بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته عمران- گرایش سازه

موضوع:

ارزیابی روش های مختلف در تعیین عملکرد لرزه ای قاب خمشی فولادی با شکل پذیری ویژه

استاد راهنما:

دکتر جواد واثقی امیری

استاد مشاور :

مهندس سید قاسم جلالی

نگارش:

مصطفی خادم

زمان : دوشنبه مورخ۲۶ /۱۰/ ۱۳۹۰ ساعت ۱۰ صبح

مکان: سالن اجتماعات دانشکده مهندسی عمران

تشکر و قدردانی :

قبل از هر چیز از زحمات اساتید گرامی

جناب آقای دکتر جواد واثقی امیری و جناب آقای مهندس سید قاسم جلالی

که با دقت و حوصله فراوان من را در تمامی مراحل پایان نامه راهنمایی نموده اند، تقدیر و تشکر می نمایم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و کسانی که همواره مشوق و راهنمای من در تمامی لحظه های زندگیم بوده‌اند.

چکیده

برآورد دقیق از پارامترهای تقاضاهای لرزه ای از اجزاء ضروری و حیاتی روش طراحی براساس عملکرد می باشد. روش های استاتیکی غیرخطی امروزه به طور گسترده در کارهای مهندسی برای پیش بینی تقاضاهای لرزه ای در سازه ها به کار می روند.

این پایان نامه به بررسی روش های بارافزون برای ارزیابی تقاضاهای لرزه ای قاب های خمشی فولادی ویژه می پردازد. برای این منظور قاب های ۳ و ۵ و ۷ و ۹ طبقه ی طراحی شده بر اساس آیین نامه ایران با روش های بارافزون مودی و بارافزون مودی متوالی و بارافزون کران بالا و بارافزون متناسب با جرم برای ۱۰ رکورد زلزله مورد ارزیابی قرارگرفتند. همچنین تغییرمکان وتغییرمکان نسبی طبقات قاب ها نیز توسط روش بارافزون متعارف با توزیع الگوی بار FEMA-356 ،یعنی الگوی ELF (الگوی نیروی جانبی مثلثی) برآورد شده است.

با تحلیل نتایج حاصل از روش ها مشاهده می شود که روش بارافزون کران بالا پاسخ ها را در طبقات پایین دست پایین و در طبقات بالا دست بالا و به طور عکس روش بارافزون متناسب با جرم پاسخ را در طبقات پایین دست بالا و در طبقات بالا دست پایین تخمین می زنند. روش بارافزون مودی متوالی و بارافزون مودی نیز در ارزیابی تغییرمکان نسبی وتغییرمکان طبقات ازدقت خوبی برخوردارند. از طرف دیگر مقادیر تغییرمکان با اعمال الگوی بار جانبی معادل به هر قاب تا میانگین تغییرمکان بام که با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی به دست آمده، به منظور ارزیابی دقت روش بارافزون مرسوم با سایر پاسخ ها مقایسه شده است و مشاهده شده که روش مرسوم مقادیر نیاز را با خطای کمتری تخمین می زند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول-پیشگفتار

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- تعریف مسئله..... ۲

۱-۳- اهداف..... ۴

۱-۴- ساختار پایان نامه..... ۴

فصل دوم- روش های تحلیل استاتیکی غیر خطی و تحقیقات انجام شده در این زمینه..... ۶

۲-۱- انواع روش های تحلیل در بهسازی..... ۶

۲-۱-۱- تحلیل های خطی..... ۶

۲-۱-۱-۱- روش استاتیکی خطی(LSP)..... ۷

۲-۱-۱-۲- تحلیل دینامیکی خطی (LDP)..... ۸

۲-۱-۲- تحلیل های غیر خطی..... ۸

۲-۱-۲-۱- تحلیل دینامیکی غیر خطی(NDP)..... ۸

۲-۱-۲-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی (NSP)..... ۱۰
۲- ۲- تاریخچه پیدایش و تکامل روش تحلیل استاتیکی غیر خطی..... ۱۲
۲- ۳- مزایا و معایب روش استاتیکی غیر خطی..... ۱۴
۲-۳-۱- مزایای استفاده از تحلیل پوش اور مرسوم در طراحی سازه ها..... ۱۴
۲-۳-۲- معایب تحلیل بارافزون..... ۱۵
۲-۴- اصول روش های بارافزون مرسوم..... ۱۶
۲-۴-۱- فرضیات روش تحلیل استاتیکی غیر خطی..... ۱۶
۲-۴-۲- روش های تعیین تغییر مکان هدف..... ۱۷
۲-۴-۲-۱- روش ضرائب..... ۱۷
۲-۴-۲-۲- روش طیف ظرفیت..... ۱۹
۲-۴-۲-۳- روش N_2 ..... ۲۲
۲-۴-۲-۴- روش بار افزون مودی..... ۲۳
۲-۴- ۳- شکل توزیع بار جانبی در ارتفاع ساختمان..... ۲۳
۲-۵- روش های نوین تحلیل بارافزون..... ۲۴

