



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران و نقشه برداری

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی رفتار لرزه ای قاب های مهاربندی شده با استفاده از
آلیاژ حافظه دار شکلی

اساتید راهنما:

آقای دکتر اردشیر دیلمی

آقای دکتر افشین مصلحی تبار

دانشجو:

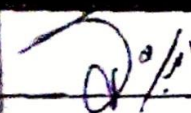

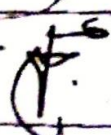

ناصر الوندی

بهمن ماه ۱۳۹۰

صور تجلحه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: ناصر الوندی شماره دانشجویی: ۸۸۳۱۲۱۵۰۱۱ دانشکده: مهندسی عمران
 رشته تحصیلی: گرایش: مهندسی عمران / سازه

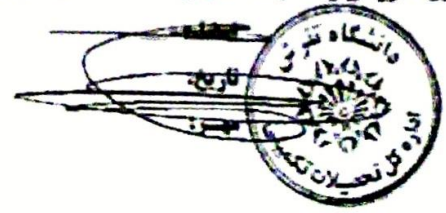
عنوان پروژ ۵۵ بررسی رفتار لوزه ای قابهای مهاربندی شده با استفاده از ایاز حافظه دار شکنی
 تعداد واحدها: ۶ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۰/۱۳ تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۰۶/۳۰
 نمره نهایی: به عدد: ۱۷ به حروف: هفده نهم

	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	استادیار	استاد راهنمای اول	دکتر ارشد شیر دیلمی
	دانشگاه تفرش	استادیار	استاد راهنمای دوم	دکتر اشعین مصلحی تبار
	-	-	استاد مشاور	-
	دانشگاه تفرش	استادیار	داور داخلی	دکتر محمد قاسم سبحان
	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دانشیار	داور خارجی	دکتر بهروز عسکریان
	دانشگاه تفرش	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد قاسم سبحان



رئیس دانشکده: دکتر محمد قاسم سبحان
 امضاء: _____
 تاریخ: ۱۳۹۱/۰۶/۳۰
 مهر: _____

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر علی پارسیان



تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی ،
ایستادگی را تجربه نمایم .

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود
و وجودش برایم همه مهر.

ب

تقدیر و تشکر :

**شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را
به پایان برسانم .**

**از اساتید فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر اردشیر دیلمی و آقای دکتر
افشین مصلحی تبار به عنوان اساتید راهنما که همواره نگارنده را مورد
لطف و محبت خود قرار داده اند ، کمال تشکر را دارم.**

آلیاژهای حافظه دار، به عنوان گروهی از جامدات، دارای خواصی منحصر به فرد نسبت به دیگر مواد معمول استفاده شده در زمینه ی مهندسی می باشند. این آلیاژها به سبب وقوع تبدیل فاز در ساختار کریستالی، قادر به بازگشت شکل اولیه ی خود در تغییر شکل های بزرگ می باشد. این توانایی در ریز ساختار ماده، دو خاصیت اصلی آلیاژهای حافظه دار، یعنی اثر فوق الاستیک (سوپر الاستیسیته) و اثر حافظه داری را به دنبال دارد.

آلیاژهای حافظه دار، با داشتن این خواص منحصر به فرد می تواند کاربردهای جدیدی را در زمینه های علمی مختلف مانند پزشکی، صنعتی، هوا فضا، مهندسی و... داشته باشد. تحقیقات عددی و آزمایشگاهی برای توسعه ی کاربردهای مواد حافظه دار در وسایل کنترل سازه ها به منظور بهبود پاسخ دینامیکی ساختمان ها و پل های تحت بار زلزله، در حال انجام است.

در این پایان نامه، با توجه به محدودیتهای کاربردی و قیمت بالای الیاژهای حافظه دار شکلی، به جای استفاده به عنوان اعضای اصلی سیستم های باربر جانبی، به عنوان اعضای سیستم ثانویه بازگرداننده (Re-Centering Device) استفاده شده است و در نهایت عملکرد لرزه ای قاب های خمشی مهاربندی شده با آلیاژهای حافظه دار فوق الاستیک، بررسی شده است. به منظور تحقیق امکان استفاده از این آلیاژها و مؤثر بودن آن ها نسبت به دیگر سیستم های مهاربندی، پاسخ دینامیکی قاب خمشی مهاربندی شده با آلیاژ حافظه دار، با پاسخ دینامیکی قاب خمشی مهاربندی شده با فولادی مقایسه شده است.

تحلیل های تاریخچه زمانی غیر خطی، به منظور بررسی عملکرد لرزه ای قاب ها با مهاربندی از جنس آلیاژ حافظه دار، بر قاب ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵ طبقه با مهاربندی به شکل قطری، انجام شده است. نتایج حاصل از تحلیل های انجام شده، امکان استفاده از این آلیاژها به عنوان سیستم های مهاربندی به منظور بهبود پاسخ لرزه ای سازه ها را مؤثر نشان داده اند.

