**کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.**


**……..……, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.**

**.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.**


| |
|---|
| مقالات خارجی |
| مقالات داخلی |

دانشکدهٔ مهندسی
گروه آموزشی مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته عمران گرایش سازه

عنوان:

# بررسی ضریب رفتار ساختمان های بتنی نیمه پیش ساخته برای یک اتصال خاص خمشی تیر به ستون

استاد راهنما:
دکتر فریدون رضایی

استاد مشاور:
دکتر مرتضی مدح خوان

نگارش:
وحید نافیان دهکردی

۲۸ بهمن ۱۳۹۱

**دانشگاه بوعلی سینا**

**مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی**

**عنوان:**

**بررسی ضریب رفتار ساختمان های بتنی نیمه پیش ساخته برای یک اتصال خاص خمشی تیر به ستون**


**نام نویسنده: وحید نافیان دهکردی**

**نام استاد/اساتید راهنما: دکتر فریدون رضایی**

**نام استاد/اساتید مشاور: دکتر مرتضی مدح خوان**


| | | |
|---|---|---|
| **دانشکده : مهندسی عمران** | **گروه آموزشی: عمران** | |
| **رشته تحصیلی: مهندسی عمران** | **گرایش تحصیلی: سازه** | **مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد** |
| **تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۹۰/۹/۲۱** | **تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸** | **تعداد صفحات: ۱۹۶** |


**چکیده:**

**صنعتی سازی، کاربرد سازه‌های بتن آرمه پیش ساخته، انبوه‌سازی و مزایای آن در سال‌های اخیر در دنیا مورد توجه قرار گرفته است. سیستم‌های پیش‌ساخته موجود در دنیا از نوع اتصال غیرگیردار با جزئیات ظریف هستند که تولید و نصب آن دشوار بوده و برای مناطق لرزه‌خیز مناسب نیستند. در ایران که خطر لرزه‌خیزی زیاد است سیستم نیمه گیردار پیش ساخته جوابگو نبوده و به سیستمی نیاز است که قادر به مقابله با نیروهای مؤثر جانبی باشد. امروزه بیشتر طراحی لرزه ای در آیین نامه های ساختمانی با استفاده از روش های استاتیکی معادل که بر اساس طیف خطی زلزله است صورت می گیرد. در این بین ضریب رفتار، مهمترین ضریبی است که نشان دهنده رفتار سازه در مرحله غیر خطی می باشد که در بردارنده شکل پذیری و اضافه مقاومت در مرحله غیر ارتجاعی آن است. از طرف دیگر در اکثر آئین نامه های لرزه ای، ضریب رفتار بر اساس نوع سیستم سازه ای به صورت عددی ثابت درج شده است. با توجه به تاثیری که اتصالات پیش ساخته بر عملکرد لرزه ای سازه های پیش ساخته و عواملی مثل زمان تناوب طبیعی، شرایط خاک محل و شکل پذیری در این سازه ها دارد، ضریب رفتار این ساختمان ها در نتیجه رفتار متفاوت اتصالاتشان، متمایز از سازه های درجای معادلشان خواهد بود. بنابراین تعیین این ضریب در این سازه ها ضروری به نظر می رسد. این تحقیق به معرفی و بررسی رفتار یک نوع اتصال خاص خمشی پیش ساخته بتنی تیر به ستون بر روی قاب های پیش ساخته خمشی می‌پردازد. جهت آزمایش اتصال، سازه‌های صلیب مانندی از تیر و ستون طراحی و ساخته شدند و آزمایش های سیکلی بر روی آنها انجام گرفت. سپس صحه گذاری نتایج آزمون به کمک نرم افزار Abaqus انجام گرفته و نهایتاً طرح نهایی اتصال با گیرداری صد در صد در انتقال لنگر به ستون (کاملاً صلب) و منحنی هیسترزیس چاق با عملکرد میرایی مناسب مشخص شده است. پس از آن برای بررسی رفتار این اتصال، قاب های پیش ساخته بصورت خمشی با تعداد طبقات ۴، ۸ و ۱۲ و تعداد دهانه های ۱، ۳ و ۵ در نرم افزار Perform 3D مدلسازی و مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین از تحلیل استاتیکی غیر خطی (بار افزون) در دو شکل یکنواخت و مثلثی استفاده شده است. در پایان تاثیر عواملی همچون تعداد طبقات، تعداد دهانه ها، الگو های بار جانبی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مدلسازی و تحلیل های انجام شده نشان داد که قاب های خمشی پیش ساخته با تعداد طبقات کم (۴ طبقه) ضریب رفتاری در حد سازه های درجای معادلشان دارند ولی برای تعدا طبقات بیشتر (۸ به بالا) ضریب رفتار بیشتر از سازه های درجای معادلشان می باشند.**



**واژه‌های کلیدی: اتصال پیش ساخته تیر به ستون، قاب های خمشی نیمه پیش ساخته، ضریب رفتار، تحلیل بار افزون**

## تقدیر وتشکر

از خداوند متعال سپاسگزارم که به من توفیق داد تا این مرحله از زندگی را با موفقیت به پایان برسانم. بی شک گذراندن این دوره بدون همکاری و زحمات اساتید، دوستان و خانواده عزیزم ممکن نبود واز خداوند متعال موفقیت روز افزون این عزیزان را خواستارم.

از استاد راهنمای عزیز و بزرگوارم**<<جناب آقای دکتر فریدون رضایی>>**به خاطر زحمات زیاد و صبر و حوصله فراوانی که داشتند صمیمانه تشکر می کنم.

از استاد محترم عزیز **<<جناب آقای دکتر مرتضی مدح خوان>>** نیز که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند بسیار سپاسگزاری می کنم.

همچنین از اساتید محترم **<<جناب آقای دکتر محمود نیلی>>** و **<<جناب آقای دکتر محمد شوشتری>>** که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند سپاسگزاری می کنم.

از شرکت ایران فریمکو به ویژه جناب آقای مهندس جاوید خطیبی که با پشتیبانی پژوهشی مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از زحمات سرکار خانم رنجبران مسئول محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی تشکر می کنم.

از زحمات سرکار خانم بیات کارشناس محترم گروه عمران نیز تشکر می کنم.

در پایان نیز یاد و خاطره دوستان بسیار عزیزم که بودن در کنار آنها تحمل بسیاری از سختی ها را آسان می نمود را گرامی می دارم و از همه این عزیزان به خاطر لطف و عنایتی که در طول این مدت نسبت به بنده داشتند نهایت تشکر و سپاسگذاری را دارم.

