دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش سازه

عنوان پایان نامه :

بررسی رفتار لرزه ای گنبدهای تک لایه فضاکار لملا و دیامتیک تحت بارگذاری نامتقارن برف

استاد راهنما :

دکتر سید امیرالدین صدرنژاد

دکتر حمید محجوب مقدس

دانشجو :

بهنام آذرمهر

تابستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

فرم شماره ۲

تائید هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان بررسی رفتار سازه‌های گنبدی شکل با بازشوها و دیافراگم گنبدی با استفاده از ناسازی هف
توسط آقای آذرمهر صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه دکتری / کارشناسی ارشد در مهندسی عمران گرایش سازه مورد تائید قرار می دهند.

۱- استاد راهنما	آقای دکتر		امضاء
۲- استاد راهنما	آقای دکتر		امضاء
۳- استاد مشاور	آقای دکتر		امضاء
۴- ممتحن خارجی	آقای دکتر		امضاء
۵- ممتحن خارجی	آقای دکتر		امضاء
۶- ممتحن داخلی	آقای دکتر		امضاء
۷- ممتحن داخلی	آقای دکتر		امضاء
۸- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	آقای دکتر		امضاء

دانشکده عمران
تاریخ:

فرم شماره ۳

تایید پایان نامه دکتری / کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه: بررسی رفتار لرزه‌ای گنبدها تحت لایه فضاکار، لمها و دیاستیک تحت بارگذاری نامتقارن برف

استاد راهنما: دکتر سید امیرالدین صدرنژاد - دکتر حمید محجوب مقدس

نام دانشجو: مهام اکرمی

شماره دانشجویی: ۸۷۰۴۰۴۴

اینجانب مهام اکرمی دانشجوی دوره دکتری / کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارایه شده در پایان نامه فوق الذکر توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه فرمت مصوب دانشکده مهندسی عمران را به طور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

تقدیم به :

دو وجود مقدس که توانشان رفت تا به توانایی رسم و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود من و روشنگر راهم باشند :

پدرم ،

بزرگ استادم که درس تلاش و زندگی را از او آموختم و استوارترین پشتوانه زندگیم که همواره چتر محبتش بر سرم بوده است .

مادرم ،

بلند تکیه گاهم ، مظهر صبر و مهربانی که هر چه دارم از اوست و دل انگیزترین راهی مهر که دامان پر مهرش یگانه پناهم بوده است .

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند .

و تقدیم به :

همسرم ،

که دوری مرا تحمل کرد و همواره در رهگذر زندگی یاریگر و دلگرمی من بوده و با تلاش های بی وقفه خود در انجام این تحقیقات مرا یاری نموده است .

برادرم و خواهرم ،

به پاس عاطفه سرشار و قلب های بزرگشان که در این سردترین روزگاران همواره مشوق و پشتیبان من بوده اند .

سپاس و قدردانی

حمد و سپاس ایزد یکتا را سزاست که انسان جاهل را روح معرفت و دانش دمید و او را بدینسان اشرف مخلوقات قرار داد .

با تقدیم بهترین سپاس ها به محضر استاد بزرگوار **جناب آقای دکتر سید امیرالدین صدرنژاد** که در طول انجام این تحقیقات همواره اینجانب را یاور و راهنما بوده و از هیچگونه لطف و مرحمتی دریغ ننموده اند .

همچنین بر خود لازم می دانم که از **جناب آقای دکتر حمید محجوب مقدس** به خاطر همکاری هایشان که در طول انجام این تحقیقات با من داشتند قدردانی و تشکر نمایم .

و در آخر از کلیه دوستان به خصوص آقای مهندس محسن وشوشادی که مرا در مراحل مختلف این تحقیقات یاری نموده اند کمال تشکر را دارم .

