

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تربیت معلم آذربایجان

دانشکده فنی

گروه عمران

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد

رشته عمران - سازه

# بررسی عوامل موثر در شکل پذیری اتصالات ساختمان های بتن آرمه در مناطق لرزه خیز

استاد راهنما:

دکتر عبدالله کیوانی

پژوهشگر:

امیر موسی زاده کوفی

مهر ماه ۱۳۹۰

تبریز-ایران

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

به پاس همه صبر و امیدواریشان

## تقدیر و تشکر

در این جا بر خود لازم می دانم تا از استاد ارجمند و بزرگوار جناب آقای دکتر کیوانی که همواره مرا با راهنمایی های سودمندشان در انجام این پژوهش یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر غیرتمند و همچنین جناب آقای دکتر صادقی که داوری پایاننامه اینجانب را قبول کردند کمال تشکر را دارم.

از مدیر گروه محترم گروه عمران جناب آقای دکتر امامی و همچنین سایر اساتید گروه عمران که در این مقطع زحمات بی شائبه ای را برای ما مبذول داشته اند کمال تشکر را دارم.

امیر موسی زاده

مهر ماه ۱۳۹۰

تبریز-ایران

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: بررسی شکل پذیری اجزای سازه ای.....</b>
۱	۱-۱- مقدمه .....
۳	۲-۱- تعریف مصالح شکل پذیر و ترد .....
۳	۳-۱- روش های تعریف شکل پذیری .....
۴	۴-۱- خواص و شکل پذیری بتن و میلگرد .....
۴	۱-۴-۱- بتن ساده (غیر مسلح) .....
۴	۲-۴-۱- بتن مسلح .....
۵	۵-۱- شکل پذیری تیرهای بتن مسلح .....
۸	۶-۱- متغیرهای موثر در شکل پذیری سطح مقطع تیرها .....
۸	الف - درصد فولاد کششی، $p$ .....
۸	ب - درصد فولاد فشاری، $p'$ .....
۱۰	ج - فولادهای عرضی .....
۱۰	۷-۱- شکل پذیری در گره های تیر و ستون .....
۱۰	۱-۷-۱- مقدمه .....
	۲-۷-۱- استفاده از خاموت های $L$ شکل در محل اتصال تیر و ستون و همچنین استفاده از میلگرد مورب با زاویه $45^\circ$ در محل اتصال تیر به ستون جهت افزایش شکل پذیری قاب های بتن آرمه .....
۲۴	۸-۱- طراحی جهت شکل پذیری .....
	<b>فصل دوم: مدل سازی.....</b>
۲۶	۱-۲- مقدمه .....
۲۷	۲-۲- مشخصات ساختمان های مدل شده در نرم افزار .....
۲۸	۳-۲- تعریف مقاطع عرضی المان های تیر و ستون در نرم افزار .....
۲۸	۱- سطح مقطع غیرالاستیک فایبر برای تیر .....
۲۹	۲- سطح مقطع غیرالاستیک فایبر برای ستون .....
۴۴	۴-۲- تعریف مشخصات بتن و میلگرد در نرم افزار .....

۵۱	..... ۵-۲- مشخصات مقاطع ستون ها و تیرها
۵۱	..... ۲-۵-۱- ستون ها
۵۵	..... ۲-۵-۲- تیرها
۵۷	..... ۲-۶- محاسبه جرم طبقات
۵۷	..... الف- محاسبه مرکز جرم طبقات
۶۰	..... ب- محاسبه بار مرده طبقات
۶۰	..... ج- محاسبه بار زنده طبقات
۶۱	..... د - محاسبه جرم طبقات
۶۱	..... ۲-۷- تحلیل سیستم های سازه ای در نرم افزار
	..... <b>فصل سوم: بحث و نتایج</b>
۶۳	..... ۳-۱- بررسی نتایج
۶۳	..... ۳-۲- بررسی ستون ها
۶۳	..... ۳-۲-۱- بررسی ستون ها در امتداد FRAME (5 - C)
۶۹	..... ۳-۲-۲- بررسی ستون ها در امتداد FRAME (1 - C)
۷۵	..... ۳-۲-۳- بررسی ستون ها در امتداد FRAME (9 - A)
۸۰	..... ۳-۲-۴- بررسی ستون ها در امتداد FRAME (3 - C)
۸۶	..... ۳-۳- بررسی تغییر مکان جانبی نسبی طبقات
۹۰	..... ۳-۴- بررسی رفتار تیرها
۹۰	..... ۳-۴-۱- تیر S4B3
۹۹	..... ۳-۴-۲- تیر S5B7
۱۰۸	..... ۳-۴-۳- تیر S12B6
۱۱۴	..... ۳-۴-۴- تیر S11B1
۱۲۳	..... ۳-۴-۵- تیر S16B7
۱۳۱	..... ۳-۴-۶- تیر S2B8
۱۳۹	..... ۳-۵- بررسی جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده
۱۴۳	..... نتیجه گیری
۱۴۵	..... پیشنهادات
۱۴۶	..... مراجع و منابع