تقدیم به:

دو شمع فروزان زندگیم

پدر و مادر

# فهرست

**عناوین** **صفحه**


فصل اول: مقدمه و کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۳
۱-۲- معرفی موضوع ۷
۱-۳- ارتباط موضوع با کار های انجام گرفته ۸
۱-۴- ضرورت و هدف از انجام تحقیق ۹
۱-۵- محتوای فصل های بعدی ۱۰
فصل دوم: قاب های خمشی پیش ساخته بتنی و اتصالات آنها ۱۱
۲-۱- مقدمه ۱۳
۲-۲- انواع سیستم های پیش ساخته ۱۳
۲-۲-۱- سیستم تیر ستون ۱۳
۲-۲-۲- سیستم دیوار برشی ۱۴
۲-۲-۳- سیستم دیوار باربر ۱۴
۲-۲-۴- سیستم جعبه ای ۱۵
۲-۳- انواع اتصالات پیش ساخته ۱۵
۲-۴- تعیین سختی اتصال ۱۸
۲-۴-۱- تعیین سختی اتصال با استفاده از روش نسبت صلبیت ۱۹
۲-۴-۲- تعیین سختی اتصال با استفاده از روش خط تیر ۲۲
۲-۵- روش های بدست آوردن منحنی لنگر- دوران ۲۳
۲-۵-۱- روش اجزای محدود ۲۴
۲-۵-۲- تحلیل ریاضی ۲۴
۲-۵-۳- روش آزمایشگاهی ۲۵
۲-۶- تحقیقات انجام گرفته روی اتصالات صلب و نیمه صلب تیر به ستون پیش ساخته ۲۵
۲-۶-۱- تحقیق انجام شده توسط خالو و پرستش در فاز اول ۲۵
۲-۶-۲- تحقیق انجام شده توسط خالو و پرستش در فاز دوم ۲۶
۲-۶-۳- تحقیق انجام شده توسط چوک و لیو ۲۷
۲-۶-۴- تحقیق انجام شده توسط جی خو و همکاران ۲۷
۲-۶-۵- تحقیق انجام شده توسط الکسر و همکاران ۲۸
۲-۶-۶- تحقیق انجام شده توسط سوکوگلو ۳۰
۲-۶-۷- تحقیق انجام شده توسط ارتاس و همکاران ۳۱
۲-۷- خلاصه فصل ۳۲
فصل سوم: معرفی اتصال نیمه پیش ساخته مورد مطالعه و مطالعات آزمایشگاهی سازه صلیب ۳۳
۳-۱- مقدمه ۳۵
۳-۲- معرفی سیستم نیمه پیش ساخته بتنی در این تحقیق ۳۵
۳-۳- شرح اجزاء سیستم نیمه پیش ساخته ۳۶
۳-۳-۱- تیرهای نیمه پیش ساخته ۳۶
۳-۳-۲- ستون ها ۳۷
۳-۳-۳- سقف ها ۳۸
۳-۳-۴- فونداسیون ۳۸
۳-۴- مطالعات آزمایشگاهی، طراحی سازه صلیب برای انجام آزمایش و نتایج آزمایش ۴۰
۳-۴-۱- مشخصات مدل آزمایشگاهی قطعه اتصال صلیبی شکل ۴۰
۳-۴-۲- محاسبات مربوط به مدل صلیب ۴۱
۳-۴-۲-۱- بار گذاری ثقلی ۴۱
۳-۴-۲-۲- بارگذاری زلزله ۴۲
۳-۴-۲-۳- طراحی نمونه صلیب ۴۲
۳-۴-۳- ساخت نمونه‌های صلیب ۴۲

۳-۴-۴- آزمایش نمونه های صلیب ۴۴
۳-۴-۵- دستگاه های آزمایش ۴۴
۳-۴-۶- شرح آزمایش ۴۴
۳-۴-۷- تدارک آزمایش ها و تجهیزات مورد نیاز ۴۵
۳-۵- توصیف نمونه‌های آزمایشی ۴۸
۳-۵-۱- نمونه 1- PCF و 2- PCF ۴۸
۳-۵-۲- نحوه بارگذاری نمونه‌ها ۴۹
۳-۶- بررسی آزمایشگاهی صلیب بتنی دارای اتصال نیمه پیش ساخته گیردار ۵۰
۳-۶-۱- نمونه اول 1- PCF ۵۰
۳-۶-۲- نمونه دوم 2- PCF ۵۱
۳-۷- خلاصه فصل ۵۲
فصل چهارم: مطالعات عددی اتصال پیشنهادی با قطعه فلزی اتصال به شکل نیم لوله ۵۳
۴-۱- مقدمه ۵۵
۴-۲- مدل سازی اجزا سازه صلیب ۵۶
۴-۲-۱- کاربرد اجزای Solid و Truss ۵۶
۴-۲-۲- روی هم گذاری اجزا و ساخت مدل صلیب ۵۷
۴-۲-۳- بارگذاری جانبی ۵۷
۴-۳- بررسی نتایج تحلیل عددی در بار جانبی رفت و برگشتی ۵۸
۴-۳-۱- توزیع تنش در قطعه صلیب ۵۸
۴-۳-۲- مد خرابی صلیب ۶۰
۴-۳-۳- منحنی هیسترزیس سازه صلیب ۶۱
۴-۴- جایگزین قطعه مناسب‌تر برای قطعه اتصال ۶۲
۴-۵- طراحی قطعه فلزی جدید اتصال و مدل سازی آن با نرم افزار Abaqus ۶۲
۴-۵-۱- مشخصات نمونه قطعه ۶۲
۴-۵-۲- توزیع تنش نمونه قطعه نیم لوله در نرم افزار Abaqus ۶۴
۴-۵-۳- سازه صلیب مدل سازی شده با قطعه جدید اتصال ۶۵
۴-۵-۴- مدل سازی اجزاء سازه ۶۵
۴-۵-۵- مدل سازی رفتار مصالح در تحلیل غیر خطی بتن ۶۵
۴-۵-۶- ساخت مدل صلیب ۶۶
۴-۵-۷- اندرکنش بین سطوح ۶۷
۴-۵-۸- بارگذاری ۶۷
۴-۵-۹- نوع شبکه بندی سازه صلیب ۶۸
۴-۵-۱۰- شرایط تکیه گاهی سازه صلیب ۶۸
۴-۶- بررسی نتایج مدل عددی برنامه Abaqus ۶۹
۴-۷- بررسی صلبیت دورانی اتصال ۷۰
۴-۸- خلاصه فصل ۷۴
فصل پنجم: تحلیل استاتیکی غیر خطی در ارزیابی لرزه ای سازه ها ۷۵
۵-۱- مقدمه ۷۷
۵-۲- مراحل تحلیل به روش استاتیکی غیر خطی ۷۸
۵-۳- انواع آلگو های بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیرخطی ۷۸
۵-۴- الگوی بارگذاری در آیین نامه FEMA 356 ۷۹
۵-۵- انواع تحلیل استاتیکی غیر خطی (تحلیل بار افزون) ۸۱
۵-۶- تعیین تغییرمکان هدف ۸۲
۵-۷- روش FEMA 356 ۸۵
۵-۸- مقادیر حداکثر آیین نامه ای ۸۸
۵-۹- خلاصه فصل ۸۸
فصل ششم: مفاهیم و مبانی محاسبه ضریب رفتار سازه ها و نحوه مدلسازی در نرم افزار Perform 3D ۸۹