چکیده

طراحی سازه ها تحت بار زلزله می تواند بصورت رفتار کشسان یا خمیری صورت پذیرد . در صورتی که طراحی بگونه ای صورت پذیرد که سازه در محدوده کشسان قرار گیرد ، با وجود ایمنی بالا توجیه اقتصادی نخواهد داشت . لذا جهت اقتصادی نمودن طرح می توان از مقاومت سازه در محدوده خمیری سود جست . هنگامی که سازه تحت نیروهای شدید زلزله قرار می گیرد ، بسیاری از نقاط سازه در اثر تغییرشکل های ایجاد شده تسلیم می گردند . بنابراین مقدار زیادی از انرژی زلزله توسط این اجزاء تسلیم شده ، جذب و صرف تغییرشکل می گردد . توانایی پذیرش تغییرشکل های ناشی از این نیروها توسط فراسنجی به نام شکل پذیری ارزیابی می گردد . جهت وارد نمودن شکل پذیری در طراحی سازه ها و استفاده از تمامی ظرفیت سازه حالت خمیری از فراسنجی به نام ضریب رفتار جهت کاهش مقادیر واقعی نیروهای زلزله استفاده می شود . هدف از این رساله بررسی ضریب رفتار ، زمان تناوب و شکل پذیری گنبدهای تک لایه لملا و دیامتیک تحت زلزله می باشد که با استفاده از روش اجزای محدود ، سازه ها مدلسازی شده و سپس تحت تحلیل غیرخطی مصالح و غیرخطی هندسی با بار استاتیکی افزاینده و تحت بارگذاری متقارن و نامتقارن برف قرار گرفته تا سازه ناپایدار شود . در نهایت منحنی های نیرو - تغییرمکان بدست می آید و با استفاده از شیوه های ارائه شده ، ضریب رفتار این سازه ها محاسبه گردیده و با یکدیگر مقایسه می شود . سپس رابطه ای بین ضریب رفتار و زمان تناوب این نوع گنبدها ارائه می گردد . همچنین با تحلیل غیرخطی دینامیکی ، نمودار شکل پذیری گنبدها در ترازهای مختلف رسم شده و با یکدیگر مقایسه می شود .

کلمات کلیدی

گنبدهای تک لایه - تحلیل غیرخطی - ضریب رفتار - زمان تناوب - شکل پذیری - بار برف

عنوان مطالب **شماره صفحه**

فصل اول : سازه های فضاکار.....۳۱-۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تعریف و تاریخچه ۲

۱-۳- انواع سازه های فضاکار ۳

۱-۳-۱- شبکه های تخت ۳

۱-۳-۱-۱- شبکه های دو لایه 3

۱-۳-۱-۲- شبکه های سه لایه 4

۱-۳-۲- چلیک ها ۵

۱-۳-۳- گنبدها ۶

۱-۳-۴- سازه های تاشو ۸

۱-۳-۵- سازه های کش بستی ۹

۱-۳-۶- پل های فضاکار ۱۰

۱-۳-۷- سازه های ماهواره ای ۱۰

۱-۴- سازه های فضاکار گنبدی تک لایه ۱۱

۱-۴-۲- انواع گنبدها بر اساس ارتفاع ۱۱

۱-۴-۲- انواع گنبدها از دیدگاه توزیع بار ۱۱

۱-۴-۳- تقسیم بندی گنبدها از لحاظ چگونگی روش باربری ۱۲

۱-۴-۴- تقسیم بندی گنبدها از نظر رفتاری ۱۴

عنوان مطالب	شماره صفحه

۱-۴-۵- روش های مختلف نصب سازه های فضاکار ۱۶

۱-۵- اجزای تشکیل دهنده سازه های فضاکار ۱۷

۱-۵-۱- اجزاء ۱۷

۱-۵-۲- اتصالات ۱۷

۱-۵-۲-۱- اتصالات کروی یا توپی ۱۹

۱-۵-۲-۲- اتصالات کاسه ای ۲۰

۱-۵-۲-۳- اتصالات صفحه ای ۲۱

۱-۵-۲-۴- اتصالات چاک دار یا چفت شده ۲۲

۱-۵-۲-۵- اتصالات پوسته ای ۲۳

۱-۵-۲-۶- اتصالات ترکیبی ۲۴

۱-۶- امتیازات ۲۵

۱-۷- انواع مکانیزم های خرابی و مودهای ناپایداری در گنبدهای فضاکار ۲۶

۱-۷-۱- عوامل اساسی مؤثر بر رفتار کمانشی ۲۶

۱-۷-۲- مودهای ناپایداری کمانشی ۲۷

فصل دوم : نتایج تحقیقات گذشته در مورد ضریب رفتار گنبدها.....۴۴ - ۳۲

۲-۱- مقدمه ۳۲

۲-۲- تحقیقات در ایران ۳۳

۲-۲-۱-مقایسه و بررسی مقادیر ضریب رفتار محاسبه شده در انواع گنبدها ۳۵

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۲-۲-۲- مقایسه زمان تناوب گنبدهای مورد مطالعه ۳۸