فهرست اشکال و جداول فصل اول

شکل ۱-۱ : انواع شکل پذیری، زیرنویس u مربوط به تغییر شکل های ( کرنش، انحناء، دوران یا جابجایی) نهایی و زیرنویس  $\gamma$  مربوط به تغییر شکل اولین حد تسلیم می باشد..... ۲

شکل ۲-۱ : دیاگرام رفتار اعضاء شکل پذیر و ترد..... ۳

شکل ۱-۱-۴-۱ : دیاگرام منحنی های نمونه تنش - کرنش بتن با وزن مخصوص معمولی..... ۴

شکل ۲-۱-۴-۱ : دیاگرام اثر سرعت بارگذاری در منحنی های تنش - کرنش بتن..... ۵

شکل ۱-۵-۱ : دیاگرام های لنگر - انحناء مربوط به سطح مقاطع تیرها..... ۷

شکل ۲-۵-۱ : محاسبه انحناء تیرها : (a) انحناء تسلیم  $\phi_y$  و (b) انحناء نهائی  $\phi_u$  ..... ۷

جدول ۵-۱ : درصد های مختلف فولاد برای نسبت های شکل پذیری مختلف..... ۸

شکل ۶-۱ : تاثیر فولاد فشاری بر شکل پذیری..... ۹

شکل ۱-۷-۱ : دیاگرام نیروها در یک گره تیر - ستون خارجی، (a) لنگرها و برش ها در گره (b) نیرو در گره ها (c) ترک ها و نیروهای مورب فشاری در گره ها..... ۱۱

شکل ۱-۲-۷-۱ : مکانیزم های تشکیل مفاصل پلاستیکی در تیر ها و ستون های قاب های بتن آرمه..... ۱۲

شکل ۲-۲-۷-۱ : نیرو در اتصال تیر - ستون، (a) قاب تحت بارگذاری ثقلی، (b) قاب تحت بارگذاری چرخه ای..... ۱۴

شکل ۳-۲-۷-۱ : جزئیات میلگردگذاری در نمونه اول (OMRF) (ابعاد بر حسب میلی متر)..... ۱۶

شکل ۴-۲-۷-۱ : جزئیات میلگردگذاری نمونه دوم (ابعاد بر حسب میلی متر)..... ۱۷

شکل ۵-۲-۷-۱ : آماده سازی مدل..... ۱۸

شکل ۶-۲-۷-۱ : محل قرار گیری گیج های الکتریکی در نمونه ها..... ۱۸

شکل ۷-۲-۷-۱ : محل قرار گیری گیج های الکتریکی در نمونه ها، (a) در روی میلگردها (b) در سطوح بتن..... ۱۹

شکل ۸-۲-۷-۱ : جابه جایی وارده به قابهای تحت آزمایش..... ۲۰

شکل ۹-۲-۷-۱ : نیروهای وارده به قابهای تحت آزمایش..... ۲۰

جدول ۲-۷-۱ : محاسبه شکل پذیری جابجایی برای دو نمون..... ۲۱

شکل ۱۰-۲-۷-۱ : نمودارهای هیستریزس (بار - جابجایی)، (a) نمونه اول (b) نمونه دوم..... ۲۲

شکل ۱۱-۲-۷-۱ : مقادیر ماکزیمم جابجایی تیر بالایی تحت بارگذاری افقی، (a) نمونه اول (b) نمونه دوم..... ۲۳

فهرست اشکال و جداول فصل دوم

شکل ۱-۲-۲ : پلان ساختمان در ارتفاع طبقات، (a) : پلان طبقات ۱ تا ۱۸، (b) : پلان طبقه ۱۹، (c) : پلان طبقه ۲۰..... ۲۷