۶-۱- مقدمه ۹۱
۶-۲- محاسبه و مفاهیم وابسته به ضریب رفتار ۹۲
۶-۳- ضریب کاهش نیرو $R_{\alpha}$ ۹۵
۶-۴- روش میراندا برای بدست آوردن ضریب کاهش نیرو ۹۷
۶-۵- معیارهای تعیین ضریب کاهش نیرو ۹۹
۶-۶- ضریب اضافه مقاومت $\Omega$ ۱۰۰
۶-۷- ضریب رفتار در آیین نامه ها ۱۰۴
۶-۷-۱- آیین نامه UBC 97 ۱۰۴
۶-۷-۲- آیین نامه NEHRP 2003 (FEMA 356) ۱۰۶
۶-۷-۳- آیین نامه ۲۸۰۰ ۱۰۸
۶-۸- نحوه مدل سازی در نرم افزار Perform 3D ۱۱۰
۶-۸-۱- قابلیت های برنامه Perform 3D ۱۱۱
۶-۸-۲- مدلسازی ۱۱۱
۶-۸-۳- تحلیل های غیر خطی ۱۱۲
۶-۸-۴- عملکرد بر مبنای ارزیابی ۱۱۳
۶-۸-۵- خروجی ها ۱۱۳
۶-۸-۶- مدل سازی گره ها ۱۱۴
۶-۸-۷-تعریف مولفه های تشکیل دهنده اعضا ۱۱۵
۶-۸-۸- مشخصات مصالح مورد استفاده ۱۱۷
۶-۸-۹- مقاطع مورد استفاده ۱۱۹
۶-۸-۱۰- مفاصل پلاستیک ۱۲۰
۶-۸-۱۱- اختصاص اتصال پیشنهادی به قاب مدلسازی شده در نرم افزار Perform 3D ۱۲۲
۶-۸-۱۲- نحوه مدل سازی اعضا ۱۲۴
۶-۸-۱۲-۱- تیر ۱۲۴
۶-۸-۱۲-۲- ستون ۱۲۵
۶-۸-۱۳- تعریف بارهای وارد بر ساختمان ۱۲۵
۶-۹- روش های مختلف تحلیل سازه ۱۲۶
۶-۹-۱- تحلیل ثقلی ۱۲۶
۶-۹-۲- تحلیل بار افزون ۱۲۷
۶-۱۰- تعیین منحنی ظرفیت ۱۲۸
۶-۱۱- تحلیل دینامیکی ۱۲۹
۶-۱۲- خلاصه ی فصل ۱۳۰
فصل هفتم: مدل های مورد بررسی و نتایج بدست آمده از تحلیل بار افزون ۱۳۱
۷-۱- مقدمه ۱۳۳
۷-۲- نحوه مدلسازی در نرم افزار ETABS ۱۳۳
۷-۲-۱- معرّفی پروژه ۱۳۳
۷-۲-۲- معرفی هندسهٔ سازه ۱۳۳
۷-۲-۲-۱- نمای سه بعدی ۱۳۳
۷-۲-۲-۲- پلان ستون گذاری و تیر ریزی تیپ طبقات ۱۳۴
۷-۲-۳- آیین نامه های مورد استفاده ۱۳۵
۷-۲-۴- تعیین منشا مختلف بارها و فرضیات بارگذاری ۱۳۵
۷-۲-۴-۱- بارهای مرده ۱۳۵
۷-۲-۴-۲- بارهای زنده ۱۳۶
۷-۲-۴-۳- بارهای زلزله ۱۳۶
۷-۲-۵- ترکیبات بارگذاری بتن (روش ضرائب بار و مقاومت) ۱۳۶
۷-۲-۶- کنترل سازه ۱۳۷
۷-۲-۷- کنترل تغییر مکان سازه (Drift) ۱۳۷

۷-۲-۸- برون محوری مرکز سختی از مرکز جرم ۱۳۸
۷-۲-۹- کنترل واژگونی ۱۳۸
۷-۳- مدل های مورد بررسی در نرم افزار Perform 3D و نتایج بدست آمده ۱۳۸
۷-۳-۱- مشخصات مدل های مورد بررسی ۱۳۸
۷-۳-۲- اتصال مورد بررسی ۱۴۲
۷-۳-۳- سیستم های سازه ای مورد بررسی ۱۴۲
۷-۳-۴- روش انجام بارگذاری و تحلیل ۱۴۲
۷-۳-۴-۱- بارگذاری قائم ۱۴۲
۷-۳-۴-۲- برش پایه زلزله ۱۴۲
۷-۳-۵- فرضیات طراحی ۱۴۳
۷-۳-۶- تحلیل های بار افزون مورد استفاده ۱۴۳
۷-۴- ارزیابی پارامترهای لرزه ای قاب های خمشی پیش ساخته ۱۴۴
۷-۴-۱- ارزیابی قاب های پیش ساخته با اتصال صلب معرفی شده ۱۴۴
۷-۴-۲- تاثیر تعداد دهانه ها بر مقادیر مربوط به ضریب رفتار قاب ها ۱۴۹
۷-۴-۳- مقایسه انواع تحلیل های بار افزون صورت گرفته ۱۵۱
۷-۵- مقایسه ضریب رفتار قاب های خمشی نسبت به مقادیر آیین نامه ای ۱۵۲
۷-۶- خلاصه فصل ۱۵۴
فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۵۵
۸-۱- مقدمه ۱۵۷
۸-۲- نتایج بدست آمده از این پایان نامه ۱۵۹
۸-۲-۱- رفتار اتصال پیشنهادی ۱۶۰
۸-۲-۲- تاثیر تعداد طبقات ۱۶۰
۸-۲-۳- تاثیر تعداد دهانه ها ۱۶۱
۸-۲-۴- تاثیر نوع بارگذاری ۱۶۲
۸-۲-۵- مقایسه کلی ضریب رفتار ۱۶۲
۸-۲-۶- مقایسه کلی ضریب رفتار قاب های پیش ساخته با مقادیر آیین نامه ای ۱۶۳
۸-۳- پیشنهادات ۱۶۴
پیوست ها
پیوست ۱: نتایج آزمایشگاهی و عددی صلیب ها ۱۶۵
پیوست ۲: مقاطع اعضای قاب های مقاوم خمشی و صلیب ها ۱۷۱
پیوست ۳: مقادیر ضریب کاهش نیرو، ضریب اضافه مقاومت و ضریب رفتا ۱۷۵
پیوست ۴: نمودار برش پایه و تغییر مکان برای تحلیل بار افزون انجام شده ۱۸۵
منابع و مراجع ۱۹۱