نتایج این مطالعه ی تحلیلی نشان داده است که آلیاژهای حافظه دار می توانند بطور مؤثر در مقاوم سازی و طراحی لرزه ای سازه ها به کار روند. مهاربندی های بر پایه آلیاژ حافظه دار می توانند به منظور به حداقل رساندن تلفات ناشی از خرابی های سازه ای پس از وقوع زلزله بکار روند. برخی از قابلیت های آلیاژ حافظه دار، از جمله برگرداندگی شکل و داشتن خاصیت سخت شدگی کرنش، این آلیاژها را برای استفاده در زمینه ی کاهش پاسخ و ارتعاش مطلوب نشان داده است. با توجه به نتایج، کاربرد آلیاژهای حافظه دار در مهاربند، باعث کاهش در تغییر مکان ماندگار سقف و بیشینه تغییر مکان نسبی بین طبقات گردیده است.

کلمات کلیدی: رفتار لرزه ای، سیستم جذب انرژی، قاب فولادی مهاربندی شده، مهاربند الیاژ حافظه دار
شکلی

لزوم تحقیق انجام شده در این پایان نامه:

قاب های خمشی فولادی، با داشتن تغییر مکان های بزرگ به هنگام وقوع زلزله، آسیب پذیر شناخته شده اند. به همین دلیل، الزامات خاص طراحی جهت محدود نمودن تغییر مکان های نسبی بین طبقات مورد نیاز می باشد و مشکلات ناشی از شکست ترد و نرم در اتصالات تیر به ستون کاهش یابد و در نتیجه از ایجاد خرابی در اجزاء غیر سازه ای پیشگیری شود. با در نظر داشتن موارد اقتصادی و عملی، مهندسان بیش از پیش، استفاده از قاب های فولادی با مهاربندهای هم مرکز به عنوان سیستم مقاوم در برابر بار جانبی را مورد بررسی قرار دادند. به هر حال، رخداد خرابی در قاب های فولادی با مهاربندهای همگرا پس از وقوع زلزله های پیشین از جمله، زلزله های Mexico 1985، Loma Prieta 1989، Northridge 1994 و Kobe 1995، نشان دهنده ی لزوم توجه و بررسی بیشتر در ظرفیت تغییر شکل نهایی این دسته از سازه ها می باشد. دلایل متعددی برای عملکرد ضعیف قاب های مهاربندی شده ارائه شده است. به عنوان مثال، مهاربندها اغلب شکل پذیری و ظرفیت استهلاک انرژی محدودی در بارگذاری های سیکنی دارند. جزئیات اتصالات، حاکی از رفتار ترد آنها می باشد. رفتار هیستریزیس مهاربند بسیار پیچیده گزارش شده است. رفتار نامتقارن در کشش و فشار و کاهش در مقاومت مهاربندها تحت بارهای سیکنی فشاری با ورود به ناحیه غیرالاستیک را می توان مشاهده کرد. این رفتار پیچیده به دلیلی تفاوت های اساسی بین توزیع نیروهای داخلی و تغییر شکل های در نظر گرفته شده با استفاده از روش های طراحی قدیمی (بر اساس رفتار الاستیک مدل ها و روند ایده آل تحلیلی غیرخطی) ایجاد می شود. همچنین لازم به ذکر است که وقوع کمانش در مهاربند هم می تواند سبب خرابی عمده در المان های غیر سازه ای مجاور شود. با در نظر داشتن این معایب و رخدادهای الزامات طراحی لرزه ای برای قاب های مهاربندی شده، در دهه ی ۱۹۹۰ دچار تغییر شد و از آن پس قاب های با مهاربندهای همگرای ویژه معرفی شدند. تحقیقات گسترده ای برای بهبود عملکرد قاب های با مهاربندهای همگرا آغاز شد.

شکل ها و ترکیبات جدید سازه ای با استفاده از مهاربندهای ویژه شامل استفاده از کنش مرکب، تسلیم شدگی متالیک، مواد با عملکرد بالا، میرایی میسکوز و اصطکاکی را می توان در این مورد نام برد [1].

علیرغم بهبود عملکرد قاب های با مهاربندهای ویژه نسبت به مهاربندهای معمولی، تحقیقات برای جستجوی قاب های با مهاربندهای همگرایی که از نظر اقتصادی و اجرا برتر باشند در حال انجام است [2]. قاب های با مهاربندهای کمانش تاب از نتایج این تحقیقات می باشد.

این قاب ها رفتار هیستریزیس پایدار دارند و برخلاف مهاربندهای معمولی، به دلیل رخ ندادن کمانش، دارای ظرفیت شکل پذیری بالایی می باشند [3]. نتایج مقایسه ی عملکرد قاب ها در چندین مورد، مؤثر بودن بادبندهای کمانش تاب را نسبت به بادبندهای معمولی نشان داده است [1, 4]. به هر حال، تغییر مکان و تغییر مکان نسبی ماندگار زیاد، می تواند عامل محدود کننده ی کاربرد و پذیرفتن مهاربندهای کمانش تاب باشد، زیرا به دلیل وقوع تغییر مکان های بزرگ و برجای ماندن بخش زیادی از تغییر شکل ها در قاب با مهاربندهای کمانش ناپذیر، نیاز به تعمیرات خاص پس از وقوع زلزله ضروری می باشد.

