی قائم متفاوت ۱۱۱
شکل(۴-۲۲) نمودار بار تغییرمکان دیوار با مقاطع مختلف سخت کننده ی
قائم و سطح مقطع یکسان ۱۱۱
شکل(۴-۲۳): نمودار بار تغییرمکان نمونه های با سخت کننده های افقی از مقاطع مختلف ۱۱۴
شکل(۴-۲۴): نسبت ظرفیت باربری به وزن مدلها در نمونه های با
انواع مقاطع سخت کننده افقی ۱۱۴
شکل(۴-۲۵): نمودار بار تغییرمکان نمونه های با سخت کننده های افقی
از مقاطع مختلف و سطح یکسان ۱۱۶

شکل (۴-۲۶): نمودار بار تغییرمکان مدلهای دارای سه سخت کننده افقی و قائم ۱۱۷
شکل(۴-۲۷): مقایسه ی ظرفیت باربری دیوارهای با انواع آرایش
سه سخت کننده ی افقی و قائم ۱۱۷
شکل(۴-۲۸) : مقایسه ی نسبت ظرفیت باربری به وزن مدل در انواع آرایش
سه سخت کننده ی افقی و قائم در دیوار ۱۱۸
شکل (۴-۲۹): نمودار بار تغییرمکان مدلهای دارای چهار سخت کننده افقی و قائم ۱۱۸
شکل(۴-۳۰): مقایسه ی ظرفیت باربری دیوارهای با انواع آرایش چهار
سخت کننده ی افقی و قائم ۱۱۹
شکل(۴-۳۱) : مقایسه ی نسبت ظرفیت باربری به وزن مدل در انواع
آرایش چهار سخت کننده ی افقی و قائم در دیوار ۱۱۹
شکل(۴-۳۲) : تصاویر مدلهای سخت شده با سخت کننده های مورب ۱۲۰
شکل (۴-۳۳): نمودار بار تغییرمکان مدلهای دارای سخت کننده های مورب ۱۲۱
شکل(۴-۳۴) : مقایسه ی ظرفیت باربری دیوارهای دارای انواع آرایش سخت کننده های مورب ۱۲۱
شکل(۴-۳۵) : مقایسه نسبت ظرفیت باربری به وزن نمونه ها در دیوارهای با
سخت کننده های مورب ۱۲۲
شکل(۴-۳۶) : مقایسه ظرفیت اتلاف انرژی نمونه های دارای سخت کننده های مورب ۱۲۲
شکل (۴-۳۷) : مدل $0.05W$ به همراه موقعیت قرار گیری سخت کننده ها
در سایر نقاط عرضی دیوار ۱۲۳
شکل(۴-۳۸): نمودار بار تغییرمکان نمونه های دارای یک سخت کننده ی
قائم در موقعیت های متفاوت از دهانه دیوار ۱۲۴
شکل (۴-۳۹) : مدل $0.05h$ به همراه موقعیت قرار گیری سخت کننده ها