بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران- سازه

تعیین بار معادل استاتیکی زلزله بر روی شبکه های تخت دو لایه

استاد راهنما :

دکتر ارژنگ صادقی

استاد مشاور :

دکتر محمدرضا امامی آزادی

پژوهشگر:

سروه احمدزاده

آذر/۹۲

تبریز/ ایران

تقدیم به

مادر مهربانم که تمامی موفقیت های زندگی‌ام را مدیون ایثارهای ایشان بوده ام

و خواهران و برادران عزیزم که همواره با حمایت های بی دریغشان چراغ امید را در دلم زنده نگه داشته اند.

قدردانی

الهی؛ اکنون که به یاری تو یکی دیگر از مراحل تحصیل را به پایان رسانده ام، شکر گذار درگاهت بوده و بر خود واجب می دانم تا از تمامی عزیزانی که در مراحل مختلف این امر، و نگارش این تحقیق مرا یاری نمودند شکر و قدردانی نمایم.

بر خود لازم می دانم تا از استاد فرزانه، آموزگار درس علم و اخلاق، **جناب آقای دکتر ارژنگ صادقی** که با راهنمایی های ارزنده در پیشبرد این تحقیق مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می نمایم. از استاد ارجمند **جناب آقای دکتر محمد رضا امامی آزادی** که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند و مرا از راهنمایی هایشان بهره مند نمودند تشکر و قدردانی می نمایم. همچنین از استاد بزرگوار، **جناب آقای دکتر بهمن شروانی تبار** که زحمت داوری این پایان نامه را عهده دار بوده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان لازم می دانم از آقایان دکتر یاسر شهبازی، اسمعیلی، موسوی، واحدی، خانم الهام قندی، سولماز فرجی و کلیه دوستانی که در پیشبرد این تحقیق مرا یاری نموده اند، تشکر و قدردانی نمایم.

سروه احمدزاده

آذر ۹۲

تبریز- ایران

چکیده

سازه های مشبک فضایی یکی از انتخاب های رایج برای پوشش فضاهای بزرگ است. این سازه ها همچنین به عنوان سر پناه های موقت پس از زلزله های قوی و مخرب مورد استفاده قرار می گیرند. بدلیل سبکی ودرجه نامعینی زیاد سازه های فضاکار چنین تصور می شد که این سازه ها در برابر زلزله از مقاومت بالایی برخوردار بوده وضد زلزله می باشند. ولی بعد از وقوع زلزله کوبه در سال ۱۹۹۵ مشاهده شد که این سازه هاهرچند نسبت به سازه های معمولی ایمن ترند ولی نباید آنها را مطلقا مصون و ضدزلزله پنداشت. با توجه به این مطلب کارهای متعددی بر روی رفتاردینامیکی سازه های فضاکار در مقابل زلزله انجام گرفته است.با این حال نتایج در دسترس از مطالعه بر روی رفتار لرزه ای این سازه ها کافی نیستند. با توجه به نبود دستورالعمل مشخص و روابط آئین نامه ای در رابطه با میزان بار ناشی از زلزله ونحوه اعمال آن بر روی سازه های فضاکار، هدف از این پایان نامه محاسبه وتوزیع بارهای زلزله در جهت قائم به صورت استاتیکی معادل بر روی شبکه های تخت دولایه می باشد.در کار فعلی، خصوصیات دینامیکی ،رفتار خطی و غیر خطی شبکه های تخت دو لایه مورد مطالعه قرار گرفته است.نشان داده شده است که این شبکه ها در زلزله آسیب پذیر بوده و رفتار شکننده ای از خود نشان داده اند ، بنابراین بایستی به دقت طراحی شوند. برای ساده سازی روش ارزیابی بار معادل زلزله بر روی شبکه های تخت دو لایه، فرمول هایی ارائه شده است.