هدف تحقیق و نحوه ی انجام آن:

از آنجا که رفتار غیرالاستیک قاب های خمشی مهاربندی شده در برابر بارهای جانبی تا حدودی وابسته به رفتار اعضای مهاربندی است، یکی از راه های جایگزین موارد ذکر شده ی قبلی، استفاده از آلیاژهای حافظه دار در سیستم های مهاربندی می باشد. در نتیجه ی خاصیت بازگرداندگی شکل، تغییر مکان نسبی بین طبقات و تغییر مکان ماندگار (پسماند) در سازه، پس از وقوع زلزله کاهش می یابد.

با توجه به تحقیقات موجود در مورد کاربرد مواد حافظه دار در مهندسی سازه و زلزله، نیاز به انجام تحقیقات آزمایشگاهی و همچنین عددی و تحلیلی مشاهده می شود. در این پایان نامه سعی شده است، با انجام مطالعه ای تحلیلی، عملکرد لرزه ای سازه ی قابی خمشی مهاربندی شده با آلیاژ حافظه دار نسبت به سازه ی خمشی با مهاربندی فولادی مقایسه و بررسی شود.

بعد از انجام تحلیل های دینامیکی متعدد بر روی سازه ی قابی با سیستم مهاربندی قطری با خواص و مشخصه های متفاوت، امکان، مزایا و حتی معایب استفاده از مواد حافظه دار در مهاربندی قاب های فولادی، با مقایسه ی مقادیر تغییر مکان ماندگار و تغییر مکان نسبی بیشینه بین طبقات بین دو حالت قاب با مهاربند بر پایه آلیاژ حافظه دار و قاب با مهاربند فولادی مورد بررسی قرار می گیرد.

برای انجام تحقیق و دست یافتن به نتایج مورد نظر، ساختمانی با هندسه ی مشخص در نظر گرفته می شود. این ساختمان دارای پلانی با ابعاد $24m \times 24m$ و با چهار دهانه در هر جهت و طبقات با ارتفاع $3/2m$ می باشد. تعداد طبقات مورد بررسی، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵ طبقه می باشد. محل قرارگیری مهاربندها در دو دهانه ی میانی در نظر گرفته شده است. شکل مهاربندی از نوع قطری استفاده شده است. بارهای ثقلی مرده و زنده و نیز بارهای جانبی بر اساس مقررات ملی ساختمان (مبحث ششم) و استاندارد ۲۸۰۰ تعیین شده است. قاب ها با نرم افزار Sap2000 تحلیل استاتیکی و طراحی شده اند.

بعد از طراحی سازه هر یک از سازه ها در نرم افزار Opensees مدل شده اند. با استفاده از چند رکورد اصلاح شده، مورد تحلیل دینامیکی غیر خطی (تاریخچه زمانی) قرار گرفته اند.

مدل رفتاری مورد استفاده برای مواد حافظه دار، قبل از استفاده مورد بررسی قرار گرفته اند و در چند حالت مختلف صحت مدل رفتاری تحقیق شده و بعد از مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و عددی تایید شده ی قبلی، درستی و دقت کافی مدل رفتاری استفاده شده به اثبات رسیده است (کالیبره کردن مدل).

پس از انجام تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی، مقایسه نتایج، بخصوص مقایسه ی مقادیر تغییر مکان نسبی بین طبقات و تغییر مکان ماندگار بر سازه، امکان استفاده و موثر بودن استفاده از آلیاژهای حافظه دار را در سیستم های مهاربندی، به منظور کاهش تغییر مکان نسبی و تغییر مکان ماندگار بر سازه نشان داده شده است.

هدف این پایان نامه، مطالعه و بررسی امکان و موثر بودن استفاده از این آلیاژ در قاب های خمشی مهاربندی شده فولادی به منظور کاهش پاسخ دینامیکی سازه ها و حفاظت سازه ها می باشد.

فصل اول : خواص مکانیکی و رفتاری آلیاژهای حافظه دار

۱	۱-۱ معرفی
۲	۲-۱ اثر حافظه شکل
۳	۳-۱ مواد هوشمند
۴	۴-۱ بلورها
۵	- ۱-۴-۱ پیشگفتار بر بلورشناسی
۱۱	- ۲-۴-۱ سیستم های بلوری
۱۳	- ۳-۴-۱ چهار ساختار مهم
۱۶	۵-۱ مختصری از ریزساختار آلیاژهای حافظه دار
۱۸	۶-۱ تغییر شکل مواد فلزی سخت و شکننده
۱۸	- ۱-۶-۱ ماهیت بدون ریزش تغییر شکل
۱۹	- ۲-۶-۱ جایگزینی سطح
۱۹	- ۳-۶-۱ فاز عادت
۲۰	- ۴-۶-۱ شرح علت شناسی تغییر شکل فلز سخت و شکننده
۲۰	- ۵-۶-۱ تغییر شکل بین
۲۳	- ۶-۶-۱ برش ساده
۲۴	- ۷-۶-۱ گردش جسم سخت
۲۴	- ۸-۶-۱ تغییر شکل نهایی
۲۶	۷-۱ لغزش در برابر جفت کردن
۲۸	۸-۱ فاز R
۳۰	۹-۱ اثر آلیاژهای حافظه دار
۳۲	۱۰-۱ شبه کشسانی
۳۳	۱۱-۱ انواع مکانیزم های تغییر شکل
۳۴	۱۲-۱ اثر حافظه یکطرفه
۳۵	۱۳-۱ اثر حافظه دو طرفه
۳۵	- ۱-۱۳-۱ مبداء اثر حافظه دو طرفه
۳۵	- ۲-۱۳-۱ چرخه گرمایی با فشار ثابت