## فهرست جداول

فصل سوم
جدول (۳-۱) مشخصات میلگرد و بتن مصرفی در ساخت سازه اتصال صلیبی شکل ۴۱
جدول (۳-۲) محاسبات ضریب زلزله برای سازه صلیب ۴۲
فصل پنجم
جدول (۵-۱) مقادیر تقریبی ضریب $C_0$ ۸۶
جدول (۵-۲) ضریب اصلاح $C_m$ ۸۷
جدول (۵-۳) ضریب اصلاح $C_2$ ۸۷
جدول (۵-۴) حداکثر تغییر مکان هدف ارائه شده در آیین نامه FEMA 356 ۸۸
فصل ششم
جدول (۶-۱) مقادیر مربوط به ضریب رفتار در آیین نامه UBC 97 ۱۰۵
جدول (۶-۲) مقادیر مربوط به ضریب رفتار در آیین نامه NEHRP ۱۰۶
جدول (۶-۳) مقادیر مربوط به ضریب رفتار در آیین نامه ۲۸۰۰ ۱۰۸
جدول (۶-۴) مقادیر پارامترهای مختلف نمودار تنش- کرنش فشاری بتن ۱۱۸

جدول (۶-۵) مقادیر پارامترهای مختلف نمودار تنش- کرنش برشی بتن ۱۱۸
جدول (۶-۶) مقادیر پارامترهای مختلف نمودار تنش- کرنش فشاری فولاد ۱۱۹
جدول (۶-۷) پارامتر های مدلسازی و معیار های پذیرش برای روش های غیر خطی- تیر های بتن مسلح ۱۲۱
جدول (۶-۸) پارامتر های مدلسازی و معیار های پذیرش برای روش های غیر خطی- ستون های بتن مسلح ۱۲۱
فصل هفتم
جدول (۷-۱) محاسبات ضریب زلزله ساختمان های بتنی ۴، ۸ و ۱۲ ۱۳۶
جدول (۷-۲) کنترل تغییر مکان نسبی ساختمان های بتنی ۴، ۸ و ۱۲ ۱۳۷
جدول (۷-۳) پارامتر های لرزه ای مربوط به قاب های پیش ساخته ۱ دهانه با اتصال معرفی شده ۱۴۵
جدول (۷-۴) پارامتر های لرزه ای مربوط به قاب های پیش ساخته ۳ دهانه با اتصال معرفی شده ۱۴۵
جدول (۷-۵) پارامتر های لرزه ای مربوط به قاب های پیش ساخته ۵ دهانه با اتصال معرفی شده ۱۴۵

فهرست شکل ها

فصل دوم
شکل (۲-۱) مشخصات تغییر شکل دورانی اتصالات بتنی یکپارچه و پیش ساخته ۱۹
شکل (۲-۲) مدلسازی اتصالات پیش ساخته با استفاده از فنر پیچشی ۲۰
شکل (۲-۳) مشخصات تیر طره ای با اتصالات یکپارچه و پیش ساخته ۲۱
شکل (۲-۴) نمودارهای مربوط به لنگر- دوران اتصال ۲۳
شکل (۲-۵) جزئیات اتصالات بکار رفته ۲۶
شکل (۲-۶) قاب های پیش ساخته بتنی با شکل مونتاژ شده اصلاحی ۲۸
شکل (۲-۷) ابعاد و جزئیات نمونه ها ۲۹
شکل (۲-۸) جزئیات و ابعاد نمونه ها ۳۲
فصل سوم
شکل (۳-۱) نمایی از سازه ۳ طبقه ساخته شده با سیستم نیمه پیش ساخته توسط شرکت ایران فریمکو ۳۵
شکل (۳-۲) میلگردهای عرضی (خاموت ها) انتظار بیرون آمده از تیر نیمه پیش ساخته ۳۶
شکل (۳-۳) قطعه فلزی اتصال انتهای تیر نیمه پیش ساخته ۳۷
شکل (۳-۴) ستون یکپارچه چند طبقه قبل و بعد از نصب ۳۷
شکل (۳-۵) درز پر شده بین ستون پیش ساخته و تیر نیمه پیش ساخته با گروت با مقاومت بالا ۳۸
شکل (۳-۶) سقف پیش ساخته پیش تنیده مجوف (هالوکور) ۳۸
شکل (۳-۷) اتصال پای ستون در سیستم نیمه پیش ساخته ۳۹
شکل (۳-۸) شمای اتصال در سیستم نیمه پیش ساخته ۳۹
شکل (۳-۹) نمایی از سازه صلیب ساخته شده ۴۱
شکل (۳-۱۰) نمایی از میلگردهای مصرفی در تیر و ستون صلیب ۴۳
شکل (۳-۱۱) نمایی از قطعه فلزی اتصال در سازه صلیب ساخته شده ۴۳
شکل (۳-۱۲) نمایی از نصب حسگرهای اندازه‌گیری و انجام آزمایش ۴۴
شکل (۳-۱۳) نقشه جانمایی محل نصب حسگرهای اندازه‌گیری بر روی سازه صلیب ۴۵
شکل (۳-۱۴) نمایی از تکیه‌گاه‌های در نظر گرفته شده برای ستون و تیرهای سازه صلیب ۴۵
شکل (۳-۱۵) نمایی از جک‌های بارگذاری و پمپ برقی مورد استفاده ۴۶
شکل (۳-۱۶) نمایی از قاب‌های مثلثی نگهداری جک‌های هیدرولیکی برای اعمال بار بر روی نمونه ۴۶
شکل (۳-۱۷) نمودار میزان ظرفیت قاب‌های مثلثی در ارتفاعات مختلف ۴۷
شکل (۳-۱۸) نمایی از دستگاه ثبت اطلاعات (Data Logger) استاتیکی ۴۷
شکل (۳-۱۹) نمایی از نمونه‌ای از تغییر مکان سنج‌های نصب شده بر روی سازه صلیب ۴۸
شکل (۳-۲۰) نمایی از سازه صلیب ساخته شده جهت انجام آزمایش در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۴۹
شکل (۳-۲۱) منحنی تغییر مکان اعمال شده به قاب ۵۰
شکل (۳-۲۲) منحنی نیرو - تغییر مکان سیستم صلیب بتنی نمونه1- PCF ۵۱
شکل (۳-۲۳) ضعف در قطعه اتصال و جدا شدن تیرها از ستون سازه صلیب در نمونه1 - PCF ۵۱
شکل (۳-۲۴) در رفتگی مهره‌ها در قطعه اتصال و جداشدن قطعه از ستون در نمو نه1 - PCF ۵۱
شکل (۳-۲۵) منحنی نیرو- تغییر مکان سیستم صلیب بتنی نمونه 2- PCF ۵۲

