بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم ،تحقیقات‌وفناوری
دانشگاه‌شهیدمدنی‌آذربایجان
دانشکده‌فنی‌ومهندسی

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد
رشته عمران- سازه

الگوی فضایی بار استاتیکی معادل زلزله بر روی چلیک های دو لایه مشبک

استاد راهنما :
دکتر ارژنگ صادقی

استاد مشاور:
دکتر محمدرضا امامی آزادی

پژوهشگر
زهرا کاظمی

اسفند ۱۳۹۲
تبریز - ایران

تقدیم به پدر و مادرم

تقدیروتشکّر
بدینوسیله اززحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر ارژنگ صادقی که راهنمای اینجانب در انجام این پروژه وتهیّه وارائه این پایان نامه بوده اند، سپاسگزاری وقدردانی مینمایم.
همچنین از اعضاء محترم هیأت داوری به دلیل حضور در جلسه دفاعیه کمال تشکر را دارم.
امیدوارم پایان نامه حاضر مورد استفاده وتوجه کلیه علاقمندان واقع گردد.

زمستان ۱۳۹۲

چکیده

سازه های فضاکار سبک ودارای درجه نامعینی بالایی هستند.سبکی سازه بیشتر به این علت است که مصالح توزیع

فضایی دارند به گونه‌ای که مکانیزم انتقال بار عمدتاً محوری ،کششی یا فشاری است در سقف‌های با دهانه بزرگ که وزن خود سازه بخش مهمی‌از بار کل را تشکیل می دهد، سبکی‌عضوهای تشکیل دهنده سازه تاثیرزیادی در اقتصاد و منطقی بودن کل سازه دارد . به دلیل سبک بودن این سازه‌ها تصور براین بود که در برابر اثرات ناشی از زمین لرزه آسیب پذیر نیستند ولی به هنگام وقوع زلزله کوبه در سال ۱۹۹۵ مشاهده شد که این سازه ها هرچند نسبت به سازه های معمولی ایمن ترند ولی نباید آنها را مطلقا مصون از آسیب دانست. هدف ازپایان نامه این است که به جای استفاده از تحلیل دینامیکی به دلیل پیچیدگی عملیات آن ازتحلیل استاتیکی‌معادل استفاده شود. درروش تحلیل استاتیکی زلزله، بار استاتیکی زلزله مقدار باری است که نتیجه مشابه روش تحلیل دینامیکی را به دست می‌دهد.

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،در این پایان نامه محاسبه وتوزیع بارهای زلزله‌در جهت افقی و قائم بر روی چلیک های دو لایه می باشد . دراین‌تحقیق از نرم‌افزارFormian2 جهت ترسیم هندسه چلیک و از نرم‌افزارSap2000 جهت تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی استفاده شده است. پس از انتخاب مدل هندسی، تمامی مدلها به خوبی و در حد بهینه در برابر بارهای استاتیکی شامل بار مرده (بار اسکلت و پوشانه) وبار برف با فرض قرار گرفتن سازه در منطقه سرد سیر کشور ایران طراحی شده است.در ضمن طراحی اعضاء بر اساس روش تنش مجاز با استفاده از آئین نامه ساختمانهای فولادی ایران صورت گرفته است. در مرحله نهایی تمامی مدلها تحت چهار شتابنگاشت السنترو، کوبه ،تایوان(چی چی) ، نورثریج تحلیل دینامیکی خطی شده اند و روابطی جهت توزیع نیرو در جهت افقی و قائم ارائه شده است.

.