کلید واژه: شبکه تخت دولایه، آنالیز دینامیکی، بار استاتیکی معادل، رفتار غیر خطی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات و مقدمه

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۲ سازه فضاکار ۲

۱-۳ تاریخچه سازه فضاکار ۲

۱-۴ دلایل شهرت سازه های فضاکار و خصوصیات آن ۳

۱-۵ طبقه بندی سازه های فضاکار ۳

۱-۶ انواع مدل های هندسی سازه های فضاکار ۴

۱-۶-۱ شبکه های تخت ۴

۱-۶-۱-۱ تفاوت شبکه های تک لایه با دو یا چند لایه..... ۵

۱-۶-۲ شبکه های چلیک..... ۶

۱-۶-۳ شبکه های گنبد..... ۷

۱-۶-۴ سایر شکل ها(برج ها و شبکه های Lattice) ۸

۱-۷ ویژگی های سازه های فضاکار ۹

۱-۸ معایب و محدودیت های سازه های فضاکار ۱۰

۱-۹ خلاصه مطالب ارائه شده در فصول پایان نامه..... ۱۱

فصل دوم: مروری برمطالعات انجام شده در مورد ارزیابی نیروی استاتیکی معادل زلزله بر روی سازه های فضاکار

۲-۱ مقدمه..... ۱۲

۲-۲ نمونه هایی از خرابی سازه های فضاکار در اثر زلزله ۱۳

۲-۳ نیروی استاتیکی معادل زلزله ۱۴

۲-۴ ارزیابی اثر زلزله بر روی سازه های فضاکار ۱۵

۲-۵ ارزیابی نیروی استاتیکی معادل زلزله در شبکه های تخت دو لایه ۱۶

۲-۵-۱ روش ضریب نیروهای خارجی ۱۶

۲-۵-۲ روش ضریب نیروی داخلی ۱۷
۲-۶ نیروی افقی زلزله ۲۰
۲-۷ تعیین نیروی استاتیکی معادل زلزله در چلیک های دولایه ۲۰
۲-۸ تعیین نیروی معادل استاتیکی زلزله بر گنبد های تک لایه ۲۲
۲-۹ ارائه روابط استاتیک معادل بر روی گنبد های فضاکار دولایه ۲۴
۲-۱۰ تخمین نیروهای لرزه ای معادل استاتیکی در گنبد های مشبک تک لایه با بافتار مثلثی..... ۲۶
۲-۱۱ ارزیابی میزان بار استاتیکی معادل زلزله بر روی گنبدهای مشبک یک لایه..... ۲۷
۲-۱۲ ارزیابی میزان باراستاتیکی معادل زلزله بر روی گنبدهای مشبک دو لایه ۲۹

فصل سوم: مدل سازی عناصرمحدود

۳-۱ مقدمه..... ۳۲
۳-۲ آشنایی با نرم افزار Formian ۳۳
۳-۳ نحوه مدل سازی و انتخاب شبکه های تخت دو لایه برای آنالیز..... ۳۳
۳-۴ انتقال اطلاعات فرمکسی از Formian به SAP2000 ..... ۳۴
۳-۵ بارگذاری..... ۳۵
۳-۶ بارهای وارد بر سازه فضاکار..... ۳۶
۳-۷ نحوه بارگذاری شبکه های تخت دو لایه ۳۷
۳-۸ شرایط تکیه گاهی ۳۸
۳-۹ تحلیل استاتیکی در نرم افزار SAP..... ۳۸
۳-۱۰ نحوه انتقال تاشه انتخابی از Formian به نرم افزارهای Sap و Ansys ۴۰
۳-۱۱ معرفی المان های مورد استفاده در Ansys ۴۰
۳-۱۱-۱ المان Link 180 ..... ۴۰
۳-۱۱-۲ المان Mass 21 ..... ۴۱
۳-۱۲ آنالیز مودال"Modal Analaysis" ۴۲
۳- ۱۳پارامترهای دینامیکی شبکه های دو لایه ۴۳
۳-۱۴ مشخصه های میرایی ۴۳
۳-۱۴-۱ محاسبه ضرایب رایلی ۴۵

۳-۱۵ تحلیل دینامیکی..... ۴۶
۳-۱۵-۱ تحلیل تاریخچه زمانی ۴۶
۳-۱۵-۲ مولفه قائم زلزله ۴۶
۳-۱۶ تحلیل غیر خطی ۴۷
۳-۱۶-۱ رفتار غیر خطی مصالح ۴۷
۳-۱۷ تاریخچه زمانی تغییرات شتاب(شتاب نگاشت) ۴۸
۳-۱۸ تعیین شتاب نگاشت زلزله مناسب جهت تحلیل شبکه های تخت ۴۹
۳-۱۹ مقیاس کردن شتابنگاشتها براساس طیف طرح آئین نامه ایران ۵۲