**فصل چهارم**
**شکل (۴-۱) مدلسازی تیر و ستون بتنی در محیط نرم افزار Abaqus** ۵۷
**شکل (۴-۲) مقادیر تغییر مکان جانبی وارد بر سازه بر حسب سیکل‌های بارگذاری** ۵۸
**شکل (۴-۳) توزیع تنش قطعه اتصال تحت تنش فون مایسز در مدل Abaqus** ۵۹
**شکل (۴-۴) توزیع تنش سازه صلیب تنش فون مایسز در مدل Abaqus** ۵۹
**شکل (۴-۵) توزیع تنش برشی سازه صلیب تنش فون مایسز در مدل Abaqus** ۵۹
**شکل (۴-۶) توزیع تنش در میلگردهای سازه صلیب در کانتورهای تنش مدل Abaqus** ۶۰
**شکل (۴-۷) نمایش مد خرابی و لهیدگی قطعه اتصال در آزمایشگاه و مدل Abaqus** ۶۱
**شکل (۴-۸) منحنی هیسترزیس سازه صلیب PCF -2** ۶۱
**شکل (۴-۹) نمایی از قطعه اتصال جدید به شکل دو نیم لوله** ۶۲
**شکل (۴-۱۰) ابعاد و جزئیات قطعه اتصال جدید به شکل نیم لوله** ۶۳
**شکل (۴-۱۱) قطعه اتصال جدید به شکل نیم لوله** ۶۴
**شکل (۴-۱۲) ساخت اجزای قطعه اتصال در نرم افزار Abaqus** ۶۴
**شکل (۴-۱۳) تنش فون مایسزدر قطعه اتصال جدید به شکل نیم لوله** ۶۳
**شکل (۴-۱۴) منحنی تغییرات مقاومت کششی بتن** ۶۶
**شکل (۴-۱۵) منحنی رفتار بتن در بارگذاری رفت و برگشتی** ۶۶
**شکل (۴-۱۶) ساخت اجزای سازه صلیب در نرم افزار Abaqus (دید از پایین) با قطعه فلزی اتصال جدید** ۶۶
**شکل (۴-۱۷) نمایی از مدلسازی اجزای سازه صلیب در محیط منوی Interaction در برنامه Abaqus** ۶۷
**شکل (۴-۱۸) نمایی از اعمال بارگذاری مورد نظر به سازه صلیب در مدل Abaqus** ۶۸
**شکل (۴-۱۹) نمایی از شبکه بندی انجام شده سازه صلیب در مدل Abaqus با قطعه فلزی اتصال جدید** ۶۸
**شکل (۴-۲۰) نمایی از زیر سازه در نظر گرفته شده برای اتصال مفصلی ستون در مدل Abaqus** ۶۹
**شکل (۴-۲۱) منحنی نیرو- تغییر مکان (هیسترزیس) سازه صلیب با قطعه فلزی اتصال جدید** ۶۹
**شکل (۴-۲۲) نمایی از توزیع تنش میلگردهای سازه صلیب مدل شده در نرم افزار Abaqus** ۷۰
**شکل (۴-۲۳) نمایی از توزیع تنش در قطعه اتصال لوله‌ای شکل مدل شده در نرم افزار Abaqus** ۷۰
**شکل (۴-۲۴) نمایی از مدلسازی قطعه زیر سازه متصل تیر به ستون در مدل Abaqus** ۷۱
**شکل (۴-۲۵) تعریف مشخصات صلبیت، مقاومت و شکل پذیری بر روی منحنی لنگر- دوران** ۷۲
**شکل (۴-۲۶) منحنی لنگر- دوران سازه صلیب با قطعه فلزی اتصال جدید در نرم افزار Abaqus** ۷۳
**فصل پنجم**
**شکل (۵-۱) تغییرات k نسبت به زمان تناوب طبیعی سازه** ۸۱
**شکل (۵-۲) الگوی بارگذاری در تحلیل های بار افزون مرسوم** ۸۲
**شکل (۵-۳) الگوی بارگذاری در تحلیل های بار افزون مودال** ۸۲
**شکل (۵-۴) الگوی بارگذاری در تحلیل های بار افزون تطبیقی** ۸۲
**شکل (۵-۵) نقاط مشخصه برای سطوح عملکرد مختلف** ۸۳
**شکل (۵-۶) روند تشکیل مفاصل پلاستیک در تحلیل بار افزون** ۸۴
**شکل (۵-۷) منحنی ساده شده نیرو- تغییر مکان** ۸۵
**فصل ششم**
**شکل (۶-۱) منحنی ظرفیت سازه** ۹۳
**شکل (۶-۲) طیف خطی و غیر خطی با شکل پذیری ثابت** ۹۶
**شکل (۶-۳) ضریب کاهش نیروی پیشنهاد شده توسط میراندا برای انواع خاک ها مختلف** ۹۹
**شکل (۶-۴) تاثیر تعداد طبقات و تعداد دهانه ها بر ضریب اضافه مقاومت** ۱۰۳
**شکل (۶-۵) تاثیر نوع منطقه لرزه ای بر ضریب اضافه مقاومت** ۱۰۳
**شکل (۶-۶) مقایسه ضریب رفتار آیین نامه NEHRP و UBC 94 با ضریب کاهش نیرو** ۱۱۰
**شکل (۶-۷) نمودار ایده آل شده از رفتار اعضا** ۱۱۶
**شکل (۶-۸) منحنی تنش- کرنش ایده آل شده بتن** ۱۱۷
**شکل (۶-۹) منحنی تنش- کرنش ایده آل شده فولاد** ۱۱۹
**شکل (۶-۱۰) نمونه ای از نحوه اختصاص منحنی لنگر- دوران به اتصالات قاب** ۱۲۲
**شکل (۶-۱۱) منحنی لنگر- دوران اتصال ستون 40X40 پیش ساخته به تیر 40X40 پیش ساخته** ۱۲۳