فصل سوم : تحلیل غیرخطی استاتیکی و دینامیکی.....۸۲- ۴۵

۳-۱- مقدمه ۴۵

۳-۱- اهمیت رفتار غیرخطی در گنبدهای فضاکار ۴۶

۳-۳-انواع روش های تحلیل ۴۸

۳-۴- تحلیل استاتیکی غیرخطی با استفاده از روش های عددی ۴۹

۳-۵- مفهوم ضریب رفتار ۵۵

۳-۶- روش به دست آوردن فراسنج های مؤثر در طراحی لرزه ای با استفاده از منحنی رانش سازه ۵۷

۳-۶-۲- ضریب برش پایه طراحی ۵۸

۳-۶-۲- ضریب شکل پذیری (μ_s) ۶۱

۳-۶-۳- ضریب کاهش شکل پذیری (R_μ) ۶۵

۳-۶-۴- عوامل مؤثر بر ضریب کاهش شکل پذیری (R_μ) ۶۵

۳-۶-۳-۲- روش های محاسبه ضریب کاهش شکل پذیری (R_μ) ۶۸

۳-۶-۴- ضریب اضافه مقاومت (Ω) ۶۹

۳-۶-۴-۱- عوامل مؤثر بر ضریب اضافه مقاومت (Ω) ۷۰

۳-۶-۴-۲- روش محاسبه ضریب اضافه مقاومت (Ω) ۷۱

۳-۶-۳-۱- تعیین ضریب رفتار ۷۲

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۳-۷- تحلیل دینامیکی غیرخطی با استفاده از روش های عددی ۷۴