فصل چهارم: یافته های پژوهش

۴-۱ مقدمه..... ۵۳
۴-۲ نتایج تحلیل دینامیکی مربوط به مدل یک ۵۴
۴-۲-۱ زلزله Imperial Valley ۵۴
۴-۲-۱-۱ برش پایه بحرانی ۵۴
۴-۲-۱-۲ توزیع واکنش نیروی قائم در گره ها ۵۴
۴-۲-۱-۳ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل یک-زلزله Imperial Valley ۵۶
۴-۲-۲ زلزله Kobe ۶۰
۴-۲-۲-۱ برش پایه بحرانی ۶۰
۴-۲-۲-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل یک-زلزله Kobe ۶۰
۴-۲-۳ زلزله Northridge ۶۴
۴-۲-۳-۱ برش پایه بحرانی ۶۴
۴-۲-۳-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل یک-زلزله Northridge ۶۴
۴-۲-۴ زلزله Tabas ۶۸
۴-۲-۴-۱ برش پایه بحرانی ۶۸
۴-۲-۴-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل یک-زلزله Tabas ۶۸
۴-۲-۵ زلزله San Fernando ۷۲

۴-۲-۵-۱برش پایه بحرانی ۷۲
۴-۲-۵-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل یک-زلزله San Fernando ۷۲
۴-۲-۶ ترسیم تغییرات نیروی قائم خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل یک ۷۶
۴-۲-۷ ترسیم تغییرات نیروی قائم نرمال شده خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل یک ... ۷۸
۴-۲-۸ ترسیم میانگین نتایج نرمال شده برای کلیه شتابنگاشتها بر روی یک منحنی در خطوط B,C,D برای مدل یک..... ۸۰
۴-۳ نتایج تحلیل دینامیکی مربوط به مدل دو ۸۲
۴-۳-۱زلزله Imperial Valley ۸۲
۴-۳-۱-۱برش پایه بحرانی ۸۲
۴-۳-۱-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل دو-زلزله Imperial Valley ۸۲
۴-۳-۲ زلزله Kobe ۸۲
۴-۳-۲-۱ برش پایه بحرانی ۸۶
۴-۳-۲-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه دو-زلزله Kobe ۸۶
۴-۳-۳ زلزله Northridge ۹۰
۴-۳-۳-۱برش پایه بحرانی ۹۰
۴-۳-۳-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه دو-زلزله Northridge ۹۰
۴-۳-۴ زلزله Tabas ۹۴
۴-۳-۴-۱ برش پایه بحرانی ۹۴
۴-۳-۴-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه دو-زلزله Tabas ۹۴
۴-۳-۵ زلزله San Fernando ۹۸
۴-۳-۵-۱ برش پایه بحرانی ۹۸
۴-۳-۵-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه دو-زلزله San Fernando ۹۸
۴-۳-۶ ترسیم تغییرات نیروی قائم خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل دو ۱۰۲
۴-۳-۶-۱ ترسیم تغییرات نیروی قائم نرمال شده خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل دو..... ۱۰۴

۴-۳-۶-۲ ترسیم میانگین نتایج نرمال شده برای کلیه شتابنگاشتها بر روی یک منحنی در خطوط B,C,D برای مدل دو ۱۰۶
۴-۴ نتایج تحلیل دینامیکی مربوط به مدل سه ۱۰۸
۴-۴-۱ زلزله Imperial Valley ۱۰۸
۴-۴-۱-۱ برش پایه بحرانی ۱۰۸
۴-۴-۱-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل سه-زلزله Imperial Valley ۱۰۸
۴-۴-۲ زلزله Kobe ۱۱۲
۴-۴-۲-۱ برش پایه بحرانی ۱۱۲
۴-۴-۲-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه سه-زلزله Kobe ۱۱۲
۴-۴-۳ زلزله Northridge ۱۱۶
۴-۴-۳-۱ برش پایه بحرانی ۱۱۶
۴-۴-۳-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه سه-زلزله Northridge ۱۱۶
۴-۴-۴ زلزله Tabas ۱۲۰
۴-۴-۴-۱ برش پایه بحرانی ۱۲۰
۴-۴-۴-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه سه-زلزله Tabas ۱۲۰
۴-۴-۵ زلزله San Fernando ۱۲۴
۴-۴-۵-۱ برش پایه بحرانی ۱۲۴
۴-۴-۵-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی شبکه سه-زلزله San Fernando ۱۲۴
۴-۴-۶ ترسیم تغییرات نیروی قائم خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل سه ۱۲۸
۴-۴-۷ ترسیم تغییرات نیروی قائم نرمال شده خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل سه ۱۳۰
۴-۴-۸ ترسیم میانگین نتایج نرمال شده برای کلیه شتابنگاشت ها بر روی یک منحنی در خطوط B,C,D برای مدل سه ۱۳۲
۴-۵ نتایج تحلیل دینامیکی مربوط به مدل چهار ۱۳۴
۴-۵-۱ زلزله Imperial Valley ۱۳۴
۴-۵-۱-۱ برش پایه بحرانی ۱۳۴
۴-۵-۱-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل چهار-زلزله Imperial Valley ۱۳۴
۴-۵-۲ زلزله Kobe ۱۳۸