شکل (۶-۱۲) منحنی لنگر- دوران اتصال ستون 50X50 پیش ساخته به تیر 50X50 پیش ساخته ۱۲۳
شکل (۶-۱۳) منحنی لنگر- دوران اتصال ستون 60X60 پیش ساخته به تیر 60X60 پیش ساخته ۱۲۴
شکل (۶-۱۴) نمونه ای از نحوه اعمال بار مرکز جرم بر قاب ۱۲۵
شکل (۶-۱۵) نمونه ای از نحوه اعمال بار جانبی بر قاب ۱۲۶
شکل (۶-۱۶) نمونه ای از خروجی منحنی ظرفیت قاب (برش پایه- تغییر مکان) ۱۲۸
شکل (۶-۱۷) نمونه ای از میزان جذب انرژی زلزله توسط عضو تیر برای بارگذاری دینامیکی ۱۲۹
شکل (۶-۱۸) نمونه ای از میزان جذب انرژی زلزله توسط عضو ستون برای بارگذاری دینامیکی ۱۲۹
شکل (۶-۱۹) نمونه ای از میزان جذب انرژی زلزله توسط اتصالات برای بارگذاری دینامیکی ۱۳۰
فصل هفتم
شکل (۷-۱) نمای سه بعدی از ساختمان های بتنی ۴، ۸ و ۱۲ طبقه مدل سازی شده در نرم افزار ETABS ۱۳۴
شکل (۷-۲) پلان ستون گذاری و تیر ریزی طبقات ساختمان های مدل سازی شده در نرم افزار ETABS ۱۳۵
شکل (۷-۳) نمای شماتیکی از قاب های خمشی چهار طبقه مورد بررسی ۱۳۹
شکل (۷-۴) نمای شماتیکی از قاب های خمشی هشت طبقه مورد بررسی ۱۴۰
شکل (۷-۵) نمای شماتیکی از قاب های خمشی دوازده طبقه مورد بررسی ۱۴۱
شکل (۷-۶) مقایسه ضرایب رفتار برای قاب های ۱ دهانه تحت بارگذاری های مختلف ۱۴۸
شکل (۷-۷) مقایسه ضرایب رفتار برای قاب های ۳ دهانه تحت بارگذاری های مختلف ۱۴۸
شکل (۷-۸) مقایسه ضرایب رفتار برای قاب های ۵ دهانه تحت بارگذاری های مختلف ۱۴۹
شکل (۷-۹) مقایسه ضرایب رفتار برای قاب های پیش ساخته در دهانه های مختلف تحت بارگذاری یکنواخت ۱۵۰
شکل (۷-۱۰) مقایسه ضرایب رفتار برای قاب های پیش ساخته در دهانه های مختلف تحت بارگذاری مثلثی ۱۵۰
شکل (۷-۱۱) مقایسه برش پایه قاب های پیش ساخته ۱ دهانه و ۴، ۸ و ۱۲ طبقه تحت بارگذاری های مختلف ۱۵۱
شکل (۷-۱۲) مقایسه تغییر مکان بام قاب های پیش ساخته ۱ دهانه و ۴، ۸ و ۱۲ طبقه تحت بارگذاری های مختلف ۱۵۲

## فصل اول

# مقدمه وکلیات

## ۱-۱- مقدمه

ساخت بنا امروزه با چالش هایی از قبیل ساخت و هزینه به خصوص در مناطق لرزه خیز روبرو است. در این بین ساختمان های پیش ساخته برای سرعت بخشی به روند ساخت توسعه پیدا کرده اند. اعضای بتنی پیش ساخته، اجزای سازه ای با کیفیت بالا، کارآمدی بیشتر ساختمان، صرفه جویی در وقت و هزینه کمتر را به همراه داشته است [۱۰]. این ساختمان ها می توانند در مناطق با لرزه خیزی زیاد با استفاده از اتصالات تیر به ستون مقاوم خمشی به کار روند. این در حالی است که جوشکاری، بتن درجا در طی نصب، بولت کاری و شمع کوبی هزینه ساختمان را افزایش داده و در نتیجه کنترل کیفیت و مقاومت بیشتری برای این ساختمان ها باید در نظر گرفته شود [۱۱]. اما از فواید استفاده از این ساختمان ها می توان به مواردی همچون کاهش هزینه در مواد مصرفی، تنوع در روش های ساخت، کاهش در زمان اجرای ساختمان، تولید بیشتر، کنترل کیفیت بالا در کارگاه، مرغوبیت اجزای به کار رفته، عدم نیاز به تخصص های متعدد، حذف محدودیت های فصلی، نیاز به نیروی کار کمتر، امکان انبار کردن، امکان استفاده مجدد از اجزای پیش ساخته، ایمنی بیشتر در پای کار اشاره کرد.

سیستم های سازه ای که در آنها از سیستم های پیش ساخته استفاده شده دارای کارآمدی و فواید اثبات شده ای در زمینه محصولات، کنترل کیفیت و هزینه هستند و در کشور های نظیر ایالات متحده و نیوزیلند با جزئیات اتصالی متنوع و وسیعی در قاب های ساختمانی جهت فراهم کردن مقاومت کافی بکار می روند. با این وجود صنعت پیش ساخته سازی به جهت وجود مسائلی که بطور حل نشده ای باقی مانده اند به پتانسیل کامل خود نرسیده اند. این مشکلات برخاسته از اتصال بین اجزای پیش ساخته است که صنعت پیش ساختگی را با مانع روبرو کرده است. بعضی از ساختمان های پیش ساخته در طی زلزله های گذشته به دلیل عدم توجه به طراحی اتصالاتشان دچار شکست شده اند.

مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی زیادی در گذشته بر روی عملکرد اتصالات تیر به ستون یکپارچه تحت بار های چرخه ای تیر الاستیک صورت گرفته است. عدم وجود راهبردهای طراحی نیز مانعی دیگر بر سر راه استفاده گسترده از سیستم های بتنی پیش ساخته شده است [۱۲]. به دلیل اطلاعات محدود فرض بر این است که سازه های بتنی پیش ساخته کمتر بصورت شکل پذیر رفتار می کنند و تمایل به رفتار الاستیک ناپایدارتری نسبت به ساختمان های درجا دارند، که به دلیل تمرکز کرنش های غیر الاستیک در منطقه

اتصال است. در نتیجه مقرراتی به صورت کلی برای طراحی ساختمان های بتنی پیش ساخته در آیین نامه های ساختمانی آمریکا، برای مثال آیین نامه UBC وجود دارد.

از دیگر مزایای استفاده از روش پیش ساختگی، امکان استفاده از آن در انبوه سازی و سریع سازی ساختمان‌ها می‌باشد. خصوصاً در کشور ما که بخش عظیمی از ساختمان‌ها فاقد سیستم مقاوم خوبی در برابر زلزله هستند استفاده از این روش می تواند سازه ای امن و مطمئن با مقاومت بالا را حاصل می کند. همچنین به منظور کاهش اثرات نامطلوب پیش ساختگی در اتصالات می توان به جای سیستم پیش ساخته کامل از سیستم نیمه پیش ساخته استفاده کرد.

برخی از برتری‌های سیستم نیمه‌پیش‌ساخته نسبت به بتن ریزی درجا عبارتند از:

۱) ساخت ستون بصورت یکسره و بدون درز اجرایی در ترازهای بالا و پایین هر سقف امکان پذیر می‌شود.

۲) امکان خاموت گذاری در حد فاصل ضخامت سقف داخل ستون در کارخانه وجود دارد.