فصل چهارم : نتایج تحلیل غیرخطی استاتیکی.....۱۴۶- ۸۳

۴-۱- مدلسازی و تحلیل گنبدها ۸۳

۴-۱-۱- مدلسازی اولیه ۸۳

۴-۱-۲- بارهای در نظر گرفته شده روی سازه و مقاطع اجزاء و مواد به کار برده شده ۸۳

۴-۱-۲-۱- بار مرده ۸۳

۴-۱-۲-۲- بار زنده (سربار برف) ۸۴

۴-۱-۲-۳- بار زلزله ۸۵

۴-۱-۳- شرایط تکیه گاهی ۸۷

۴-۱-۴- اتصالات در سازه ها ۸۷

۴-۱-۵- مواد و مقاطع اجزاء ۸۸

4-2- نتایج تحلیل ها ۸۹

۴-۲-۱- گنبدهای لملا ۸۹

۴-۲-۲- گنبدهای دیامتیک ۱۰۹

۴-۳- بررسی صحت نتایج تحلیل ۱۲۷

فصل پنجم : نتایج تحلیل غیرخطی دینامیکی.....۱۷۷- ۱۴۷

۵-۱- مشخصات شتابنگاشت های انتخاب شده ۱۴۷

عنوان مطالب **شماره صفحه**

۵-۲- مقیاس کردن شتابنگاشت ها ۱۴۹

۵-۳- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی روی گنبدها ۱۵۱

۵-۳-۱- گنبدهای لملا ۱۵۲

۵-۳-۲- گنبدهای دیامتیک ۱۵۹

۵-۴-بررسی صحت نتایج تحلیل 166

فصل ششم : نتایج و پیشنهادات.....۱۸۳- ۱۷۸

۶-۱- نتایج حاصل از تحلیل رانش گنبدها ۷۸۱

۶-۲- پیشنهادات ۱۸۲

مراجع ۱۸۶-۱۸۴

عنوان اشکال **شماره صفحه**

فصل اول : سازه های فضاکار

شکل ۱-۱ : نمونه ای از سازه های فضاکار اولیه ۲

شکل ۱-۲ : نمونه هایی از شبکه های تخت ۴

شکل ۱-۳ : انواع چلیک ها ۵

شکل ۱-۴ : نمونه ای از گنبدها ۶

شکل ۱-۵ : انواع گنبدها ۷

شکل ۱-۶ : نمونه هایی از سازه های تاشو ۹

شکل ۱-۷ : نمونه هایی از سازه کش بستنی ۱۰

شکل ۱-۸ : نمایش مشخصات ابعادی گنبد ۱۱

شکل ۱-۹ : گنبدهای سه طرفه و چهار طرفه ۱۲

شکل ۱-۱۰ : گنبدهای دندانه ای ۱۲

شکل ۱-۱۱ : گنبدهای شودلر ۱۳

شکل ۱-۱۲ : گنبد لملا ۱۳

شکل ۱-۱۳ : گنبد دیامتیک ۱۴

شکل ۱-۱۴ : گنبد شبکه ای ۱۴

شکل ۱-۱۵ : گنبدهای ژئودزیک ۱۵

شکل ۱-۱۶ : گنبدها با پوسته تحت تنش ۱۶

شکل ۱-۱۷ : اتصال مرو ۱۹

شکل ۱-۱۸ : اتصال تیوبال ۲۱

شکل ۱-۱۹ : اتصال هشت لوله ای ۲۲

شکل ۱-۲۰ : انواع اتصالات تریودتیک (در خرپا و در شبکه مسطح) ۲۳

شکل ۱-۲۱ : اتصال اکتاپلیت ۲۴

شکل ۱-۲۲ : اتصال ترکیبی ۲۴

شکل ۱-۲۳ : ناپایداری عضو ۲۷

عنوان اشکال **شماره صفحه**

شکل ۱-۲۴ : ناپایداری گره ۲۸

شکل ۱-۲۵ : ناپایداری پیچشی گره و انواع مودهای آن ۲۸

شکل ۱-۲۶ : ناپایداری خطی ۲۹

شکل ۱-۲۷ : ناپایداری کلی ۲۹

شکل ۱-۲۸ : ناپایداری مرکب ۳۰

شکل ۱-۲۹ : چگونگی گسترش کمانش محلی در یک شبکه ۳۱

فصل دوم : نتایج تحقیقات گذشته در مورد ضریب رفتار گنبدها

شکل ۲-۱ : مقایسه دو مقدار ضریب رفتار محاسبه شده برای گنبدهای دندانه ای ۳۳

شکل ۲-۲ : مقایسه دو مقدار ضریب رفتار محاسبه شده برای گنبدهای شودلر ۳۴

شکل ۲-۳ : مقایسه دو مقدار ضریب رفتار محاسبه شده برای گنبدهای مشبک ۳۴

شکل ۲-۴ : ضریب رفتار گنبدها در ابعاد مختلف ۳۶

شکل ۲-۵ : بررسی تغییرات ضریب رفتار در انواع گنبدها ۳۶

شکل ۲-۶ : تغییرات زمان تناوب با ابعاد و نوع گنبدها ۳۹

شکل ۲-۷ : مقادیر ضریب رفتار در انواع گنبدهای شودلر ۳۹

شکل ۲-۸ : مقایسه ضریب رفتار بدست آمده از روابط تجربی در گنبدهای شودلر ۴۱

شکل ۲-۹ : ضریب رفتار بدست آمده در انواع گنبدهای شودلر ۴۱

شکل ۲-۱۰ : مقایسه بین زمان تناوب بدست آمده از نرم افزار و زمان تناوب محاسبه شده توسط رابطه تجربی در انواع گنبدها ۴۲

شکل ۲-۱۱ : مقایسه رابطه بین ضریب رفتار و زمان تناوب بدست آمده درگنبدهای دندانه ای ۴۳