۲-۵-۱-
مقدمه.....
.....۲۴
۲-۵-۲- روش تحلیل بارافزون مودی
(MPA).....۲۴
۲-۵-۲-۱- معرفی
روش.....
.....۲۴
۲-۵-۲-۲- ارزیابی تحلیل بارافزون مودی توسط محققان
مختلف.....۲۸
۲-۵-۳- روش بارافزون مودی بهبود
یافته(IMPA).....۳۲
۲-۵-۳-۱- معرفی
روش.....
.....۳۲
۲- ۵-۳- ۲- ارزیابی دقت
روش.....
.....۳۴
۲-۵-۴- روش بارافزون متناسب با جرم
(MPP).....۳۴
۲-۵-۴-۱- معرفی
روش.....
.....۳۴
۲- ۵- ۴-۲- ارزیابی دقت
روش.....
.....۳۷
۲- ۵- ۵- روش بارافزون مودی
متوالی(CMP).....۳۷
۲-۵-۵-۱- معرفی
روش.....
.....۳۷
۲-۵-۵-۲- ارزیابی دقت
روش.....
.....۴۱
۲-۵-۶- روش بارافزون مودی تعدیل شده
(MMPA).....۴۱

۲-۵-۶-۱- معرفی روش..... ۴۱
۲-۵-۶-۲- ارزیابی دقت روش..... ۴۲
۲-۵-۷- روش تحلیل بارافزون کران بالا(UBPA)..... ۴۲
۲-۵-۷-۱- معرفی روش..... ۴۲
۲-۵-۷-۲- ارزیابی دقت روش..... ۴۳
۲-۵-۸- روش اصلاح منحنی ظرفیت برعکس شده در مود های بالا..... ۴۴
۲-۵-۹- منحنی ظرفیت بر پایه انرژی(E-B) و تحلیل بار افزون بر مبنای آن..... ۴۶
۲-۵-۹-۱- معرفی روش..... ۴۶
۲-۵-۹-۲- فرمول نویسی بر اساس انرژی جذب شده برای تحلیل بارافزون مودی..... ۴۶
۲- ۵-۹-۳- نتیجه ارزیابی دقت روش..... ۴۹
۲-۵-۹-۴- شرح روش بار افزون مودی بر اساس منحنی ظرفیت انرژی پایه..... ۵۰
۲-۵-۱۰- ارزیابی روش های ذکر شده توسط محققان مختلف..... ۵۰

فصل سوم- معرفی و مدل سازی سازه های مورد مطالعه..... ۵۲

۳-۱- مقدمه..... ۵۲

۳-۲- معرفی قاب های خمشی فولادی با شکل پذیری ویژه..... ۵۲
۳-۲-۱- الزامات قاب خمشی ویژه و متوسط..... ۵۳
۳-۲-۱-۱- کنترل ضابطه تیرضعیف- ستون قوی..... ۵۴
۳-۳- سیستم سازه انتخابی..... ۵۴
۳-۴- بارگذاری قاب ها برای بار زلزله..... ۵۸
۳-۴-۱- محاسبه ضریب زلزله..... ۵۸
۳-۴-۱-۱- محاسبه پارامترهای ضریب زلزله..... ۵۸
۳-۵- بار های زلزله برای تحلیل دینامیکی غیر خطی..... ۶۰
۳-۵-۱- معرفی شتابنگاشت های مورد استفاده در تحلیل ها..... ۶۰
۳- ۵-۲- مقیاس کردن شتابنگاشت ها..... ۶۲
۳- ۶- معرفی نرم افزار Opensees..... ۶۳
۳-۶-۱- کاربرد های Opensees..... ۶۳
۳-۶-۲- فرضیات مدل سازی در نرم افزار Opensees..... ۶۴
۳-۷- مراحل انجام تحلیل ها..... ۶۵
۳-۷-۱- روش تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH)..... ۶۵

۳-۷-۲- مراحل تحلیل بارافزون مودی(MPA).....۶۵
۳-۷-۳- مراحل روش بار افزون متناسب با جرم(MPP).....۶۷
۳-۷-۴- مراحل روش بار افزون کران بالا(UBPA).....۶۷
۳-۷-۵- مراحل بارا فزون پی در پی(CMP).....۶۸
فصل چهارم- ارائه نتایج..... ۶۹
۴-۱- مقدمه.....۶۹
۴-۲- موارد و نتایج تحلیل مدل F5.....۶۹
۴-۳- پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی.....۶۹
۴-۳-۱- نتایج مورد استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی.....۷۵
۴-۴- پاسخ های تحلیل بارافزون مودی(MPA) و بارافزون متناسب با جرم(MPP) و بارافزون مودی متوالی(CMP) و بارافزون کران بالا(UBPA).....۷۵
۴-۴-۱- پاسخ های تحلیل بارافزون مودی(MPA).....۷۵
۴-۵- نمونه ای از نتایج تحلیل ها.....۷۷
۴-۶- نتایج حاصل از تحلیل ها.....۸۰
۴-۶-۱- نتایج مربوط به قاب ۳ طبقه.....۸۱
۴-۶-۲- نتایج مربوط به قاب ۵ طبقه.....۹۶