۳) بتن‌ریزی اعضا بصورت افقی (خوابیده) منجر به ارتقاء و تضمین کیفیت و افزایش سرعت کار می‌شود.

۴) وصله پوششی میلگرد ستون ها در هر طبقه به خاطر یکسره بودن ستون چند طبقه حذف می‌شود.

۵) هزینه ساخت به خاطر سرعت بالا و صرفه‌جویی‌های مصالح مصرفی کاسته می‌شود.

۶) امکان عمل آوری کامل با بخار، رسیدن به مقاومت مطلوب و انجام کار، مستقل از شرایط جوی در کارخانه وجود دارد.

۷) حذف قالب بندی در کارگاه، کاهش قابل توجه خطا و هزینه قالب بندی و افزایش سرعت کار.

۸) امکان صرفه‌جویی در مصرف مصالح سازه (سیمان و فولاد) با بهینه کردن مقاومت و ابعاد هندسی اعضا وجود دارد.

۹) عملا در کارخانه امکان استفاده از بتن با رده‌های مقاومتی بیشتر از بتن درجا وجود دارد.

۱۰) استفاده از میلگردهای استیل و یا میلگردهای کامپوزیتی همانند FRP در کارخانه امکان‌پذیر است.

بیشتر آیین نامه های لرزه ای، آزادی زیادی برای قاب های مقاوم خمشی شکل پذیر قائل هستند و بر پایه اطلاعاتی که در مورد ساختمان های درجاساز دارند به مسئله ساختمان های پیش ساخته پرداخته اند. این در حالی است که مقرراتی که برای این ساختمان ها به کار رفته اند بسیار خلاصه توضیح داده شده اند. برای مثال در بیشتر حالات ملزوماتی که در UBC برای جزئیات قاب های یکپارچه اعمال شده اند برای قاب

های پیش ساخته قابل اعتماد نیستند، در نتیجه بیشتر ساختمان های پیش ساخته باید بر اساس مقررات UBC که برای سیستم های سازه ای نامعلوم در نظر گرفته شده اند طراحی شوند.

اعتماد به استفاده از قاب های بتنی پیش ساخته در مناطقی که دارای خطر لرزه ای بالایی هستند بر پایه آزمایش های تجربی برای ارزیابی عملکرد آنها است. همچنین عدم وجود روش های طراحی در مکان هایی که دارای لرزه خیزی کم تا متوسط هستند و نیاز به شکل پذیری و مقاومت پایین تری دارند احساس می شود. فراهم کردن مقدار تراز مقاومتی برای قاب های پیش ساخته در مناطق با لرزه خیزی کم تا متوسط همانند قاب هایی که در مناطق با لرزه خیزی زیاد هستند غیر اقتصادی و غیر عملی به نظر می رسد.

برخی از مشکلات و معایب بکار گیری این سیستم ها عبارتند از:

۱) نیاز به دقت و توجه زیاد به اتصالات در این نوع سازه ها و مشکلات نصب.

۲) مشکلات ناشی از انبار کردن و حمل نقل قطعات.

۳) عدم انعطاف در ساخت ساختمان های نامنظم.

۴) محدودیت در اندازه ابعاد به خاطر حمل و نقل قطعات.

۵) عدم پشتیبانی مناسب از طرف آیین نامه های طراحی.

از طرفی در ذیل به چند مورد از مشکلات و نقایص متداول سیستم سازه بتن مسلح درجا اشاره شده است:

۱) همواره معایب کیفی اجرا، تحت کنترل نیست و با چشم هم دیده نمی‌شود که این امر در ساختمان پنهان می‌ماند.

۲) معمولا جزئیات سازه ساخته شده درجا با مفروضات محاسباتی و طراحی مطابقت ندارد.

۳) سیستم کنترل و نظارت بر همه مراحل اجرای سازه‌های درجا وجود ندارد.

۴) افت و ریز مصالح ارزشمند (سیمان و فولاد) در کارگاه‌ها زیاد است.

۵) تجاوز از رواداری‌های هندسی مجاز در اجرای سازه درجا نسبتا زیاد است.

۶) سرعت عمل در اجرا خیلی کند می‌باشد و شرایط محیطی و فصلی محدود کننده است.

۷) افزایش زمان اجرا، هزینه‌های غیر مستقیم و متغیری را بر پروژه تحمیل می‌نماید.

۸) امکان تعویض و حذف اعضا و قطعات معیوب قبل از اجرای مراحل بعد وجود ندارد.

## ۱-۲- معرفی موضوع

به دلایل اقتصادی، فلسفه کنونی طراحی ساختمان ها و سازه های دیگر تحت حرکات شدید زلزله این اجازه را به سازه ها می دهد که وارد ناحیه تغییر شکل های غیر الاستیک شوند. بر پایه این فلسفه نیرو های جانبی شرح داده شده در آیین نامه های لرزه ای کمتر و در بعضی از موارد خیلی کمتر از نیرو های جانبی واقعی در نظر گرفته می شوند تا از ظرفیت غیر الاستیک سازه نیز استفاده شود. این کاهش با ضریبی به نام ضریب رفتار صورت می گیرد.

امروزه اکثر آیین نامه های لرزه ای نظیر آیین نامه ۲۸۰۰ [۱] بر پایه تحلیل استاتیکی معادل قرار دارند که در آن نیروی جانبی اعمال شده بر سازه بصورت نسبتی از وزن ساختمان قابل بیان است. این نسبت که ضریب زلزله C نامیده می شود بر اساس چهار پارامتر قابل بیان است که عبارتند از : A شتاب زلزله به شتاب ثقل، B ضریب بازتاب ساختمان که با استفاده از طیف بازتاب طرح بدست می آید، I ضریب اهمیت ساختمان، R ضریب رفتار ساختمان [۱]. در این بین، ضریب رفتار به علت در بر داشتن شکل پذیری و اضافه مقاومت سازه از اهمیت بالایی برخودار است. اما ضریب رفتار بطور عمده از دو ضریب کاهش نیرو و ضریب اضافه مقاومت تشکیل یافته است که ضریب کاهش نیرو عمدتاً وابسته به شکل پذیری و زمان تناوب طبیعی سازه است. ضریب اضافه مقاومت نیز به عوامل متعددی از قبیل نامعینی سازه و باز توزیع نیروهای داخلی است.