## فهرست اشکال و جداول

- شکل ۲-۲-۲: نمای سه بعدی از ساختمان..... ۲۸
- شکل ۱-۳-۲: (a): سطح مقطع تیر (b): سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای تیر..... ۲۹
- شکل ۲-۳-۲: (a): سطح مقطع ستون (b): سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای ستون..... ۳۰
- شکل ۳-۳-۲: نحوه تعریف سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای تیر در سیستم محصور نشده..... ۳۱
- شکل ۴-۳-۲: نحوه تعریف سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای تیر در سیستم محصور شده..... ۳۲
- شکل ۵-۳-۲: نحوه تعریف سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای ستون در سیستم محصور شده..... ۳۳
- شکل ۶-۳-۲: نحوه تعریف سطح مقطع غیر الاستیک فایبر برای ستون در سیستم محصور نشده..... ۳۴
- شکل ۷-۳-۲: نحوه ترکیب مقاطع عرضی برای تشکیل المان های ستون در سیستم سازه ای محصور شده..... ۳۵
- شکل ۸-۳-۲: نحوه ترکیب مقاطع عرضی برای تشکیل المان های ستون در سیستم سازه ای محصور نشده..... ۳۶
- شکل ۹-۳-۲: نحوه ترکیب مقاطع عرضی برای تشکیل المان های تیر در سیستم سازه ای محصور شده..... ۳۷
- شکل ۱۰-۳-۲: نحوه ترکیب مقاطع عرضی برای تشکیل المان های تیر در سیستم سازه ای محصور نشده..... ۳۸
- شکل ۱۱-۳-۲: نحوه در نظر گرفتن اثر میلگردهای عرضی در مقاطع سیستم محصور شده..... ۳۹
- شکل ۱۲-۳-۲: نحوه در نظر گرفتن اثر میلگردهای عرضی در مقاطع سیستم محصور نشده..... ۴۰
- شکل ۱۳-۳-۲: قاب مربوط به سیستم سازه ای محصور نشده..... ۴۱
- شکل ۱۴-۳-۲: قاب مربوط به سیستم سازه ای محصور شده..... ۴۲
- شکل ۱۵-۳-۲: مقاطع عرضی المان ها یی که در آنها از کابلهای دورپیچ استفاده شده است..... ۴۳
- شکل ۱۶-۳-۲: تقسیم بندی المان های تیر و ستون در نرم افزار..... ۴۳
- شکل ۱-۴-۲: رابطه پیشنهاد شده برای تنش و کرنش بتن محصور و غیر محصور..... ۴۴
- شکل ۲-۴-۲: مقطع معادل برای مقاطع مربع مستطیلی که در آن ها از کابل های دورپیچ استفاده شده است..... ۴۵
- شکل ۳-۴-۲: نحوه تعریف مشخصات بتن محصور شده..... ۴۸
- شکل ۴-۴-۲: نحوه تعریف مشخصات بتن محصور نشده..... ۴۹
- شکل ۵-۴-۲: نحوه تعریف مشخصات فولاد..... ۵۰
- شکل ۱-۱-۵-۲: مشخصات و ترتیب آرماتورگذاری مقاطع ستونها از مقطع ۸۰\*۸۰ تا مقطع ۹۵\*۹۵..... ۵۱
- شکل ۲-۱-۵-۲: مشخصات و ترتیب آرماتورگذاری مقاطع ستونها از مقطع ۵۰\*۵۰ تا مقطع ۷۵\*۷۵..... ۵۲
- جدول ۱-۱-۵-۲: مشخصات بتن های محصور شده ستون ها از مقطع ۷۵\*۷۵ تا مقطع ۹۵\*۹۵..... ۵۳
- جدول ۲-۱-۵-۲: مشخصات بتن های محصور شده ستون ها از مقطع ۵۰\*۵۰ تا مقطع ۷۰\*۷۰..... ۵۴
- شکل ۲-۵-۲: مشخصات و ترتیب آرماتورگذاری مقاطع تیرها..... ۵۵
- جدول ۲-۵-۲: مشخصات بتن های محصور شده تیرها..... ۵۶
- شکل ۱-۶-۲: پلان طبقات ۱۱ الی ۱۸..... ۵۷
- شکل ۲-۶-۲: پلان طبقه ۱۹..... ۵۸
- شکل ۳-۶-۲: پلان طبقه ۲۰..... ۵۹
- جدول ۶-۲: محاسبه جرم طبقات..... ۶۱