۴-۵-۲-۱ برش پایه بحرانی ۱۳۸

۴-۵-۲-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل چهار-زلزله Kobe ۱۳۸

۴-۵-۳ زلزله Northridge ۱۴۲

۴-۵-۳-۱ برش پایه بحرانی ۱۴۲

۴-۵-۳-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل چهار -زلزله Northridge ۱۴۲

۴-۵-۴ زلزله Tabas ۱۴۶

۴-۵-۴-۱ برش پایه بحرانی ۱۴۶

۴-۵-۴-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل چهار -زلزله Tabas ۱۴۶

۴-۵-۵ زلزله San Fernando ۱۵۰

۴-۵-۵-۱ برش پایه بحرانی ۱۵۰

۴-۵-۵-۲ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات قائم نیروی مدل چهار -زلزله San Fernando ۱۵۰

۴-۵-۶ ترسیم تغییرات نیروی قائم خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل چهار ۱۵۴

۴-۵-۷ ترسیم تغییرات نیروی قائم نرمال شده در خطوط B,C,D برای شتابنگاشت های انتخابی در مدل چهار ۱۵۶

۴-۵-۸ ترسیم میانگین نتایج نرمال شده برای کلیه شتابنگاشت ها بر روی یک منحنی در خطوط B,C,D برای مدل چهار ۱۵۸

۴-۶ میانگین گیری نهائی از تغییرات نیروی قائم و ترسیم نمودارهای نهایی ۱۶۰

۴-۶-۱ میانگین گیری نهائی از تغییرات نیروی قائم نرمال شده در تمامی مدلها ۱۶۰

۴-۶-۲ ترسیم نمودارهای نهائی ۱۶۴

۴-۷ محاسبه الگوی بار قائم معادل زلزله ۱۶۷

۴-۷-۱ نمودار الگوی کلی بار قائم ز ۱۶۷

۴-۷-۱-۱ نمودار الگوی کلی بار قائم زلزله برازش یافته بر منحنی های میانگین در Line B,C,D ۱۷۲