خ	
۳۶	- ۳-۱۳-۱ چرخه گرمایی با تنش اعمال شده
۳۷	- ۴-۱۳-۱ اثر حافظه تمام گرد
۳۹	- ۱۴-۱ رفتارهای مختلف آلیاژهای حافظه دار
۳۹	- ۱-۱۴-۱ اثر حافظه داری
۴۰	- ۲-۱۴-۱ اثر فوق الاستیک
۴۱	- ۳-۱۴-۱ رفتار نیمه فوق الاستیک
۴۱	- ۴-۱۴-۱ رفتار احیا مقید
۴۱	- ۵-۱۴-۱ رفتار Detwinning
۴۲	- ۱۵-۱ رفتار مکانیکی آلیاژهای حافظه دار
۴۳	- ۱۶-۱ مکانیسم میکروسکوپی
۴۵	- ۱۷-۱ معکوس پذیری با تنش ثابت
۴۸	- ۱۸-۱ اثر تنش بر ترمودینامیک و دمای تغییر شکل
۴۹	- ۱۹-۱ آلیاژهای حافظه دار از جنس NiTi
۵۰	- ۱-۱۹-۱ مشخصه ها و خواص مکانیکی NiTi
۵۰	- ۱-۱-۱۹-۱ اثر بار سیکلی و چرخه ای
۵۱	- ۲-۱-۱۹-۱ اثر دما
۵۲	- ۳-۱-۱۹-۱ اثر سرعت بارگذاری
۵۳	- ۴-۱-۱۹-۱ اثرات فرآیندهای مکانیکی- حرارتی و آماده سازی
۵۴	- ۵-۱-۱۹-۱ اثر پیش کرنشی
۵۴	- ۲۰-۱ سیستم های SMA
۵۵	- ۱-۲۰-۱ آلیاژهای آهن دار (یا بر پایه آهن)
۵۵	- ۲-۲۰-۱ آلیاژهای بر پایه مس
۵۵	- ۱-۲-۲۰-۱ آلیاژهای مس- روی- آلومینیوم
۵۵	- ۲-۲-۲۰-۱ آلیاژهای مس- آلومینیوم- نیکل
۵۶	- ۳-۲۰-۱ آلیاژهای Ni Ti
۵۷	- ۱-۳-۲۰-۱ سیستم های آلیاژی چهار تایی Ni Ti
۵۷	- ۱-۱-۳-۲۰-۱ Ti - Ni - Cu
۵۸	- ۲-۱-۳-۲۰-۱ Ti - Ni - Nb
۵۸	- ۲-۳-۲۰-۱ SMA در دمای بالا
۵۹	- ۲۱-۱ آلیاژهای MSM
۵۹	- ۲۲-۱ خواص کاربردی SMAها

فصل دوم : مروری بر آلیاژهای حافظه دار، کاربردها و تحقیقات پیشین

- ۶۵ ۱-۲ معرفی و تاریخچه
- ۶۵ ۲-۲ لزوم استفاده از روش های نوین برای کنترل سازه ها
- ۶۶ ۳-۲ نایتینول نمونه ای از مواد حافظه دار
- ۶۷ ۴-۲ کاربردها
- ۶۸ ۵-۲ تحقیقات انجام شده ی پیشین

فصل سوم : مدل رفتاری آلیاژ حافظه دار و کالیبراسیون مدل

- ۷۸ ۱-۳ مقدمه
- ۷۸ ۲-۳ تقسیم بندی مدل ها
- ۷۸ - ۱-۲-۳ مدل های پدیده شناختی
- ۷۹ - ۲-۲-۳ مدل های بر پایه ی ترمودینامیک
- ۷۹ ۳-۳ مشاهدات تجربی (آزمایشی)
- ۸۰ - ۱-۳-۳ بارگذاری شبه (نیمه) ارتجاعی تکدما
- ۸۱ - ۱-۱-۳-۳ تخلیه بار کشش شبه ارتجاعی تکدما
- ۸۱ - ۲-۱-۳-۳ بارگذاری و بارگیری فشار شبه ارتجاعی تکدما
- ۸۲ - ۳-۱-۳-۳ زیر حلقه های داخلی
- ۸۳ - ۴-۱-۳-۳ شبه ارتجاعی بودن غیر تک دما
- ۸۳ - ۵-۱-۳-۳ جهت یابی دوباره
- ۸۶ - ۲-۳-۳ تاثیر حافظه دار
- ۸۷ ۴-۳ مدل های میکرو مکانیکی
- ۸۷ ۵-۳ مدل های ماکروسکوپی
- ۸۹ ۶-۳ فرمول بندی مدل های SMM در قالب ترمومکانیک با متغیرهای داخلی
- ۹۱ - ۱-۶-۳ گزینش متغیرهای داخلی (گام II)
- ۹۱ - ۲-۶-۳ متغیر داخلی انفرادی
- ۹۲ - ۳-۶-۳ دو متغیر داخلی
- ۹۴ - ۴-۶-۳ گزینش تابع (کارکرد) انرژی آزاد (مراحل III و IV)
- ۹۵ - ۵-۶-۳ حداقل سازی انرژی
- ۹۶ - ۶-۶-۳ گزینش کارکرد (تابع)
- ۱۰۰ - ۷-۶-۳ شبه ارتجاعی