فهرست اشکال و جداول فصل سوم

شکل ۱-۱-۲-۳ : FRAME (5-C) ..... ۶۴

شکل ۲-۱-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۶۵

شکل ۳-۱-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه ..... ۶۵

شکل ۴-۱-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۶۶

شکل ۵-۱-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه ..... ۶۶

شکل ۶-۱-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۶۷

شکل ۷-۱-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه ..... ۶۷

شکل ۸-۱-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۶۸

شکل ۹-۱-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (5-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه ..... ۶۸

شکل ۱-۲-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۶۹

شکل ۲-۲-۲-۳ : FRAME (1-C) ..... ۷۰

شکل ۳-۲-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه ..... ۷۱

شکل ۴-۲-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۷۱

شکل ۵-۲-۲-۳ : لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه ..... ۷۲

شکل ۶-۲-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۷۲

شکل ۷-۲-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه ال سنترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه ..... ۷۳

شکل ۸-۲-۲-۳ : نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه ..... ۷۳

## فهرست اشکال و جداول

شکل ۳-۲-۹: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (1-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه.....	۷۴
شکل ۳-۲-۱: FRAME (9-A).....	۷۵
شکل ۳-۲-۲: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۷۶
شکل ۳-۲-۳: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه.....	۷۶
شکل ۳-۲-۴: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۷۷
شکل ۳-۲-۵: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه.....	۷۷
شکل ۳-۲-۶: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۷۸
شکل ۳-۲-۷: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه.....	۷۸
شکل ۳-۲-۸: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۷۹
شکل ۳-۲-۹: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (9-A) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه.....	۷۹
شکل ۳-۲-۱۰: FRAME (3-C).....	۸۱
شکل ۳-۲-۱۱: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۸۲
شکل ۳-۲-۱۲: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه.....	۸۲
شکل ۳-۲-۱۳: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۸۳
شکل ۳-۲-۱۴: لنگر ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه.....	۸۳
شکل ۳-۲-۱۵: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۱ برابر این زمین لرزه.....	۸۴
شکل ۳-۲-۱۶: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات FRAME (3-C) تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب ۳ برابر این زمین لرزه.....	۸۴

## فهرست اشکال و جداول

شکل ۳-۲-۸: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات (C-3) FRAME تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب برابر این زمین لرزه.....	۸۵
شکل ۳-۲-۹: نیروی محوری ماکزیمم در ستونهای طبقات (C-3) FRAME تحت زمین لرزه کوبه با شدت شتاب ۲ برابر این زمین لرزه.....	۸۵
شکل ۳-۳-۱: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سیستم های سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت برابر شتاب این زمین لرزه.....	۸۶
شکل ۳-۳-۲: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سیستم های سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۸۷
شکل ۳-۳-۳: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سیستم های سازه ای محصور شده و محصور نشده و new system تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه .....	۸۷
شکل ۳-۳-۴: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سیستم های سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه.....	۸۸
شکل ۳-۳-۵: تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سیستم های سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۸۸
شکل ۳-۴-۱: تیر S4B3.....	۹۰
شکل ۳-۴-۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه.....	۹۱
شکل ۳-۴-۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه.....	۹۱
شکل ۳-۴-۴: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۲
شکل ۳-۴-۵: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۲
شکل ۳-۴-۶: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۳
شکل ۳-۴-۷: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۳
شکل ۳-۴-۸: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۴
شکل ۳-۴-۹: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۴
شکل ۳-۴-۱۰: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه.....	۹۵

## فهرست اشکال و جداول

- شکل ۳-۴-۱۱: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۹۵
- شکل ۳-۴-۱۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۹۶
- شکل ۳-۴-۱۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۹۶
- شکل ۳-۴-۱۴: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S4B3 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۹۷
- شکل ۳-۴-۱: تیر S5B7..... ۹۹
- شکل ۳-۴-۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۰۰
- شکل ۳-۴-۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۰۰
- شکل ۳-۴-۴: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۱
- شکل ۳-۴-۵: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۱
- شکل ۳-۴-۶: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۲
- شکل ۳-۴-۷: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۲
- شکل ۳-۴-۸: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۳
- شکل ۳-۴-۹: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۳
- شکل ۳-۴-۱۰: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۴
- شکل ۳-۴-۱۱: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۴
- شکل ۳-۴-۱۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۵
- شکل ۳-۴-۱۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۵