۴-۷-۱-۲ نحوه توزیع بار قائم معادل زلزله در شبکه های تخت ۱۷۴

۴-۷-۲ الگوی نسبی بار قائم زلزله ۱۷۶

۴-۷-۲-۱ تعداد گره های موجود در هر پله از نمودار پله ای الگوی بار قائم ۱۷۶
۴-۷-۳ محاسبه نیروهای ناشی از زلزله قائم در هر گره ۱۸۰
۴-۸ تعیین روابط جهت استخراج برش پایه قائم سازه ۱۸۰
۴-۸-۱ بدست آوردن α برای سازه های تخت ۱۸۱
۴-۹ بررسی کارایی روابط ارائه شده ۱۸۵
۴-۹-۱ آنالیز استاتیکی ۱۸۵
۴-۹-۲ مقایسه زمان تناوب شبکه ها با توجه به بارگذاری اولیه GD,GE,GEs ۱۸۶
۴-۹-۳ مقایسه زمان تناوب در بارگذاری اولیه یکسان و با افزایش ابعاد شبکه ها ۱۸۸
۴-۹-۴ تحلیل های مربوط به آنالیز دینامیکی غیر خطی ۱۸۹
۴-۱۰ نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی مربوط به مولفه قائم جابه جایی و تنش محوری، تحت مولفه قائم زلزله ۱۹۰
۴-۱۰-۱ شبکه تخت شماره یک ۱۹۰
۴-۱۰-۱-۱ زلزله Northridge ۱۹۰
۴-۱۰-۱-۲ زلزله Tabas ۱۹۲
۴-۱۰-۱-۳ زلزله San Fernando ۱۹۳
۴-۱۰-۲ شبکه تخت شماره دو ۱۹۵
۴-۱۰-۲-۱ زلزله Northridge ۱۹۵
۴-۱۰-۲-۲ زلزله Tabas ۱۹۷
۴-۱۰-۲-۳ زلزله San Fernando ۱۹۸
۴-۱۰-۳ شبکه تخت شماره سه ۲۰۰
۴-۱۰-۳-۱ زلزله Northridge ۲۰۰
۴-۱۰-۳-۲ زلزله Tabas ۲۰۱
۴-۱۰-۳-۳ زلزله San Fernando ۲۰۳
۴-۱۱ مقایسه نتایج مولفه قائم جابجایی(Uz)در سه شبکه تخت، تحت بارگذاری قائم ۲۰۵
۴-۱۱-۱ زلزلهNorthridge ۲۰۵
۴-۱۱-۲ زلزله Tabas ۲۰۶

۴-۱۱-۳ زلزله San Fernando ۲۰۷
۴-۱۲ مقایسه نتایج تنش محوری(Axial Stress)در سه چلیک، تحت بارگذاری قائم ۲۰۹
۴-۱۲-۱ زلزله Northridge ۲۰۹
۴-۱۲-۲ زلزله Tabas ۲۱۰
۴-۱۲-۳ زلزله San Fernando ۲۱۱

فصل پنجم: نتیجه گیری

۵-۱ مقدمه ۲۱۳
۵-۲ نتیجه گیری ۲۱۴
۵-۲-۱ نتایج حاصل از تحلیل های دینامیکی خطی ۲۱۴
۵-۲-۲ نتایج حاصل از تحلیل های دینامیکی غیر خطی ۲۱۴
۵-۳ پیشنهادات آتی ۲۱۵
پیوست ۲۱۶
فهرست منابع و مآخذ ۲۲۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) ضرایب زلزله، v ψ، در مناطق مختلف چین با توجه به نوع خاک ۱۷

جدول (۲-۲) : مقادیر لازم برای محاسبه ضرایب نیروی قائم زلزله برحسب نوع خاک و منطقه لرزه خیزی چین....۱۸

جدول (۲-۳) : ضرایب اصلاح ۱۸

جدول (۲-۴): مقایسه نتایج تحلیل تئوریک و نتایج روابط تجربی ۱۹

جدول(۳-۱): پارامترهای مورد نیاز در طراحی شبکه های تخت فضاکار ۳۴

جدول(۳-۲): مشخصات مصالح فولادی ST-37 مورد استفاده در SAP، واحد Kgf,m,C ۳۵

جدول(۳-۳): محاسبه بار مرده ۳۷

جدول(۳-۴): محاسبه بار زنده ۳۸

جدول(۳-۵): تیپ بندی اعضابرای شبکه تخت شماره ۲ .....۳۹

جدول(۳-۶): نتایج آنالیز مودال برای دو مود انتخابی در هر شبکه ۴۵

جدول(۳-۷): ضرایب α وβ در شبکه های مورد مطالعه ۴۶

جدول(۳-۸): زلزله های انتخابی ومشخصات کلی آنها ۵۰

جدول (۴-۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل یک- زلزله Imperial Valley ۵۷

جدول (۴-۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل یک- زلزله Imperial Valley ۵۸

جدول (۴-۳): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل یک- زلزله Imperial Valley ۵۹

جدول (۴-۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل یک- زلزله Kobe ۶۰

جدول (۴-۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل یک- زلزله Kobe ۶۲

جدول (۴-۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل یک- زلزله Kobe ۶۳

جدول (۴-۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل یک- زلزله Northridge ۶۵

جدول (۴-۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل یک- زلزله Northridge ۶۶

جدول (۴-۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل یک- زلزله Northridge ۶۷

جدول (۴-۱۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل یک- زلزله Tabas ۶۹