کلمات کلیدی:چلیک دو لایه ،تحلیل استاتیکی معادل ،بار زلزله، ، برش پایه

عنوان

صفحه

چکیده

۱- فصل اول : تعریف سازه ها ی فضا کار

مقدمه.....۱

۱-۱طبقه بندی هندسی سازه های فضاکار.....۲

۱-۱-۱ سازه های گسترش پذیر و گسترش ناپذیر.....۳

۱-۱-۲ شکل هندسی سازه های فضا کار.....۳

۱-۱-۳ شعاع انحنای منحنی های بوجود آورنده.....٤

۱-۲ ساختار و بافتار سازه های فضاکار.....٤

۱-۲-۱ شبکه های مسطح (Flat Grids).....٤

۱-۲-۲ شبکه های دولایه(Double Layer Grids).....٦

۱-۲-۳ شبکه های مختلط.....۸

۱-۲-٤ تاقهای گهواره ای یا سازه های چلیکی.....۸

۱-۲-۵ گنبدها(Domes).....۱۰

۱-۳ اجزای تشکیل دهنده سازه های فضاکار.....۱۱

۱-۳-۱ عضو.....۱۱

۱-۳-۲پوشانه.....۱۱

۱-۳-۳ اتصالات (سیستم های سازه های فضاکار).....۱۳

۱-۳-۳-۱ سیستم های گوی سان.....۱۳

۱-۳-۳-۱-۱ سیستم MERO ۱۳

۱-۳-۳-۲ سیستم آکام فلز.....۱۵

۲- فصل دوم : مطالعات انجام شده در مورد ارزیابی نیروی استاتیکی معادل زلزله(پیشینه پژوهش بر روی سازه های فضا کار

مقدمه.....۱۷

۲-۱- ارزیابی اثر زلزله بر روی سازه های فضا کار ۱۸

۲-۱-۱- ارزیابی نیروی استاتیکی معادل زلزله در شبکه های تخت دو لایه.....۱۹

۲-۱-۲- تعیین نیروی استاتیکی معادل زلزله در چلیک های دو لایه ۲۳
۲-۱-۳- تعیین نیروی معادل استاتیکی زلزله بر گنبدهای تک لایه.....۲۷
۲-۱-٤- ارائه روابط استاتیکی معادل بر روی گنبدهای فضا کار دو لایه ۳۱
۲-۱-٤-۱- مدل سازی ۳۱
۲-۱-٤-۲-تعیین روابط برای برش پایه افقی و عمودی ۳۱
۲-۱-٤-۳- تعیین توزیع نیروی استاتیک معادل افقی ... .۳۳
۲-۱-٤-٤- تعیین توزیع نیروی استاتیک معادل عمودی ۳۵
۲-۲- رفتار سازه های فضاکار.....۳۵
۲-۲-۱-مشخصات رفتاری شبکه های دولایه فضاکار.....۳۸
۲-۳-ویژگی های شناخته شده از رفتار لرزه ای ودینامیکی سازه های فضاکا در حوزه غیرارتجاعی.....۳۹
۲-۳-۱- رفتار پسماند.....۳۹
۲-۳-۲- خواص پسماند ونرمی (شکل پذیری)فولاد.....٤۰
۲-۳-۳-رفتار تحت نیروی کششی.....٤۲
۲-۳-٤-رفتار تحت نیروی فشاری.....٤۲
۲-۳-۵-رابطه پس کمانشی ارتجاعی.....٤۳
۲-۳-٦-رابطه ضریب لاغری.....٤۵
۲-۳-۷-پایداری وناپایداری.....٤۷
۲-٤-معادله پارامتریک رفتار اعضای فشاری.....٤۹
۲-۵ بررسی رفتا چلیک های دو لایه تحت مولفه های افقی و قائم زلزله ها.....۵۲
۳- فصل سوم : مبانی تحلیل برروی چلیک های دو لایه (روش پژوهش)
مقدمه.....۵٤
۳-۱- نرم افزار Formian ۵۵
۳-۲- آشنایی با نرم افزارFormian ۵٦
۳-۳ – نحوه تاشه پردازی و انتخاب چلیک های مناسب برای آنالیز.....۵٦
۳-۳-۱ انتقال اطلاعات فرمکسی از Formian به Sap2000.....۵۸