۱۰۱	۸-۶-۳ جهت گیری مجدد
۱۰۲	۹-۶-۳ شناسایی پارامتر مواد
۱۰۳	۷-۳ آلیاژهای حافظه دار
۱۰۳	۱-۷-۳ SMA ها و تغییر شکل فلزی مارتنزیت
۱۰۶	۸-۳ مدل رفتاری مورد استفاده در این پژوهش
۱۰۶	۱-۸-۳ مدل پیوسته زمانی
۱۰۷	۲-۸-۳ جداسازی کرنش و روابط الاستیک
۱۰۷	۳-۸-۳ مدل گسسته ی زمانی
۱۰۹	۴-۸-۳ مدول مماسی الگوریتمی
۱۱۰	۵-۸-۳ الگوریتم مدل
۱۱۳	۶-۸-۳ ارزیابی عددی مدل
۱۱۵	۷-۸-۳ مقایسه ی نتایج مدل با آزمایش های تجربی

فصل چهارم : مشخصات سازه‌ای قاب‌ها

۱۱۹	۱-۴ مقدمه
۱۲۱	۲-۴ مشخصات سازه‌ها
۱۲۲	۳-۴ بارگذاری
۱۲۲	۱-۳-۴ بارگذاری ثقلی
۱۲۲	۲-۳-۴ بارگذاری جانبی
۱۲۸	۴-۴ طراحی مقاطع
۱۲۸	۱-۴-۴ ستونها
۱۳۴	۲-۴-۴ مهاربندها

فصل پنجم: تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیر خطی و مدل سازی در OpenSees

۱۵۸	۱-۵ نرم افزار OpenSees
۱۵۹	۲-۵ ساخت مدل
۱۶۰	۱-۲-۵ انواع مدل‌های مصالح تک محوره
۱۶۰	۲-۲-۵ انواع مدل‌های مقاطع
۱۶۱	۳-۲-۵ انواع المان (اعضاء)
۱۶۲	۳-۵ آنالیز (ANALYSIS)
۱۶۲	۱-۳-۵ مقیدسازی Constraint
۱۶۲	۲-۳-۵ شمارنده Numberer

۱۶۳	System	۳-۳-۵	-
۱۶۳	آزمایش (Test)	۴-۳-۵	-
۱۶۳	Algorithm	۵-۳-۵	-
۱۶۴	انتگرالگیری	۶-۳-۵	-
۱۶۵	Analysis	۷-۳-۵	-
۱۶۵	Recorder	۸-۳-۵	-
۱۶۵	فرضیات مدلسازی در OpenSees	۴-۵	
۱۶۶	مدلهای هیسترتیک تک محوری نیرو-جابجایی	۱-۴-۵	-
۱۶۶	مدل رفتاری SMA در فاز آستنتیت	۱-۱-۴-۵	-
۱۶۸	مشخصات مصالح فولاد	۲-۱-۴-۵	-
۱۷۰	تعریف مقاطع	۵-۵	
۱۷۸	دیافراگم‌های صلب	۶-۵	
۱۷۹	المانهایی Zero-Length برای اتصال مهاربند به تیر-ستون	۷-۵	
۱۸۰	جرم طبقات	۸-۵	
۱۸۰	میرایی سازه	۹-۵	
۱۸۱	در نظر گرفتن اثرات P-Δ در مدلسازی	۱۰-۵	
فصل ششم: نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی			
۱۸۳	مقدمه	۱-۶	
۱۸۴	بیشترین تغییر مکان نسبی بین طبقات	۲-۶	
۱۹۱	منحنی نیرو-تغییر مکان مهاربندها	۳-۶	
۱۹۷	تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه	۴-۶	
۲۰۲	پیشنهادات برای مطالعات آینده	۵-۶	
۲۰۳	منابع		
۲۰۹	پیوست اول:		
۳۰۱	پیوست دوم:		

فهرست شکل ها:

- شکل ۱-۱ رفتار ایده ال تنش- کرنش آلیاژ حافظه دار سوپرالاستیک [7]
- شکل ۲-۱ شکل اثر حافظه. الف: تغییر شکل معکوس، a-b-c: اثرات آلیاژهای حافظه دار [8]
- شکل ۳-۱ سلول ابتدایی فضای شبکه در سه بعد [8]
- شکل ۴-۱ موقعیت نقاط در مختصات x و y و z. اعداد نشان دهنده مختصات گوشه های واحد سلولی میباشد [8]
- شکل ۵-۱ شبکه مستطیلی متمرکز [8]
- شکل ۶-۱ بسته نزدیک (یا بسته) گویها در دو بعد [8]
- شکل ۷-۱ دو لایه نزدیک و بسته که لایه بالایی در بالای درز یا فاصله لایه پایین قرار گرفته است [8]
- شکل ۸-۱ سلول ابتدایی hcp دارای $a=b$ با بازوهای 120° درجه است. محور c عمود بر صفحه a,b میباشد. در hcp ایده آل $c=1.633a$ است. دو اتم یک بنیان به شکل ثابت در شکل نشان داده شده اند [8]
- شکل ۹-۱ واحد سلولی Fcc: دولایه بسته و نزدیک نشان داده شده اند [8]
- شکل ۱۰-۱-۱ ساختار NaCl: یک نوع یون با گویهای سیاه و نوع دیگر با گویهای سفید نشان داده شده است [9]
- شکل ۱۱-۱-۱ ساختار CsCl [9]
- شکل ۱۱-۱ شماتیک ریزساختار آلیاژهای حافظه دار [12]
- شکل ۱۲-۱ نسبت مارتنزیت در برابر دما برای ماده ی حافظه دار، در حالت بدون تنش [14]
- شکل ۱۳-۱ شکل گیری جایگزینی در سطح و خمش خط خراش در تغییر شکل فلز سخت و شکننده [9]
- شکل ۱۴-۱ انطباق شبکه ای و تغییر شکل شبکه ای برای fcc به bct در آلیاژهای آهن [8]
- شکل ۱۵-۱ مخروطیهای خطوط نامبسط که هنگامی به وجود می آیند که یک گوی به شکل همگن به هندولی تغییر شکل دهد [9]
- شکل ۱۶-۱ نمایش نموداری برش ساده که در آن گوی در صفحه K1 به سمت d برش مییابد [9]
- شکل ۱۷-۱ نمایش مقطعی از شکل ۱۶-۱ [9]
- شکل ۱۸-۱ تغییر شکل به همراه شکل گیری صفحه فلز سخت و شکننده واحد [8]

س

شکل ۱۹-۱ برش لغزشی یا برش دوبل بعلاوه تغییر شکل شبکه ای برای بدست آوردن تغییر شکل واقعی لازم است [9]

شکل ۲۰-۱ حرکت اتم ها در طول دوبرابر سازی. خطوط نقطه ای موقعیت اولیه را به ما نشان میدهد [8]

شکل ۲۱-۱ جابجایی بخشهای بلوری به سمت چپ به علت دو برابر شدن [8]

شکل ۲۲-۱ نمودار فاز Nitinol [8]

شکل ۲۳-۱ منحنی تغییر شکل - دما در آلیاژ Nitinol که نشان دهنده دو مرحله تغییر شکل میباشد [9]

شکل ۲۴-۱ واحد سلولی استنیت با ساختار B2 (سمت چپ) و سلول واحد فاز R (سمت راست) [8]

شکل ۱-۲۵-۱ منحنی فشار-تنش برای Ni49Ti در دماهای مختلف [8]

شکل ۱-۲۵-۲ ، ۵ نوع منحنی فشار-تنش برای سیستم NiTi [8]

شکل ۱-۲۶: نمای نموداری $\sigma_{T_1}^P \sim M$ از منحنی فشار-تنش که نشاندهنده رفتار نیمه الاستیک است. بخش AB به طور خالص تغییر شکل الاستیک فاز اصلی را نشان میدهد. در نقطه B انطباق در سطح $T_d > A_f$ (type IV) ، اولین صفحات فلز سخت و شکننده شروع به تشکیل شدن میکنند. تغییر شکل لزوماً وقتی نقطه C حاصل می شود کامل میگردد [9]

شکل ۱-۲۷-۱ نمونه کوئل فنری که نشان دهنده اثر حافظه یکطرفه است [9]

شکل ۱-۲۷-۲ نمودار منحنی فشار-تنش که نشان دهنده اثر حافظه شکل است: مرحله تغییر شکل به مرحله بازیابی شکل بعد از گرم کردن نمونه توجه داشته باشید این نمونه اگر محور دما عمود بر محور تنش و فشار باشد سه بعدی است [9]

شکل ۱-۲۷-۳ نمونه کل فنری نشان دهنده اثر حافظه دو طرفه [9]

شکل ۱-۲۸ چرخه متناوب دما- کرنش در CuZnAl. برای $M > 10$ چرخه ها نیمه بسته میباشد [9]

شکل ۱-۲۹ چرخه دما- کرنش با فشار صفر بعد از آموزش با فشار ثابت ۲۵ اتمسفری [9]

شکل ۱-۳۰ روند آموزش با اعمال تنش [9]

شکل ۱-۳۱ روند گرما مکانیکی که منجر به اثر تمام گرد در NiTi غنی از نیکل میشود [9]

شکل ۱-۳۲ نمایش مشارکت Ti3Ni4 جهت گرفته با فشار کششی بیرونی که عمود بر فشار کششی درونی میباشد [9]