## فهرست اشکال و جداول

- شکل ۳-۲-۱۴ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S5B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۰۶
- شکل ۳-۴-۱ : تیر S12B6..... ۱۰۸
- شکل ۳-۴-۲ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۰۹
- شکل ۳-۴-۳ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۰۹
- شکل ۳-۴-۴ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۰
- شکل ۳-۴-۵ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۰
- شکل ۳-۴-۶ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۱
- شکل ۳-۴-۷ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با مقیاس ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۱
- شکل ۳-۴-۸ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۲
- شکل ۳-۴-۹ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S12B6 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۲
- شکل ۳-۴-۱ : تیر S11B1..... ۱۱۴
- شکل ۳-۴-۲ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۱۵
- شکل ۳-۴-۳ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۱۵
- شکل ۳-۴-۴ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۶
- شکل ۳-۴-۵ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۶
- شکل ۳-۴-۶ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۷
- شکل ۳-۴-۷ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۷
- شکل ۳-۴-۸ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۸

## فهرست اشکال و جداول

- شکل ۳-۴-۹: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۴ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۸
- شکل ۳-۴-۱۰: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۴ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۹
- شکل ۳-۴-۱۱: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۱۹
- شکل ۳-۴-۱۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۰
- شکل ۳-۴-۱۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۰
- شکل ۳-۴-۱۴: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S11B1 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۱
- شکل ۳-۴-۱۵: تیر S16B7..... ۱۲۳
- شکل ۳-۴-۱۶: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۲۴
- شکل ۳-۴-۱۷: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۲۴
- شکل ۳-۴-۱۸: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۵
- شکل ۳-۴-۱۹: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۵
- شکل ۳-۴-۲۰: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۶
- شکل ۳-۴-۲۱: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۶
- شکل ۳-۴-۲۲: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۷
- شکل ۳-۴-۲۳: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۷
- شکل ۳-۴-۲۴: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۸
- شکل ۳-۴-۲۵: نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۸

## فهرست اشکال و جداول

- شکل ۳-۴-۱۲ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S16B7 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۲۹
- شکل ۳-۴-۱ : تیر S2B8..... ۱۳۱
- شکل ۳-۴-۲ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۳۲
- شکل ۳-۴-۳ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت شتاب برابر این زمین لرزه..... ۱۳۲
- شکل ۳-۴-۴ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۳
- شکل ۳-۴-۵ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با مقیاس ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۳
- شکل ۳-۴-۶ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۴
- شکل ۳-۴-۷ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۴
- شکل ۳-۴-۸ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۵
- شکل ۳-۴-۹ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۱/۵ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۵
- شکل ۳-۴-۱۰ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۶
- شکل ۳-۴-۱۱ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۶
- شکل ۳-۴-۱۲ : نمودار لنگر - انحناء برای تیر S2B8 در سیستم ساختمانی محصور شده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه ..... ۱۳۷
- شکل ۳-۵-۱ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۳۹
- شکل ۳-۵-۲ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۴۰
- شکل ۳-۵-۳ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۳ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۴۰
- شکل ۳-۵-۴ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه ال سترو با شدت ۴ برابر شتاب این زمین لرزه..... ۱۴۱

## فهرست اشکال و جداول

---

- شکل ۳-۵-۵ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت برابر شتاب این زمین لرزه.....۱۴۱
- شکل ۳-۵-۶ : جابجایی طبقه آخر در دو سیستم سازه ای محصور شده و محصور نشده تحت زمین لرزه کوبه با شدت ۲ برابر شتاب این زمین لرزه.....۱۴۲



## چکیده :

اتصال تیر به ستون یکی از مهمترین ناحیه در ساختمان های بتن آرمه از لحاظ شکل پذیری در مناطق لرزه خیز می باشد، در این پایاننامه بررسی عوامل موثر در تامین شکل پذیری اتصالات بتن آرمه و تاثیر محصورشدگی تیر و ستون در ناحیه مشترک مورد تحقیق قرار گرفته است. رویکرد جدیدی که در این پژوهش در نظر گرفته شده، استفاده از کابل برای دور پیچ کردن تیرها و ستون ها در محل اتصال به یکدیگر از بعد محصور شدگی (Confinement) می باشد، که این عمل با توجه به مقاومت کششی زیاد و قابلیت شکل پذیری بیشتر کابل، باعث افزایش شکل پذیری تیر و ستون و ایجاد ظرفیت اضافی اتصالات بتن آرمه بواسطه محصورشدگی مقطع تیر و ستون می شود. برای بررسی چگونگی تاثیر کابل در محل اتصال تیر به ستون در ساختمان های بتن آرمه، دو ساختمان ۲۰ طبقه (با کابل دورپیچ و رفتار محصور و دیگری بدون کابل دورپیچ و رفتار غیر محصور) در نرم افزار PERFORM 3D مدلسازی و تحلیل شده است.