۳-٤- نوع تحلیل..... ٦٠
۳-٤-۱- تحلیل استاتیکی جهت طراحی اولیه سازه..... ٦٠
۳-۵ – بارگذاری..... ٦١
۳-۵-۱بارهای وارده بر سازه فضا کار..... ٦١
۳-۵-۲ نحوه بارگذاری چلیک ها..... ٦٢
۳-۵-۲-۱ محاسبه بارمرده ٦٣
۳-۵-۲-۲- بارگذاری متقارن برف..... ٦٣
۳-۵-۲-۳- بارگذاری نامتقارن برف..... ٦٤
۳-٦- تحلیل استاتیکی در نرم افزار SAP ٦٥
۳-۷ آنالیز مودال " Modal Analaysis..... ٦٦
۳-۷-۱ – پارامترهای دینامیکی چلیک های دو لایه..... ٦٧
۳-۸ – مشخصه های میرایی..... ٦٧
۳- ۸ -۱ محاسبه ضرایب رایلی برای سیستم های بزرگ..... ٦٩
۳-۹ مبانی تحلیل دینامیکی سازه تحت اثر نیروی زلزله..... ۷۳
تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۷٤
۳-۹-۲- ملاحظات عمومی در رفتار غیر خطی هندسی سازه‌ها..... ۷٤
۳-۹-۳ تحلیل دینامیکی غیر خطی ۷۵
۳-۱۰ انتخاب زلزله (شتاب نگاشت) طرح مناسب..... ۷۵
٤- فصل چهارم : تحلیل های دینامیکی و مقایسه نتایج مربوط
مقدمه..... ۸۰
٤-۱- تحلیل های مربوط به آنالیز دینامیکی خطی..... ۸۱
٤-۱-۱-مقیاس کردن شتابنگاشتها براساس طیف طرح آئین نامه ایران..... ۸۱
٤-۲- تعیین توزیع نیروی استاتیکی معادل در بین گره های سازه ۸۲
٤-۲-۱- محاسبه برش پایه بحرانی ۸۲
٤-۲-۲- توزیع واکنش نیروی جانبی در چلیک ۸۵
٤-۲-۳نرمالیزه کردن الگوی تغییرات افقی نیرو ۸۸

٤-٢-٤ ترسیم نتایج نرمال شده و میانگین کلیه شتابنگاشتها بر روی یک منحنی (H/S=0.3).....١٠١
٤-٢-٥ نرمالیزه کردن الگوی تغییرات افقی نیرو و ترسیم میانگین این الگوی نیرو.....١٠٢
٤-٢-٦ استخراج نیروهای گرهی در چلیک با تکیه گاه نوع (B) ١١٣
٤-٢-٦-١ نتایج زلزله امپریال ولی برای مدل (H/S=0.1) ١١٣
٤-٢-٦-٢ نتایج زلزله تایوان (چی چی) برای مدل (H/S=0.1).....١١٤
٤-٢-٦-٣ نتایج زلزله کوبه برای مدل (H/S=0.1) ١١٦
٤-٢-٦-٤ نتایج زلزله نورثریج برای مدل (H/S=0.1).....١١٧
٤-٢-٦-٥ میانگین نمودار ١١٩
٤-٢-٦-٦ نتایج زلزله امپریال ولی برای مدل (H/S=0.2) ١٢٠
٤-٢-٦-٧ نتایج زلزله تایوان (چی چی)برای مدل (H/S=0.2)..... ١٢١
٤-٢-٦-٨ نتایج زلزله کوبه برای مدل (H/S=0.2) ١٢٣
٤-٢-٦-٩ نتایج زلزله نورثریج برای مدل (H/S=0.2).....١٢٤
٤-٢-٦-١٠ میانگین نمودار.....١٢٦
٤-٢-٦-١١ نتایج زلزله امپریال ولی برای مدل (H/S=0.3).....١٢٧
٤-٢-٦-١٢ نتایج زلزله تایوان (چی چی)برای مدل (H/S=0.3).....١٢٨
٤-٢-٦-١٣ نتایج زلزله کوبه برای مدل (H/S=0.3): ١٣٠
٤-٢-٦-١٤ نتایج زلزله نورثریج برای مدل (H/S=0.3): ١٣١
٤-٢-٦-١٥ میانگین نمودار ١٣٣
٤-٢-٦-١٦ نتایج زلزله امپریال ولی برای مدل (H/S=0.4): ١٣٤
٤-٢-٦-١٧ نتایج زلزله تایوان (چی چی)برای مدل (H/S=0.4): ١٣٥
٤-٢-٦-١٨ نتایج زلزله کوبه برای مدل (H/S=0.4) ١٣٧