شکل ۲-۱۲ : مقایسه ضریب رفتار بدست آمده از روابط در گنبدهای دندانه ای ۴۴

فصل سوم : تحلیل غیرخطی استاتیکی و دینامیکی

شکل ۳-۱ : اثرات انواع غیرخطی بر سازه های فضاکار ۴۷

عنوان اشکال **شماره صفحه**

شکل ۳-۲ : جزء تیر سه بعدی ۵۰

شکل 3-۳ : یک نمونه از منحنی رانش سازه ۵۴

شکل 3-۴ : سطح زیر منحنی نیرو - تغییرمکان در رفتار الاستیک و الاستوپلاستیک ۵۶

شکل 3-۵ : رفتار کلی سازه ۵۷

شکل 3-۶ : رفتار مصالح شکل پذیر و شکننده ۶۲

شکل 3-۷ : روش دستورالعمل $FEMA$ برای دوخطی کردن منحنی نیرو - تغییرمکان ۶۲

شکل 3-۸ : تغییرات طیف های شتاب (S_a) ، سرعت (S_v) و جابجایی (S_d) نسبت به زمان تناوب ۶۹

شکل ۳-۹ : نمودار سختی مماسی و تقاطعی ۷۸

شکل ۳-۱۰ : تکرار نیوتن - رافسون در یک گام زمانی برای سیستم های غیرخطی ۸۰

فصل چهارم : نتایج تحلیل غیرخطی استاتیکی

شکل ۴-۱ : نحوه بارگذاری بار برف روی یک منحنی ساده ۸۵

شکل ۴-۲ : ضرایب برش طبقات $\boldsymbol{C_{Vi}}$, $\boldsymbol{C_{Hi}}$ برای گنبدها تحت شتاب های افقی ۸۶

شکل ۴-۳ : گنبد لملا نوع اول ۹۰

شکل ۴-۴ : کانتور تنش گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۰

شکل ۴-۵ : تغییرشکل گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۱

شکل ۴-۶ : نمودار نیروی محوری گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۲

شکل ۴-۷ : نمودار نیروی برشی راستای y گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۳

شکل ۴-۸ : نمودار نیروی برشی راستای z گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۴

شکل ۴-۹ : نمودار لنگر پیچشی گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۵

عنوان اشکال **شماره صفحه**

شکل ۴-۱۰ : نمودار لنگر خمشی حول محور y گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۹۶

شکل 4-11 : نمودار تنش خمشی حول محور z گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن 97

شکل 4-12 : منحنی رانش گنبد لملا نوع اول 99

شکل 4-13 : منحنی محاسبه ضریب رفتار گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن 99

شکل 4-14 : منحنی محاسبه ضریب رفتار گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف نامتقارن 100

شکل 4-15 : منحنی رانش گنبد لملا نوع دوم 101

شکل 4-16 : منحنی رانش گنبد لملا نوع سوم 102

شکل 4-17 : منحنی رانش گنبد لملا نوع چهارم 103

شکل 4-18 : منحنی رانش گنبد لملا نوع پنجم 104

شکل 4-19 : منحنی رانش گنبد لملا نوع ششم 105

شکل ۴-۲۰ : مقادیر ضریب رفتار در انواع گنبدهای لملا ۱۰۷

شکل ۴-۲۱ : مقادیر زمان تناوب در انواع گنبدهای لملا ۱۰۷

شکل ۴-۲۲ : رابطه ضریب رفتار و زمان تناوب در گنبدهای لملا ۱۰۸

شکل ۴-۲۳ : گنبد دیامتیک نوع اول ۱۱۰

شکل ۴-۲۴ : کانتور تنش گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۰

شکل ۴-۲۵ : تغییرشکل گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۱

شکل ۴-۲۶ : نمودار نیروی محوری گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۲

شکل ۴-۲۷ : نمودار نیروی برشی راستای y گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۳

شکل ۴-۲۸ : نمودار نیروی برشی راستای z گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۴

شکل ۴-۲۹ : نمودار لنگر پیچشی گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۵

شکل ۴-۳۰ : نمودار لنگر خمشی حول محور y گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۱۶

عنوان اشکال **شماره صفحه**

شکل 4-31 : نمودار لنگر خمشی حول محور z گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله 117