۴-۶-۳- نتایج مربوط به قاب ۷ طبقه..... ۱۱۰

۴-۶-۴- نتایج طبقات قاب ۹ طبقه..... ۱۲۴

۴-۷- مشارکت مود های بالاتر در پاسخ تحلیل بارافزون مودی..... ۱۳۸

۴-۷-1- بحث خطای محاسبات در روش بارافزون مودی..... ۱۴۲

فصل پنجم- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات..... ۱۴۳

۵-۱- نتیجه گیری..... ۱۴۳

۵-۲- ارائه پیشنهادات..... ۱۴۵

منابع و مراجع..... ۱۴۶

Abstract..... ۱۵۱

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱- منحنی بارافزون[۳]..... ۱۱

شکل ۲-۲- منحنی طیف ظرفیت و طیف پاسخ همراه با یکدیگر در فرمت ADRS[۲۱]..... ۲۰

شکل ۲-۳- رسم منحنی ظرفیت[۲۱]..... ۲۱

شکل ۲-۴- تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت[۲۱]..... ۲۱

شکل ۲-۵- رسم طیف تقاضای طرح و تبدیل آن به منحنی شتاب طیفی در برابر جابجایی طیفی[۲۱]..... ۲۱

شکل ۲-۶- تلاقی دو منحنی و محاسبه نقطه عملکرد[۲۱]..... ۲۲

شکل ۲-۷- دوخطی سازی منحنی بارافزون و (الف) نمودار دو خطی سنتی و (ب) نمودار دو خطی طیفی..... ۲۷

شکل ۲-۸- ساختمان ۹ طبقه [۲]..... ۲۹

شکل ۲-۹- سه مود اول ارتعاش طبیعی ساختمان ۹ طبقه[۲] ۲۹

شکل ۲-۱۰- توزیع نیروی جانبی متناسب با شکل سه مود اول[۲]..... ۲۹

شکل ۲-۱۱- تغییر مکان و تغییر مکان نسبی طبقات با تحلیل بارافزون مودی با یک مود و دو و سه مود و تحلیل تاریخچه پاسخ برای تکان ۱,۵ برابر زلزله ال سنترو..... ۳۰

شکل ۲-۱۲- خطاها در تغییر مکان بام ، تغییرمکان نسبی و چرخش مفاصل پلاستیک برآورد شده به وسیله روش تحلیل بارافزون مودی شامل یک،دو وسه مود نسبت به تحلیل تاریخچه پاسخ غیر خطی برای تکان ۱,۵ برابر زلزله ال سنترو..... ۳۰

شکل ۲-۱۳- مدل های استفاده شده درتحقیق[۲۳]..... ۳۲

شکل ۲-۱۴- نمایش سازه یک درجه آزادی معادل[۲۶] و (الف) ایده آل سازی منحنی پوش اور به صورت منحنی دو خطی و (ب) رابطه شبه شتاب سیستم یک درجه آزادی معادل در مقابل تغییر مکان..... ۳۶

شکل ۲-۱۵- برعکس شدگی منحنی ظرفیت[۳۰]..... ۴۵

شکل ۲-۱۶- مقایسه منحنی های ظرفیت طیفی مود دوم یک قاب به روش های انرژی پایه و مرسوم..... ۴۶

شکل ۲-۱۷- نمایش محاسبه ی کار انجام شده توسط نیروهای جانبی..... ۴۸

شکل ۲-۱۸- تبدیل نمودار بارافزون به منحنی انرژی پایه طیفی[۳۲]..... ۴۹

شکل ۳-۱- پلان تیپ ساختمان های مفروض..... ۵۶

شکل ۳-۲- مقاطع اعضا و (الف) مدل F3 و (ب) مدل F5 و (پ) مدل F7 و (ت) مدل F9 ..... ۵۷

شکل ۳-۳- طیف ترکیبی ده زوج شتابنگاشت به همراه طیف میانگین آنها با میرایی ۵%..... ۶۲