٤-٢-٦-١٩ نتایج زلزله نورثریج برای مدل (H/S=0.4): ١٣٨
٤-٢-٦-٢٠ میانگین نمودار ١٤٠
٤-٢-٦-٢١ نتایج زلزله امپریال ولی برای مدل (H/S=0.5):.....١٤١
٤-٢-٦-٢٢ نتایج زلزله تایوان(چی چی) برای مدل (H/S=0.5) ١٤٢
٤-٢-٦-٢٣ نتایج زلزله کوبه برای مدل (H/S=0.5):.....١٤٤
٤-٢-٦-٢٤ نتایج زلزله نورثریج برای مدل (H/S=0.5):.....١٤٦
٤-٢-٦-٢٥ میانگین نمودار..... ١٤٨
٤-٢-٧ نتایج به دست آمده برای مدل با خیز به دهانه H/S=0.1.....١٥٠
٤-٢-٧-١ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.1).....١٥٠
٤-٢-٧-٢ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.1).....١٥١
٤-٢-٧-٣ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع A برای مدل ..H/S=0.1).....١٥٢
٤-٢-٧-٤ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.1).....١٥٣
٤-٢-٧-٥ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.2) ١٥٤
٤-٢-٧-٦ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.2).....١٥٥
٤-٢-٧-٧ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.2).....١٥٦
٤-٢-٧-٨ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.2).....١٥٧
٤-٢-٧-٩ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.3).....١٥٨
٤-٢-٧-١٠ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.3).....١٥٩
٤-٢-٧-١١ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.3).....١٦
٤-٢-٧-١٢ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.3)..... ١٦١
٤-٢-٧-١٣ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.4).....١٦٢
٤-٢-٧-١٤ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.4)...١٦٣
٤-٢-٧-١٥ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع A برای مدل H/S=0.4).....١٦٤
٤-٢-٧-١٦ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.4).....١٦٥
٤ -٢-٧-١٧ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.5).....١٦٦
٤-٢-٧-١٨ نتایج زلزله تایوان (چی چی) تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.5) ...١٦٧

٤-٢-٧-١٩ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.5) ١٦٨
٤-٢-٧-٢٠ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A برای مدل (H/S=0.5).....١٦٩
٤-٢-٨ -١ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.1).....١٧٠
٤-٢-٨-٢ نتایج زلزله تایوان (چی چی) تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.1)....١٧١
٤-٢-٨-٣ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.1).....١٧٢
٤-٢-٨-٤ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.1).....١٧٣
٤-٢-٨-٥ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.2).....١٧٤
٤-٢-٨-٦ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.2).....١٧٥
٤-٢-٨-٧ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.2).....١٧٦
٤-٢-٨-٨ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع B برای مدل H/S=0.2).....١٧٧
٤-٢-٨-٩ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.3).....١٧٨
٤-٢-٨-١٠ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.3).....١٧٩
٤-٢-٨-١١ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.3).....١٨٠
٤-٢-٨-١٢ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.3).....١٨١
٤-٢-٨-١٣ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.4).....١٨٢
٤-٢-٨-١٤ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.4).....١٨٣
٤-٢-٨-١٥ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.4).....١٨٤
٤-٢-٨-١٦ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.4).....١٨٥
٤-٢-٨-١٧ نتایج زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.5).....١٨٦
٤-٢-٨-١٨ نتایج زلزله تایوان (چی چی)تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.5).....١٨٧
٤-٢-٨-١٩ نتایج زلزله کوبه تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.5).....١٨٨
٤-٢-٨-٢٠ نتایج زلزله نورثریج تکیه گاه نوع B برای مدل (H/S=0.5).....١٨٩
٤-٣- تخمین نیروی افقی زلزله در ترازهای مختلف چلیک.....١٩٠
٤-٣-١- میانگین گیری نهائی از تغییرات نیروی جانبی نرمال شده چلیک ها در تمامی مدلها نوع A.....١٩٠