جدول (۴-۱۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل یک- زلزله Tabas ۷۰
جدول (۴-۱۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل یک- زلزله Tabas ۷۱
جدول (۴-۱۳): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل یک- زلزله San Fernando ۷۳
جدول (۴-۱۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل یک- زلزله San Fernando ۷۴
جدول (۴-۱۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل یک- زلزله San Fernando ۷۵
جدول (۴-۱۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه دو- زلزله Imperial Valley ۸۳
جدول (۴-۱۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه دو- زلزله Imperial Valley ۸۴
جدول (۴-۱۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه دو- زلزله Imperial Valley ۸۵
جدول (۴-۱۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه دو- زلزله Kobe ۸۷
جدول (۴-۲۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه دو- زلزله Kobe ۸۸
جدول (۴-۲۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه دو- زلزله Kobe ۸۹
جدول (۴-۲۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه دو- زلزله Northridge ۹۱
جدول (۴-۲۳): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه دو- زلزله Northridge ۹۲
جدول (۴-۲۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه دو- زلزله Northridge ۹۳
جدول (۴-۲۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه دو- زلزله Tabas ۹۵
جدول (۴-۲۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه دو- زلزله Tabas ۹۶
جدول (۴-۲۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه دو- زلزله Tabas ۹۷
جدول (۴-۲۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه دو- زلزله San Fernando ۹۹
جدول (۴-۲۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه دو- زلزله San Fernando ۱۰۰
جدول (۴-۳۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه دو- زلزله San Fernando

۱۰۱.....

جدول (۴-۳۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه سه- زلزله Imperial Valley
۱۰۹.....

جدول (۴-۳۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه سه- زلزله Imperial Valley
۱۱۰.....

جدول (۴-۳۳) استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه سه- زلزله Imperial Valley
۱۱۱.....

جدول (۴-۳۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه سه- زلزله Kobe ۱۱۳

جدول (۴-۳۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه سه- زلزله Kobe..... ۱۱۴

جدول (۴-۳۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه سه- زلزله Kobe ۱۱۵

جدول (۴-۳۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه سه- زلزله Northridge.. ۱۱۷

جدول (۴-۳۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه سه- زلزله Northridge.. ۱۱۸

جدول (۴-۳۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه سه- زلزله Northridge ۱۱۹

جدول (۴-۴۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه سه- زلزله Tabas ۱۲۱

جدول (۴-۴۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه سه- زلزله Tabas ۱۲۲

جدول (۴-۴۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه سه- زلزله Tabas ۱۲۳

جدول (۴-۴۳): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B شبکه سه- زلزله San Fernando
۱۲۵.....

جدول (۴-۴۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C شبکه سه- زلزله San Fernando
۱۲۶.....

جدول (۴-۴۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D شبکه سه- زلزله San Fernando
۱۲۷.....

جدول (۴-۴۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل چهار- زلزله Imperial Valley
۱۳۵.....

جدول (۴-۴۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل چهار- زلزله Imperial Valley
۱۳۶.....

جدول (۴-۴۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل چهار- زلزله Imperial Valley
۱۳۷.....

جدول (۴-۴۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل چهار- زلزله Kobe ۱۳۹
جدول (۴-۵۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل چهار - زلزله Kobe ۱۴۰
جدول (۴-۵۱): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل چهار - زلزله Kobe ۱۴۱
جدول (۴-۵۲): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل چهار - زلزله Northridge ۱۴۳
جدول (۴-۵۳): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل چهار - زلزله Northridge ۱۴۴
جدول (۴-۵۴): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل چهار - زلزله Northridge ۱۴۵
جدول (۴-۵۵): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل چهار - زلزله Tabas..... ۱۴۷
جدول (۴-۵۶): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل چهار - زلزله Tabas..... ۱۴۸
جدول (۴-۵۷): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل چهار - زلزله Tabas..... ۱۴۹
جدول (۴-۵۸): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line B مدل چهار - زلزله San Fernando ۱۵۱
جدول (۴-۵۹): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line C مدل چهار - زلزله San Fernando ۱۵۲
جدول (۴-۶۰): استخراج نیروی اینرسی ایجاد شده در گره های سازه در Line D مدل چهار - زلزله San Fernando ۱۵۳
جدول (۴-۶۱): ارائه نیروهای نرمال میانگین کل مدلها در Line B ۱۶۱
جدول (۴-۶۲): ارائه نیروهای نرمال میانگین کل مدلها در Line C ۱۶۲
جدول (۴-۶۳): ارائه نیروهای نرمال میانگین کل مدلها در Line D ۱۶۳
جدول (۴-۶۴): استخراج α تحت زلزله های مختلف برای مدل یک ۱۸۱
جدول (۴-۶۵): استخراج α تحت زلزله های مختلف برای مدل دو ۱۸۲
جدول (۴-۶۶): استخراج α تحت زلزله های مختلف برای مدل سه ۱۸۲
جدول (۴-۶۷): استخراج α تحت زلزله های مختلف برای مدل چهار ۱۸۲
جدول (۴-۶۸): میانگین گیری از α و بدست آوردن α نهایی ۱۸۳
جدول(۴-۶۹): مقایسه وزن مدلها تحت بارگذاری هایGEs,GE,GD ۱۸۶
جدول(۴-۷۰): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل یک-زلزلهNorthridge ۱۹۱