یکی از دلایل استفاده از کابل در این پژوهش سهولت مسائل اجرایی می باشد، به صورتی که می توان از کابل به عنوان دورپیچ در مقاطع مربعی نیز استفاده کرد، مزیت دیگر کابل، رفتار کششی آن در برابر نیروهای فشاری وارده از طرف هسته عضو می باشد که این رفتار کابل، اثر محصورکنندگی آن را در تمامی طول کابل ایجاد می کند.

نتایج حاصل از تحلیل دو مدل نشان می دهد که استفاده از کابل در محل اتصال تیر و ستون در ساختمان های بتن آرمه باعث افزایش شکل پذیری اتصالات ساختمان های بتن آرمه می شود. به طوری که شکل پذیری ۱۰۰ درصد اتصالات مربوط به تیرهای سیستم سازه ای محصور شده،  $1/8$  الی  $2/25$  برابر شکل پذیری مربوط به تیرهای سیستم سازه ای محصور نشده می باشد. همچنین رفتار لرزه ای ساختمان محصور با کابل به گونه ای است که تغییر مکان جانبی نسبی طبقات علیرغم افزایش شدت شتاب زمین لرزه شهر ال سنترو آمریکا و کوبه ژاپن بر خلاف سیستم سازه ای غیر محصور از مقدار مجاز مربوط به آئین نامه ۲۸۰۰ ایران تجاوز نکرده است. کلمات کلیدی : شکل پذیری، اتصالات ساختمان های بتن آرمه، PERFORM 3D، محصور شدگی، کابل فولادی.

## فصل اول

### بررسی شکل پذیری اجزاء سازه ای

## ۱-۱- مقدمه

قبل از سال ۱۹۶۰، از مفهوم شکل پذیری تنها در توصیف رفتار مواد استفاده می شد، بعد از مطالعات باکر (Bakers) در طراحی پلاستیک و کارهای تحقیقاتی هاووزنر (Housners) در روی مسائل زلزله، مفهوم شکل پذیری همانند مفاهیم دیگری چون مقاومت و سختی سازه ای در سازه ها مطرح شد [۱].

در طراحی پلاستیک سازه ها، شکل پذیری به صورت " توانائی تغییر شکل سازه ها بعد از اولین حد تسلیم بدون افت زیاد در مقاومت نهایی " تعریف می شود. شکل پذیری سازه ها به ما اجازه می دهد که ظرفیت نهایی سازه هایی را که معیار مهم در طراحی آنها، بارهای قراردادی می باشد، تخمین بزنیم [۱].

در طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله، از مفهوم شکل پذیری سازه ها در ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه ها استفاده شده و بدین منظور، میزان انرژی مستهلک شده در طی تغییر شکل های پلاستیک در نظر گرفته می شود. همچنین استفاده از مفهوم شکل پذیری این امکان را به ما می دهد تا نیروهای طراحی لرزه ای سازه ها را کاهش دهیم و همچنین این امکان را فراهم می آورد تا خرابیهای کنترل شده در سازه ایجاد شود [۱].

تعاریفی که برای شکل پذیری می توان بیان کرد به ترتیب زیر می باشد [۱]:

۱- شکل پذیری مواد: شکل پذیری که در آن تغییر شکل های پلاستیک یا خمیری یا غیر الاستیک محوری مواد مد نظر می باشد.

۲- شکل پذیری مقطعی یا شکل پذیری انحنائی: شکل پذیری که در آن تغییر شکل های پلاستیک مقاطع عرضی مد نظر می باشد.

۳- شکل پذیری عضو یا شکل پذیری دورانی : در این مورد از شکل پذیری مشخصات عضو مد نظر می باشد (دوران عضو)

۴- شکل پذیری سازه ای یا شکل پذیری جابجایی : در این مورد شکل پذیری کل سازه مدنظر می باشد. در شکل (۱-۱) انواع شکل پذیری نشان داده شده است :

Ductility types	Schematic representation	Definition
Material (axial) ductility		$\mu_\epsilon = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$
Cross-section (curvature) ductility		$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y}$
Member (rotation) ductility		$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$
Structure (displacement) ductility		$\mu_\delta = \frac{\delta_u}{\delta_y}$

شکل ۱-۱: انواع شکل پذیری، زیرنویس u مربوط به تغییر شکل های ( کرنش، انحناء، دوران یا جابجایی) نهایی و زیرنویس y مربوط به تغییر شکل اولین حد تسلیم می باشد [۱].