ترسیم نمودارهای نهائی.....۱۹۱
٤-۳-۲- رسم منحنی برازش یافته بر منحنی میانگین نیروهای جانبی نرمال شده در چلیک نوع (A).....۱۹۲
٤-۳ -۳ میانگین گیری نهائی از تغییرات نیروی جانبی نرمال شده چلیک ها در تمامی مدلها نوع A.....۱۹۳
ترسیم نمودارهای نهائی ۱۹٤
٤-۳-٤- رسم منحنی برازش یافته بر منحنی میانگین نیروهای جانبی نرمال شده در چلیک نوع (B).....۱۹٥
٤-٤ بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در هر تراز (تکیه گاه نوع A).....۱۹٦
٤-٥-تعیین روابط جهت استخراج برش پایه افقی سازه.....۱۹۹
٤-٥-۱- بدست آوردن α برای سازه های چلیکی.....۱۹۹
٤-٥-۲ بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در هر تراز (تکیه گاه نوع B).....۲۰٤
٤-٦ تعیین توزیع نیروی استاتیکی معادل دربین گره های سازه تحت شتاب افقی در جهت قائم تکیه گاه تکیه گاه نوع A.....۲۰۹
٤-٦-۱ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.2):.....۲۱۲
٤-٦-۲ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.3):.....۲۱٥
٤-٦-۳ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.4):.....۲۱۸
٤-٦-٤ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.5):.....۲۲۲
٤-٦-٥ تخمین نیروی افقی زلزله در ترازهای مختلف چلیک.....۲۲٦

٤-٦-٥-١ میانگین گیری نهائی از تغییرات نیروی جانبی نرمال شده چلیک ها در تمامی مدلها نوع A.....٢٢٦

٤-٧ تعیین توزیع نیروی استاتیکی معادل دربین گره های سازه تحت شتاب افقی در جهت قائم تکیه گاه نوعB ٢٢٨

٤-٧-١ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.2):.....٢٣١

٤-٧-٢ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.3):.....٢٣٥

٤-٧-٣ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.4):.....٢٣٨

٤-٧-٤ نتایج زلزله های وارده بر چلیک برای مدل (H/S=0.5):.....٢٤٢

٤-٨ تعیین روابط جهت استخراج برش پایه قائم سازه.....٢٤٥

٤-٨-١ مقادیر β برای چلیک های مورد بررسی.....٢٤٦

٤-٨-٢ ترسیم نمودار با اعمال ضریب β (تکیه گاه نوع A).....٢٤٧

٤-٨-٣ - رسم منحنی برازش یافته بر منحنی میانگین نیروهای جانبی نرمال شده در چلیک نوع (A).....٢٥٢

٤-٨-٤ ترسیم نمودار با اعمال ضریب β (تکیه گاه نوع B).....٢٥٣

٤-٨-٥ - رسم منحنی برازش یافته بر منحنی میانگین نیروهای جانبی نرمال شده در چلیک نوع (B).....٢٥٨

٤-٨-٦ بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در جهت قائم (تکیه گاه نوع**A**).....٢٥٩

٤-٨-٧ بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در جهت قائم(تکیه گاه نوع**B** ٢٦١

فصل ٥ : نتیجه گیری و پیشنهادات

٥-١- نتیجه گیری

٥-١-١- نتایجی که از تحلیل دینامیکی خطی بدست آمده اند عبارتند.....٢٦٢

۵-۱-۲بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در جهت قائم (تکیه گاه نوع **A**).....۲۶۳
۵-۱-۳بدست آوردن رابطه توزیع نیروی زلزله در جهت قائم (تکیه گاه نوع **B**).....۲٦٤
۵-۲- پیشنهادات آتی.....۲٦۵
٦- مراجع.....۲٦٦
Abstract