شکل ۱-۳۳ منحنی تنش کرنش با وقوع تبدیل حافظه داری [7]

شکل ۱-۳۴ شماتیک تنش - کرنش در رفتار فوق الاستیک [7]

شکل ۱-۳۵ رفتار نیمه فوق الاستیک یا فوق الاستیک جزئی [17]

ش

شکل ۱-۳۶ رفتار Detwinning [17]

شکل ۱-۳۷ رابطه تنش، کرنش و دما بصورت سه بعدی در رفتار مکانیکی آلیاژهای حافظه دار [19]

شکل ۱-۳۸ ساختار بلوری (c) بوسیله افزودن بنیان (b) به هر نقطه شبکه از شبکه (a) بوجود آمده است [8]

شکل ۱-۳۹ سطح فشار- تنش- دما برای NiTi به دست آمده از منحنی فشار - تنش در دماهای مختلف [8]

شکل ۱-۴۰ اثر گرمایش نمونه در بالای Af در تنش ثابت و سپس کنار گذاری بار [8]

شکل ۱-۴۱ بازیابی فشار در برابر دما برای تنشهای اولیه مختلف [8]

شکل ۱-۴۲ هیستریس SMA [8]

شکل ۱-۴۳ اثرات ترمودینامیکی فشار بر روی تغییر شکل فلز سخت و شکننده [8]

شکل ۱-۴۴ نمودار فاز منظم عملکرد دما و فشار نامحوری [8]

شکل ۱-۴۵ منحنی تنش- کرنش برای نمونه فوق الاستیک، در سیکل های کششی [24]

شکل ۱-۴۶ منحنی تنش- کرنش برای NiTi در دماهای مختلف محیط [27]

شکل : ۱-۴۷ [38]

شکل : ۱-۴۸ [38]

شکل : ۱-۴۹ [38]

شکل : ۱-۵۰ [38]

شکل : ۱-۵۱ [38]

شکل ۲-۲ قاب بتنی مورد مطالعه ی پرونو و والنته [49]

شکل ۲-۳ سیستم جداسازی مورد مطالعه در پل ها [44]

شکل ۲-۴ سازه تک درجه آزادی بررسی شده [50]

شکل ۲-۵ بررسی کاربرد آلیاژهای حافظه دار در مقید کننده پل ها [39]

شکل ۲-۶ بررسی کاربرد سیم های از جنس آلیاژهای حافظه دار در سازه قابی [53]

شکل ۲-۷ بررسی دمپرهای از جنس آلیاژهای حافظه دار [40]

شکل ۲-۸ استفاده از ورق های از جنس آلیاژ حافظه دار در پل ها [55]

شکل ۲-۹ کاربرد سیستم های مهاربندی با آلیاژ حافظه دار [42]

شکل ۲-۱۰ کاربرد آلیاژ حافظه دار در سیستم های استهلاک انرژی [41]

شکل ۲-۱۱ کاربرد الیاژ حافظه دار در اتصالات نیمه گیردار [56]

شکل ۲-۱۲ کاربرد آلیاژ حافظه دار در سیستم های مهاربندی، آزمایش میز لرزان [57]

ص

شکل ۱-۳ در يك درجه حرارت مشخص، بارگذاري تك محوري و بارگيري مربوط به fwt كامل و rvt كامل منجر به توليد حلقه بيروني دياگرام کرنش - تنش مي گردد. تغيير در درجه حرارت منجر به تغيير (جايگزيني) تنش هاي تبديل مي شود [38]

شکل ۲-۳: (a) حلقه سازي فرعي زماني اتفاق مي افتد که تبديل ها به سمت تکميل پيش نميروند. (b) تخلیه بار ارتجاعي از fwt تحت پوشش توسط فعال سازي rvt در خط افتاده پي گيري مي شود. هم (b) و هم (C) فرايند تکميل زير حلقه (حلقه فرعي) را در نقطه عمومي نشان مي دهند [38]

شکل ۳-۳ در حد کافي بارگذاري آرام منجر به رفتار تکدما مي شود. براي بارگذاري سريعت گرماي نهان تبديل منجر به تغيير درجه حرارت smm مي شود که در جاي خود منحنی کرنش - تنش را تغيير مي دهد [38]

شکل ۴-۳ نمودار حالت گسترش يافته، نشان دهنده فعال سازي حلقه بيروني و خطوط تکميل براي fwt و rvt و خطوط مشابه براي rwr مي باشد [38]

شکل ۵-۳: در رابطه $T < Mf$ بارگذاري و تخلیه بار يك مارتنزيت خودپوششي (به صورت اصلي) را مجدداً جهت يابي مي کند که منتج به يك کرنش پلاستيكي جداگانه مي شود. گرايش منجر به تبديل مارتنزيت جهت يابي شده مجدد به استنيت مي گردد و مواد را به شکل اوليه خودشان برميگرداند [38]

شکل ۶-۳ نمايش طرح مدار و نموداری حجم تغيير يافته به عنوان عملکرد دمایی [38]

شکل ۷-۳ رفتار فرا کشسانی در دمای ثابت بناير تغيير شکل فشاری [38]