شکل 4-32 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع اول 118

شکل 4-33 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع دوم 119

شکل 4-34 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع سوم 120

شکل 4-35 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع چهارم 121

شکل 4-36 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع پنجم 122

شکل 4-37 : منحنی رانش گنبد دیامتیک نوع ششم 123

شکل ۴-۳۸ : مقادیر ضریب رفتار در انواع گنبدهای دیامتیک ۱۲۴

شکل ۴-۳۹ : مقادیر زمان تناوب در انواع گنبدهای دیامتیک ۱۲۵

شکل ۴-۴۰ : رابطه ضریب رفتار و زمان تناوب در گنبدهای دیامتیک ۱۲۶

شکل ۴-۴۱ : موقعیت جزء ۶۴ ۱۲۷

شکل ۴-۲۴ : کانتور تنش جزء ۶۴ ۱۲۸

شکل ۴-۴۳ : تغییرشکل جزء ۶۴ ۱۲۹

شکل ۴-۴۴ : نمودار نیروی محوری جزء ۶۴ ۱۳۰

شکل ۴-۴۵ : نمودار نیروی برشی راستای y جزء ۶۴ ۱۳۱

شکل ۴-۴۶ : نمودار نیروی برشی راستای z جزء ۶۴ ۱۳۲

شکل ۴-۴۷ : نمودار لنگر پیچشی جزء ۶۴ ۱۳۳

شکل ۴-۴۸ : نمودار لنگر خمشی حول محور y جزء ۶۴ ۱۳۴

شکل ۴-۴۹ : نمودار لنگر خمشی حول محور z جزء ۶۴ ۱۳۵

شکل ۴-۵۰ : شکل شماتیک از جزء ۶۴ و اجزای متصل به آن ۱۳۶

شکل ۴-۵۱ : شکل شماتیک از جزء ۶۴ و فنرهای معادل ۱۳۶

شکل ۴-۵۲ : مراحل انجام محاسبه ماتریس سختی فنرهای معادل K_e ۱۳۷

شکل ۴-۵۳ : نمودار محاسبه ماتریس سختی فنرهای معادل K_e ۱۳۸

عنوان اشکال **شماره صفحه**

فصل پنجم : نتایج تحلیل غیرخطی دینامیکی

شکل ۵-۱ : نمودار شتاب - زمان مربوط به رکورد حوزه دور رکورد ۱ ۱۴۸

شکل ۵-۲ : نمودار سرعت - زمان مربوط به رکورد حوزه دور رکورد ۱ ۱۴۸

شکل ۵-۳ : نمودار جابجایی - زمان مربوط به رکورد حوزه دور رکورد ۱ ۱۴۸

شکل ۵-۴ : رکوردهای مقیاس شده حوزه دور برای گنبد لملا نوع دوم متقارن در مود اول سازه ۱۴۹

شکل ۵-۵ : رکوردهای مقیاس شده حوزه دور برای گنبد دیاماتیک نوع دوم متقارن در مود اول سازه ۱۵۰

شکل ۵-۶ : تعریف طبقات گنبدها و گره های مورد تحلیل در هر طبقه ۱۵۱

شکل ۵-۷ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۲

شکل ۵-۸ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع اول با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۲

شکل ۵-۹ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع اول ۱۵۲

شکل ۵-۱۰ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع دوم با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۳

شکل ۵-۱۱ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع دوم با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۳

شکل ۵-۱۲ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع دوم ۱۵۳

شکل ۵-۱۳ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع سوم با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۴

شکل ۵-۱۴ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع سوم با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۴

شکل ۵-۱۵ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع سوم ۱۵۴

عنوان اشکال **شماره صفحه**

شکل ۵-۱۶ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع چهارم با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۵

شکل ۵-۱۷ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع چهارم با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۵

شکل ۵-۱۸ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع چهارم ۱۵۵

شکل ۵-۱۹ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع پنجم با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۶

شکل ۵-۲۰ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع پنجم با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۶

شکل ۵-۲۱ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع پنجم ۱۵۶

شکل ۵-۲۲ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع ششم با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۷

شکل ۵-۲۳ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع ششم با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۷

شکل ۵-۲۴ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد لملا نوع ششم ۱۵۷

شکل ۵-۲۵ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبدهای لملا با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۸

شکل ۵-۲۶ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبدهای لملا با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۸

شکل ۵-۲۷ : میانگین شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبدهای لملا ۱۵۸

شکل ۵-۲۸ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف متقارن و زلزله ۱۵۹

شکل ۵-۲۹ : شکل پذیری ناشی از تغییرمکان نسبی طبقات گنبد دیامتیک نوع اول با بارگذاری برف نامتقارن و زلزله ۱۵۹