فهرست اشکال

شکل

صفحه

(۱-۱) تعدادی از نمونه ها ی اساسی ۵
(۱-۲) ایجاد نمونه های جدید از طریق حذف المانها.....۵
(۱-۳) نمونه هایی از شبکه های دو لایه ۷
(۱-٤) نمونه هایی از سازه های چلیکی.....۹
(۱-۵) نمونه هایی ازسازه های گنبدی (باغ عدن) انگلستان.....۱۰
(۱-٦) اعضای میله ای ... .۱۱
(۱-۷) پوشش پوشانه برروی سازه فضا کار گنبدی ۱۲
(۱-۸) اتصال مفصلی گوی سان ۱٤
(۱-۹) اتصال ممان گیر گوی سان ۱٤
(۱-۱۰) سیستم K-K (mero).....۱٤
(۱-۱۱) سیستم آکام فلز ۱٦
(۲-۱) نمونه ای از خرابی ساختمان ها و پلها بر اثر زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن.....۱۸
(۲-۲) ضرایب نیروی قائم زلزله ۲۱
(۲-۳) منحنی محاطی داخل پلان سازه فضا کار ۲۱
(۲-٤) بافتار و شرایط تکیه گاهی چلیک ها ۲۳
(۲-۵) تراز گره های مختلف و مدل جرمی جایگزین چلیک ۲٤
(۲-٦) توزیع نیروی افقی ناشی از زلزله های مختلف در ارتفاع یکی از چلیک ها ۲٦
(۲-۷) ضرایب αبرای چلیک ها و شتاب نگاشتهای مختلف ۲۷

(۲–۸) گنبدهای تک لایه با زاویه مرکزی متفاوت ۲۸
(۲–۹) ترسیم مقادیر C_{Hi}/C_{HO} بر حسب h/H ۲۹
(۲–۱۰) تعیین ضریب $\alpha(\phi)$ با توجه به زاویه مرکزی گنبد ۲۹
(۲–۱۱) تعیین ضریب $B(\Phi)$ با توجه به زاویه مرکزی گنبد ۳۰
(۲–۱۲) نحوه توزیع نیروی قائم زلزله بر روی گنبد ۳۰
(۲–۱۳) طرح شماتیک گنبد دولایه کروی با هندسه دو راه بر روی دو راهه..... ۳۱
(۲–۱٤) منحنی ضریب برش پایه افقی برای دهانه های ۳۰ و ۵۰ و ۷۰ متری..... ۳۲
(۲–۱۵) منحنی های ضریب برش پایه عمودی برای دهانه های ۳۰ و ۵۰ و ۷۰ متری... ۳۳
(۲– ۱٦) طرح شماتیک بیانگر توزیع نیروی زلزله در تراز گنبد ۳٤
(۲–۱۷) توزیع نسبی نیروی استاتیک معادل در ارتفاع گنبد ۳٤
(۲–۱۸) توزیع نسبی نیروی استاتیک معادل در ارتفاع گنبد ۳۵
(۲–۱۹) اثرات غیرخطی ها در پوسته های تک لایه وپوسته های دولایه وشبکه های دولایه فضاکار..... ۳۸
(۲–۲۰) نمودار تنش وکرنش..... ٤۰
(۲–۲۱)–.الف) رفتارواقعی،ب) مدل خمیری ارتجاعی،پ) مدل دوخطی ت) مدل بوشینگر..... ٤۱
(۲–۲۲) رفتار پس کمانشی اعضای لوله ای با ضرایب لاغری متفاوت با استفاده از مدل اجزاء محدود غیر خطی (به نقل از مدی و اسمیت)..... ٤۵
(۲–۲۳) رفتار پس کمانشی اعضای لوله ای با ضرایب لاغری متفاوت با استفاده از مدل اجزاء محدود غیر خطی (به نقل هیل وهمکاران)..... ٤۵
(۲–۲٤) نمودار ضریب لاغری ۱۰۰ ، ۸۰ ، ٦۰ تعریف شده توسط آقایان ایشیکاوا وکاتو..... ٤۷
(۲–۲۵) رفتار بار محوری –تغییر مکان محوری عضو فشاری باL/r=20 ..... ٤۹
(۲–۲٦) رفتار بار محوری –تغییر مکان محوری عضو فشاری باL/r=80..... ۵۰
(۲–۲۷) رفتار بار محوری –تغییر مکان محوری عضو فشاری باL/r=120..... ۵۰