جدول(۴-۷۱): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل یک-زلزله Tabas ۱۹۲
جدول(۴-۷۲): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل یک-زلزله San Fernando ۱۹۳
جدول(۴-۷۳): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل دو-زلزله Northridge ۱۹۵
جدول(۴-۷۴): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل دو-زلزله Tabas ۱۹۷
جدول(۴-۷۵): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل دو-زلزله San Fernendo ۱۹۸
جدول(۴-۷۶): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل سه-زلزله Norhridge ۲۰۰
جدول(۴-۷۷): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل سه-زلزله Tabas ۲۰۲
جدول(۴-۷۸): نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی- مدل سه-زلزله San Fernando ۲۰۳
جدول(۴-۷۹): نسبت تغییرات جابجایی مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله Northridg ۲۰۶
جدول(۴-۸۰): نسبت تغییرات جابجایی مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله Tabas ۲۰۷
جدول(۴-۸۱): نسبت تغییرات جابجایی مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله San Fernando ۲۰۸
جدول(۴-۸۲): نسبت تغییرات تنش محوری مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله Northridge ۲۱۰
جدول(۴-۸۳): نسبت تغییرات تنش محوری مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله Tabas ۲۱۱
جدول(۴-۸۴): نسبت تغییرات تنش محوری مدل های مورد مطالعه تحت بارگذاری های GEs,GE,GD-زلزله San Fernando ۲۱۲
جدول(پ-۱) نتایج آنالیز مودال برای مدل یک(۳۰×۲۰) ۲۱۷
جدول(پ-۲) نتایج آنالیز مودال برای مدل دو(۳۰×۴۶) ۲۱۸
جدول(پ-۳) نتایج آنالیز مودال برای مدل سه(۳۶×۵۴) ۲۱۹
جدول(پ-۴) نتایج آنالیز مودال برای مدل چهار(۴۰×۶۰) ۲۲۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱) : اولین نمونه سازه فضاکاردر سال ۱۹۰۳ توسط الکساندر گراهام بل ۲

شکل(۱-۲): نمونه هایی از شبکه های دو لایه. ۵

شکل(۱-۳): منحنی نیرو-تغییر مکان یک لوله استوانه ای جدار نازک ۶

شکل(۱-۴) : اشکال چلیک های مختلف. ۷

شکل(۱-۵) : اشکال گنبدهای مختلف..... ۸

شکل(۱-۶) : سایر اشکال سازه های فضاکار ۸

شکل(۲-۱): شکست عضو متصل به تکیه گاه.. ..... ۱۳

شکل(۲-۲): کمانش اعضای نزدیک تکیه گاه ۱۳

شکل(۲-۳): عضو خرپای شکسته شده نزدیک تکیه گاه ۱۳

شکل(۲-۴): کمانش اعضای سازه فضاکار ۱۳

شکل(۲-۵): نمونه ای از خرابی ساختمانها وپلها براثرزلزله سال ۱۹۹۵ کوبه ژاپن. ۱۴

شکل (۲-۶) ضرایب نیروی قائم زلزله ۱۸

شکل (۲-۷) منحنی محاطی داخل پلان سازه فضاکار..... ۱۸

شکل (۲-۸): تعیین ضریب $\alpha(\phi)$ با توجه به زاویه مرکزی گنبد. ۲۳

شکل (۲-۹): تعیین ضریب $\beta(\phi)$ با توجه به زاویه مرکزی گنبد ۲۳

شکل (۲-۱۰): نحوه توزیع نیروی قائم زلزله بر روی گنبد ۲۴

شکل(۲-۱۱): نحوه توزیع و انتخاب ضریب α ۲۷

شکل(۳-۱): نمونه ای از شبکه تخت دو لایه طراحی شده در نرم افزار Formian- مدل۲ .....۳۵