شکل ۳-۴- رفتار هیسترزیس فولاد مصرفی..... ۶۴

شکل ۴-۱- تاریخچه پاسخ بام – زلزله لوماپریتا..... ۷۰

شکل ۴-۲- تاریخچه پاسخ بام – زلزله ویکتوریا..... ۷۰

شکل ۴-۳- تاریخچه پاسخ بام – زلزله ایمپریال ولی..... ۷۱

شکل ۴-۴- تاریخچه پاسخ بام – زلزله ترینیدا..... ۷۱

شکل ۴-۵- تاریخچه پاسخ بام – زلزله مورگان هیل..... ۷۲

شکل ۴-۶- تاریخچه پاسخ بام – زلزله نورثریج (ایستگاه LA - FARING RD)..... ۷۲

شکل ۴-۷- تاریخچه پاسخ بام – زلزله کویوتولیک..... ۷۳

شکل ۴-۸- تاریخچه پاسخ بام – زلزله سیاره مادره..... ۷۳

شکل ۴-۹- تاریخچه پاسخ بام – زلزله نورثریج (ایستگاه LA - HOLLYWOOD STORAGE FF)..... ۷۴

شکل ۴-۱۰- تاریخچه پاسخ بام – زلزله سان فراندو.....۷۴

شکل ۴-۱۱- (الف) منحنی ظرفیت مود اول و(ب) الگوی بار در مود اول.....۷۵

شکل ۴-۱۲- (الف)منحنی ظرفیت مود دوم و (ب) الگوی بار در مود دوم.....۷۶

شکل ۴-۱۳- (الف) منحنی ظرفیت مود سوم و (ب) الگوی بار در مود سوم.....۷۶

شکل ۴-۱۴- تغییرمکان طبقات قاب F5 برای زلزله سانفراندو.....۷۸

شکل ۴-۱۵- خطای روش های MPA و MPP و UBPA و CMP در برآورد تغییرمکان طبقات قاب F5 برای زلزله سانفراندو.....۷۹

شکل ۴-۱۶- تغییرمکان نسبی طبقات قاب F5 زلزله سانفراندو.....۷۹

شکل ۴-۱۷- خطای روش های MPA و MPP و UBPA و CMP در برآورد تغییرمکان نسبی طبقات قاب F5 برای زلزله سانفراندو.....۸۰

شکل ۴-۱۸- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله سانفراندو.....۸۵

شکل ۴-۱۹- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - HOLLYWOOD STORAGE FF).....۸۶

شکل ۴-۲۰- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله

سیاره مادره..... ۸۷

شکل ۴-۲۱- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله کوبیوتولیک..... ۸۸

شکل ۴-۲۲- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - FARING RD)..... ۸۹

شکل ۴-۲۳- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله مورگان هیل..... ۹۰

شکل ۴-۲۴- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ترینیدا..... ۹۱

شکل ۴-۲۵- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ایمپریال ولی..... ۹۲

شکل ۴-۲۶- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ویکتوریا..... ۹۳

شکل ۴-۲۷- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله لوماپریتا..... ۹۴

شکل ۴-۲۸- نمودارهای میانگین تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل زلزله ها به روش های CMP و UBPA وELF و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) ۹۵

شکل ۴-۲۹- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله سانفراندو..... ۹۹

شکل ۴-۳۰- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - HOLLYWOOD STORAGE FF)..... ۱۰۰

شکل ۴-۳۱- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله

سیاره مادره..... ۱۰۱

شکل ۴-۳۲- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله کوبوتولیک..... ۱۰۲

شکل ۴-۳۳- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - FARING RD)..... ۱۰۳

شکل ۴-۳۴- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله مورگان هیل..... ۱۰۴

شکل ۴-۳۵- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ترینیدا..... ۱۰۵

شکل ۴-۳۶- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ایمپریال ولی..... ۱۰۶

شکل ۴-۳۷- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ویکتوریا..... ۱۰۷

شکل ۴-۳۸- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله لوماپریتا..... ۱۰۸

شکل ۴-۳۹- نمودارهای میانگین تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل زلزله ها به روش های CMP و UBPA وELF و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) ۱۰۹

شکل ۴-۴۰- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله سانفراندو..... ۱۱۳

شکل ۴-۴۱- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - HOLLYWOOD STORAGE FF)..... ۱۱۴

شکل ۴-۴۲- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله

سیاره مادره..... ۱۱۵

شکل ۴-۴۳- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله کویوتولیک..... ۱۱۶

شکل ۴-۴۴- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله نورثریج (ایستگاه LA - FARING RD)..... ۱۱۷

شکل ۴-۴۵- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله مورگان هیل..... ۱۱۸

شکل ۴-۴۶- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ترینیدا..... ۱۱۹

شکل ۴-۴۷- نمودارهای تغییرمکان و تغییرمکان نسبی حاصل از تحلیل به روش های CMP و UBPA و MPP و MPA و خطاهای آن ها نسبت به پاسخ های تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (NTH) تحت زلزله ایمپریال ولی..... ۱۲۰