شکل ۸-۳ حالت تک محوری: مدلسازی عددی چرخه های متعدد تنش. مسير تبديل كامل، بارگذاري ناقص و باربرداري كامل [70]

شکل ۹-۳ حالت تک محوری: مدلسازی عددی چرخه های متعدد تنش. مسير تبديل كامل، بارگذاري كامل و باربرداري ناقص [70]

شکل ۱۰-۳ حالت تک محوری: مدلسازی عددی چرخه های متعدد کشش- فشار. مسير تبديل كامل، بارگذاري كامل و باربرداري ناقص [70]

شکل ۱۱-۳ حالت تک محوری: مدلسازی عددی يك چرخه ی كامل تبديل در حالت کشش- فشار [70]

شکل ۱۲-۳ NITi محصول NDC. پاسخ تنش- کرنش کشش تک محوری [70]

شکل ۱۳-۳ NITi محصول NDC. پاسخ تنش- کرنش کشش تک محوری در چرخه های متعدد [70]

شکل ۱۴-۳ NITi محصول GAC. پاسخ تنش- کرنش کشش تک محوری [70]

شکل ۱۵-۳ NITi محصول FIP. پاسخ تنش- کرنش کشش تک محوری [70]

شکل ۴-۱ پلان ساختمان و محل قرار گیری مهاربندها و اتصالات گیردار و مفصلی

شکل ۴-۲ مقاطع بکار رفته در قاب ۳ طبقه

شکل ۴-۳ مقاطع بکار رفته در قاب ۵ طبقه

شکل ۴-۴ مقاطع بکار رفته در قاب ۷ طبقه

شکل ۴-۵ مقاطع بکار رفته در قاب ۹ طبقه

شکل ۴-۶ مقاطع بکار رفته در قاب ۱۱ طبقه

شکل ۴-۷ مقاطع بکار رفته در قاب ۱۵ طبقه

شکل ۴-۸ مهاربند تیپ a و شکل مهاربندی قاب

شکل ۴-۹ مدل هندسی مهاربند در سیستم هیبریدی

شکل ۴-۱۰ نمودار نیرو - تغییر مکان سیستم هیبریدی [71]

شکل ۴-۱۱ شماتیک کلی مهاربند تیپ C [72]

شکل ۴-۱۲ مدل مواد در مهاربندها: ۱- مدل رفتاری آلیاژ حافظه دار شکلی در مهاربند های

تیپ a و b (الف)، ۲- مدل رفتاری فولاد در مهاربندهای تیپ b و c (ب) [38]

شکل ۵-۱ منحنی بار-تغییر مکان الگوریتم نیوتن [73]

شکل ۵-۲ مدل مورد استفاده برای مصالح sma در فاز استنیت با خاصیت فوق ارتجاعی در

[73] opensees

شکل ۵-۳ مدل رفتاری sma در فاز استنیت

شکل ۵-۴ رفتار فولاد ساختمانی در [73] opensees

شکل ۵-۵ مدل رفتاری تیر و ستون و مهاربند های فولادی (steel 01)

شکل ۵-۶ نحوه تعریف کردن دستور Fiber [73]

شکل ۵-۷ نحوه تعریف کردن دستور [73] Patch QuadrilateraL

شکل ۵-۸ نحوه تعریف کردن دستور [73] Layer Straight

شکل ۵-۹ کاربرد دستورات Patch و Layer در ایجاد مقطع بتن آرمه [73]

شکل ۵-۱۰ نحوه قرارگیری مقاطع در نقاط انتگرال گیری [73]

شکل ۵-۱۱ نحوه ی تعریف کردن برش در مقطع [73] Resultant Models

شکل ۵-۱۲ در نظر گرفتن اثرات P-Δ در مدل سازی [74]

شکل ۶-۱ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۳ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

شکل ۶-۲ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۵ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

شکل ۶-۳ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۷ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

شکل ۶-۴ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۹ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

شکل ۶-۵ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۱۱ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

ط

شکل ۶-۶ بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه قابی ۱۵ طبقه برای مهاربند تیپ A,B,C

شکل ۶-۷ مقادیر میانگین بیشینه تغییر مکان نسبی بین طبقات برای سازه قابی با سه تیپ مهاربند

شکل ۶-۸ مقادیر میانگین تغییر مکان نسبی بین طبقات برای سازه قابی با سه تیپ مهاربند

شکل ۶-۹ منحنی نیرو-تغییر مکان مهاربند در تیپ A,B,C در زلزله Nothridge

شکل ۶-۱۰ منحنی نیرو-تغییر مکان مهاربند در تیپ A,B,C در زلزله Landers

شکل ۶-۱۱ منحنی نیرو-تغییر مکان مهاربند در تیپ A,B,C در زلزله Loma prieta

شکل ۶-۱۲ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۳ طبقه

شکل ۶-۱۳ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۵ طبقه

شکل ۶-۱۴ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۷ طبقه

شکل ۶-۱۵ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۹ طبقه

شکل ۶-۱۶ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۱۱ طبقه

شکل ۶-۱۷ تغییر مکان ماندگار بر سقف سازه برای سازه قابی ۱۵ طبقه