عمده تفاوت رفتاری بین ساختمان های یکپارچه و پیش ساخته در اتصالات آنها نهفته است. این باعث می شود رفتار لرزه ای ساختمان های پیش ساخته متفاوت از ساختمان های درجاساز باشد. این اتصالات در یک نگاه باعث تغییر در شکل پذیری، افزایش زمان تناوب طبیعی، کاهش سختی، کاهش مقاومت جانبی، و تغییر در اتلاف انرژی سازه می شود. از آنجایی که عمده تحلیل صورت گرفته در سازه ها تحلیل خطی است و ضریب رفتار، ضریبی است که در این تحلیل ها تحت تاثیر عوامل فوق می باشد، بررسی این ضریب در این سازه ها ضروری به نظر می رسد. از طرف دیگر در آیین نامه های لرزه ای، این ضریب بصورت عددی ثابت درج شده است. با وجود تحقیقات گسترده بر روی این ضریب در ساختمان های درجا، هنوز تحقیقات کاملی درباره آن در مورد ساختمان های پیش ساخته صورت نگرفته، که این موارد لزوم تحقیق را در این زمینه ضروری ساخته است. بنابراین در این تحقیق سعی شده است که با لحاظ کردن یک نوع اتصال تیر به ستون

پیش ساخته پیشنهادی، مدلی برای اینگونه قاب های ساختمانی ارائه شود و به تعیین رفتار اینگونه از ساختمان ها با استفاده از روابط موجود پرداخته شود.

اتصال پیشنهادی مورد مطالعه در این تحقیق، اتصال ابداعی مجتمع تحقیقاتی تولیدی ایران فریمکو می باشد که مطالعات آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه سازه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انجام شده است و برای محاسبه ضریب رفتار این اتصال بر روی قاب های خمشی نیاز به تحلیل های عددی داشته است.

## ۱-۳- ارتباط موضوع با کار های انجام گرفته

بطور کلی عواملی که در تحقیقات گذشته مورد توجه قرار گرفته است به ترتیب در قاب های خمشی مربوط است به: تاثیر تعداد طبقات، تاثیر تعداد دهانه ها، انواع اتصالات تیر به ستون پیش ساخته، انواع بارگذاری های جانبی وارد بر قاب ها، نمودار ظرفیت قاب (نمودار برش-تغییر مکان) و تحلیل آن. همانطور که با مراجعه به تحقیقات گذشته مشاهده می شود بیشتر کارها و پژوهش هایی که در مورد ضریب رفتار صورت گرفته مربوط به ساختمان های درجا بوده است. این در حالی است که در مورد ساختمان های پیش ساخته این تحقیقات بیشتر در زمینه اتصالات پیش ساخته بوده و کمتر به بحث تاثیر این اتصالات بر رفتار لرزه ای این نوع ساختمان ها پرداخته شده است.

## ۱-۴- ضرورت و هدف از انجام تحقیق

همانطور که اشاره شد ضعف اصلی در ساختمان های پیش ساخته مربوط به مسئله اتصالات در آنها است. اجزایی که بصورت جداگانه و در کارگاه با شرایط خوبی ساخته شده اند باید در محل اجرای کار به یکدیگر متصل گردند. این اجرا با توجه به شرایط اجزای پیش ساخته به دلیل ابعاد، وزن و از پیش ساخته شده بودن آنها محدودیت های زیادی را برای اتصالات اینگونه ساختمان ها ایجاد می کند. از این رو ساخت اتصالاتی که بتواند سختی و مقاومت زیادی را از طریق عبور حجم زیادی از میلگرد در محل اتصال برآورده سازد مقدور نمی باشد.

با توجه به این که در گذشته تحقیقات اندکی بر روی ضریب رفتار اینگونه سازه ها صورت گرفته و در آئین نامه ۲۸۰۰ نیز جایگاهی برای ضریب رفتار چنین سازه هایی در نظر گرفته نشده و نیز از آنجایی که عمده ساختمان های پیش ساخته رایج بصورت قاب های خمشی و یا دوگانه مورد استفاده قرار می گیرند در این تحقیق بر آن خواهیم بود که با تمیز دادن ساختمان های پیش ساخته از ساختمان های یکپارچه

معادلشان، با در نظر گرفتن یک نوع اتصال خاص خمشی تیر به ستون نیمه پیش ساخته (اتصال شرکت ایران فریمکو) [۲] به تعیین ضریب رفتار اینگونه سازه ها با سیستم قاب خمشی پرداخته شود.

در این تحقیق به معرفی و بررسی رفتار یک نوع اتصال خاص خمشی پیش ساخته بتنی تیر به ستون بر روی قاب های پیش ساخته خمشی می‌پردازد. جهت آزمایش اتصال، سازه‌های صلیب مانندی از تیر و ستون طراحی و ساخته شدند و آزمایش های سیکلی بر روی آنها انجام گرفت. سپس صحه گذاری نتایج آزمون به کمک نرم افزار Abaqus انجام و نهایتاً طرح نهایی اتصال با گیرداری صد در صد در انتقال لنگر به ستون (کاملاً صلب) و منحنی هیسترزیس چاق با عملکرد میرایی مناسب مشخص شده است. پس از آن برای بررسی رفتار این اتصال یک ساختمان پیش ساخته به صورت قاب خمشی مورد بررسی قرار گرفته است. این قاب ها دارای دهانه های ۱، ۳ و ۵ و تعداد طبقات ۴، ۸ و ۱۲ می باشد. همچنین تاثیر یک نوع اتصال خمشی تیر به ستون (اتصال شرکت ایران فریمکو [۲]) مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل صورت گرفته در دو شکل بار افزون یکنواخت و مثلثی بوده و از نرم افزار Perform 3D برای انجام تحلیل های غیر خطی استفاده شده است.

## ۱-۵- محتوای فصل های بعدی

در ادامه مطلب در فصل دوم به بررسی رفتار انواع سیستم های پیش ساخته و نیز رفتار اتصالات تیر به ستون خواهیم پرداخت و تحقیقات صورت گرفته در زمینه اتصالات پیش ساخته را مرور خواهیم کرد. در فصل سوم به معرفی اتصال نیمه پیش ساخته پیشنهادی و مطالعات آزمایشگاهی سازه صلیب خواهیم پرداخت. در فصل چهارم به مطالعات عددی اتصال پیشنهادی با قطعه فلزی اتصال به شکل نیم لوله در نرم افزار Abaqus پرداخته و در فصل پنجم به مفهوم و انواع تحلیل های بار افزون اشاره خواهیم کرد. سپس در فصل ششم به مفهوم ضریب رفتار و عوامل تشکیل دهنده آن و نیز نحوه مدلسازی و انجام تحلیلی استاتیکی غیر خطی (بار افزون) در نرم افزار Perform 3D پرداخته ایم. پس از آن در فصل هفتم نتایج تحلیل های صورت گرفته بر مدل های ساخته شده در قاب های ساختمانی مورد ارزیابی قرار می گیرد. در نهایت در فصل هشتم به نتیجه گیری کلی از پایان نامه پرداخته شده و پیشنهاداتی برای کار های آینده ارائه خواهد شد.

فصل دوم

# قاب های خمشی پیش ساخته بتنی و اتصالات آنها