(۲–۲۸) رفتار بار محوری –تغییر مکان محوری عضو فشاری باL/r=200..... ۵۰
(۳–۱) جانمایی پارامترهای طراحی در چلیک..... ۵۸
(۳–۲)نمونه ای از چلیک های طراحی شده در نرم افزار Formian ۵۹
(۳–۳) بارگذاری متقارن ٦٤
(۳–٤) جانمایی پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه بار برف در چلیک ٦٤
(۳–۵) منحنی تغییرات نسبت میرایی با فرکانس طبیعی سیستم..... ٦۹
(۳–٦) مقایسه نتایج آنالیز مودال برای مود اول در مدل های مورد مطالعه مدل(B)..... ۷۲
(۳–۷)مقایسه نتایج آنالیز مودال برای مود اول در مدل های مورد مطالعه (مدل A)..... ۷۳
(۳–۸) شتاب نگاشت مولفه افقی زلزله Northridge..... ۷۸
(۳–۹) شتاب نگاشت مولفه افقی زلزله Imperial valley ۷۸
(۳–۱۰) شتاب نگاشت مولفه افقی زلزله(Tiwan (chi chi ۷۸
(۳–۱۱) شتاب نگاشت مولفه افقی زلزلهKobeh ۷۹
(٤–۱)– نمودار برش پایه برحسب زمان برای زلزله امپریال ولی Time Critical = 4.78 (sec)..... ۸۳
(٤–۲) نمودار برش پایه برحسب زمان برای زلزله تایوان (sec)Time Critical=۳۸.۱۲ . ۸۳
(٤–۳) نمودار برش پایه برحسب زمان برای زلزله کوبه(sec) Critical =۱۱.۱۸ ..... ۸٤
(٤–٤) نمودار برش پایه برحسب زمان برای زلزله نورثریج Time Critical = 8.92 (sec).. ۸٤
(٤–۵) نحوه شماره گذاری گره ها طبق شماره گذاری نرم افزار SAP برای مدل H/S=0.1 ..... ۸۵
(٤–٦) نحوه شماره گذاری گرهها..... ۸٦
(٤–۷) تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی (H/s=0.1) ۸۹
(٤–۸) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی) .(H/s=0... ۹۰
(٤–۹) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه (H/s=0.1)..... ۹۰
(٤–۱۰) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج (H/s=0.1) ۹۱
(٤–۱۱) تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک (H/s=0.1)..... ۹۱

(٤-١٢) تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی (H/s=0.2)
٩٤.....
(٤- ١٣) تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله چی چی (H/s=0.2)
٩٥.....
(٤- ١٤) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه (H/s=0.2)
٩٥.....
(٤-١٥): تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج H/s=0.2
٩٦.....
(٤-١٦)تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک (H/s=0.2) ٩٦
(٤-١٧) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولیH/s=0. 3
٩٩.....
(٤-١٨) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی) مدلH/s=0.3
١٠٠.....
(٤-١٩) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه (H/s=0.3).١٠٠
(٤-٢٠) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج (H/s=0.3)
١٠١.....
(٤-٢١) تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک مدل (H/S =0.3)١٠٢
(٤-٢٢) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی(H/s=0.4)
١٠٥ .....
(٤-٢٣) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی
مدل(H/s=0.4)م.....١٠٦
(٤-٢٤) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه
(H/s=0.4).....١٠٦
(٤-٢٥) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج
(H/s=0.4).....١٠٧