شکل(۳-۲): نمونه ای از مقاطع محاسباتی در نرم افزار SAP برای شبکه شماره۲ .....۳۹

شکل(۳-۳): هندسه المان Link 180 .....۴۱

شکل(۳-۴): المان جرم سازه ای Mass 21.....۴۲

شکل(۳-۵): نمودار پس کمانشی اعضای مفصل- میله تحت بار محوری.....۴۷

شکل(۳-۶): نمودار پس کمانشی اعضای با ضریب لاغری ۱۰۰ .....۴۸

شکل(۳-۷): شتابنگاشت مولفه قائم زلزله Tabas ۵۰

شکل(۳-۸): شتابنگاشت مولفه قائم زلزله Kobe ۵۰
شکل(۳-۹): شتابنگاشت مولفه قائم زلزله Imperial Valley..... ۵۱
شکل(۳-۱۰): شتابنگاشت مولفه قائم زلزله Northridge ۵۱
شکل(۳-۱۱): شتابنگاشت مولفه قائم زلزله San Fernand ۵۱
شکل (۴-۱) :نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل یک زلزله Time Critical =5.095 (sec)- Imperial Valley
..... ۵۴
شکل (۴-۲): نحوه شماره گذاری گره ها طبق شماره گذاری نرم افزار ANSYS برای مدل یک ۵۵
شکل (۴-۳): نحوه تقسیم بندی شبکه ۵۶
شکل (۴-۴): نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل یک زلزله Time Critical =6.53 (sec)- Kobe ۶۰
شکل (۴-۵): نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل یک زلزله Time Critical =2.38 (sec)- Northridge ۶۴
شکل (۴-۶): نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل یک زلزله Time Critical =3.64 (sec)- Tabas ۶۸
شکل (۴-۷): نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل یک زلزله Time Critical =8.36 (sec)- San Fernando ... ۷۲
شکل (۴-۸): نحوه توزیع تغییرات قائم نیرو Line B در مدل یک ۷۶
شکل (۴-۹): نحوه توزیع تغییرات قائم نیرو Line C در مدل یک ۷۷
شکل(۴-۱۰): نحوه توزیع تغییرات قائم نیرو Line D در مدل یک ۷۷
شکل (۴-۱۱): نحوه توزیع تغییرات قائم نیروی نرمال شده Line B در مدل یک ۷۸
شکل (۴-۱۲): نحوه توزیع تغییرات قائم نیروی نرمال شده Line C در مدل یک ۷۹
شکل (۴-۱۳): نحوه توزیع تغییرات قائم نیروی نرمال شده Line D در مدل یک ۷۹
شکل(۴-۱۴): منحنی میانگین توزیع قائم نیروی نرمال شده Line B در مدل یک ۸۰
شکل(۴-۱۵): منحنی میانگین توزیع قائم نیروی نرمال شده Line C در مدل یک ۸۱
شکل(۴-۱۶): منحنی میانگین توزیع قائم نیروی نرمال شده Line D در مدل یک ۸۱
شکل (۴-۱۷): نمودار برش پایه برحسب زمان برای مدل دو زلزله Time Critical =5.04 (sec)- Imperial Valley.۸۲
شکل (۴-۱۸): نمودار برش پایه برحسب زمان برای شبکه دو زلزله Time Critical =6.08 (sec)- Kobe ۸۶
شکل (۴-۱۹): نمودار برش پایه برحسب زمان برای شبکه دو زلزله Time Critical =2.52 (sec)- Northridge ۹۰
شکل (۴-۲۰): نمودار برش پایه برحسب زمان برای شبکه دو زلزله Time Critical =4.2 (sec)- Tabas ۹۴
شکل (۴-۲۱): نمودار برش پایه برحسب زمان برای شبکه یک زلزله Time Critical =6.21 (sec)- San Fernando..۹۸
شکل (۴-۲۲): نحوه توزیع تغییرات قائم نیرو Line B در مدل دو ۱۰۲