(٤-٢٦) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای
مدل (H/s=0.4) ١٠٧
(٤-٢٧) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی (H/s=0.5)
..... ١١٠
(٤-٢٨) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی)(H/s=0.5)
..... ١١١
(٤-٢٩) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه
(H/s=0.5) ١١١
(٤-٣٠) تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج(H/s=0.5)
..... ١١٢
(٤-٣١) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای
مدل (H/s=0.5) ١١٢
(٤-٣٢) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی
(H/s=0.1) ١١٤
(٤-٣٣) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت (چی چی) مدلH/s=0.1
..... ١١٥
(٤-٣٤) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت کوبه
H/s=0.1 ..... ١١٧
(٤-٣٥) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج
H/s=0.1 ..... ١١٨
(٤-٣٦) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای (H/S=0.1)
..... ١١٩
(٤-٣٧) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی H/s=0.2)
..... ١٢١
(٤-٣٨) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی)
H/s=0.2 ..... ١٢٢

(٤-٣٩) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه H/s=0.2 ..... ١٢٤
(٤-٤٠) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج مدل H/s=0.2 ..... ١٢٥
(٤-٤١) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای مدل(H/S=0.2) ١٢٦
(٤-٤٢) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی H/s=0.3 ..... ١٢٨
(٤-٤٣) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی)H/s=0.3 ..... ١٢٩
(٤-٤٤) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه مدل H/s=0.3 ..... ١٣١
(٤-٤٥) تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج H/s=0.3 ..... ١٣٢
(٤-٤٦) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای مدل(H/S=0.3) ١٣٣
(٤-٤٧) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی H/s=0.4 ..... ١٣٥
(٤-٤٨) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی) H/s=0.4 ..... ١٣٦
(٤-٤٩) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوببه مدل (H/s=0.4 ..... ١٣٨
(٤-٥٠) :تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج (H/s=0.4 ..... ١٣٩
(٤-٥١) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای (H/S=0.4) ١٤٠

(٤-٥٢) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله امپریال ولی (H/S=0.5).....١٤٢
(٤-٥٣) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله (چی چی) (H/S=0.5).....١٤٤
(٤-٥٤) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله کوبه (H/S=0.5).....١٤٦
(٤-٥٥) : تغییرات افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک تحت زلزله نورثریج (H/S=0.5).....١٤٨
(٤-٥٦) : تغییرات میانگین افقی نیروی جانبی نرمال در چلیک برای (H/S=0.5).....١٤٩
(٤-٥٧) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A (H/S=0.1)..
ب) تغییرات قائم نیروی جانبی نرمال شده زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A (H/S=0.1).....١٥٠
(٤-٥٨) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله (چی چی) تکیه گاه نوع A (H/S=0.1).
ب) تغییرات قائم نیروی جانبی نرمال شده زلزله (چی چی) تکیه گاه نوع A (H/S=0.1) ١٥١
(٤-٥٩) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله کوبه تکیه گاه نوع A (H/S=0.1)
ب) تغییرات قائم نیروی جانبی نرمال شده زلزله کوبه تکیه گاه نوع A (H/S=0.1) ١٥٢
(٤-٦٠) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A (H/S=0.1)
ب) تغییرات قائم نیروی جانبی نرمال شده زلزله نورثریج تکیه گاه نوع A (H/S=0.1).....١٥٣
(٤-٦١) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A (H/S=0.2)
ب) تغییرات قائم نیروی جانبی نرمال شده زلزله امپریال ولی تکیه گاه نوع A (H/S=0.2).....١٥٤
(٤-٦٢) الف) تغییرات قائم نیروی جانبی زلزله (چی چی) تکیه گاه نوع A (H/S=0.2)