بسم الله الرحمن الرحيم

١١٠٨٨٢

۸۷/۱/۱۰۴۹۷۰
۸۸/۱/۱۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی عمران

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- گرایش سازه

تحلیل مدل المان‌محدود و مقایسه آزمایشگاهی تیرهای T شکل پیش‌تنیده دارای بتن مقاومت بالای خود متراکم

۱۳۸۷/۱۲/۲۷

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر مقصودی

مولف:

مینا فرحبخش

خرداد ماه ۱۳۸۷

۱۱۰۸۸۲

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی	**امضاء**
دانشجو: مینا فرحبخش	
استاد راهنما: دکتر علی اکبر مقصودی	
داور اول: دکتر محمد جواد فدایی	
داور دوم: دکتر جواد سلاجقه	
نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر مسعود رضا حسامی	

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

با سپاس از الطاف بیکران الهی این پایان نامه را به نشانه قدر دانی تقدیم میکنم به:

دو واژه فراموش نشدنی ذهنم
آنان که مرا صادقانه زیستن آموختند
سوختند تا بسازم
ساختند تا برافرازم و به پرواز درآیم
و تمام هستیشان را به هستیم هدیه کردند.

پدرم.

استوارترین تکیه گاه زندگیم
که واژه واژه زندگی را از وی آموختم

مادرم

کسی که نگاه نگرانش همواره بدرقه راهم بود
و محبت بی دریغش آرامبخش زندگیم بوده و هست

تشکراز زحماتشان درتمام سالهای زیستنم

خواهر و برادرانم

که درتمامی مراحل تحصیل پشتیبان و همراه واقعی ام بودند.
آینده روشن آنها تجلی گاه آرزوهایم
و سلامت و سعادتشان آرزوی همه لحظه هایم است

شکر ذات مقدس پروردگار را سزاست که شاکرترین بندگانش از حق شکر او عاجز و عابدترین آنان در عبادتش قاصر. شکر را تعلیم داد و بر آن ثواب عظیم مقرر فرمود. اقیانوس رحمتش را ساحلی و نعماتش را شماره ای نباشد. او که در هنگام رحمت ارحم الراحمین و در غوغای عقوبت اشد المعاقبین است.

مَن لَم یَشکُرُ المَخلوق لَم یَشکُرُ الخالق

حال که به لطف پروردگار این کار به پایان رسیده، بر خود واجب می دانم ازعزیزانی که مرا در این راه یاری نموده اند سپاسگزاری نمایم. از جناب آقای **دکتر علی اکبر مقصودی** که با فرزانگی و روحیه خستگی ناپذیر و رهنمودهای خود، محور اصلی حمایت اینجانب در این مسیربوده اند برای عمری سپاسگزارم.

همچنین از آقای حسنی مسئول سایت، آقای زاهدی متصدی آزمایشگاه بتن و دانشجویان کارشناسی ارشد، خصوصا آقایان فرهادحمزه زرقانی، کامران مستی، سیامک اوحدی، آرش حشمتی و محمد جلال سهیل که در مراحل مختلف پیشرفت این پروژه مرا یاری رساندند و از هیچ کوششی در کمک به اینجانب دریغ ننمودند، کمال تشکر را دارم.

چکیده:

سازه‌های بتن مسلح به طور گسترده برای تقاضاهای مختلف و وضعیت های گوناگون در مهندسی عمران بکارگرفته میشوند. در بیشتر حالات، این سازه ها با استفاده از روشهای ساده شده ای که از روشهای آزمایشگاهی الهام گرفته اند طراحی می شوند. پاسخ این سازه ها در برابر بارهای اعمال شده اساس بررسی های گوناگون می باشد.

روشهای مختلفی برای مطالعه مولفه های سازه ای مورد استفاده قرار می گیرد. تست های پایه آزمایشگاهی به طور وسیعی به عنوان راهی برای آنالیز اجزاء مستقل و تأثیرات مقاومت بتن تحت بارگذاری به کار برده می شود. این روش با اینکه پاسخ های زنده و واقعی سازه را انعکاس می دهد، اما در نهایت وقت گیر و از نظر نیروی انسانی و مصالح مصرفی پر هزینه است.

در سال های اخیر، کاربرد آنالیزهای اجزاء محدود در اثر پیشرفت علم و افزایش قابلیت نرم افزار و سخت افزارهای کامپیوتری افزایش یافته است. این روش اکنون روشی انتخابی برای آنالیز مولفه های سازه های بتنی می باشد. به کار بردن نرم افزارهای کامپیوتری برای مدل کردن این اجزاء بسیار سریع تر و نهایتاً با هزینه کمتری انجام می شود. در نتیجه آنالیز های المان محدود را می توان برای مطالعه این مولفه های مستقل سازه ای به عنوان مکمل به کار گرفت.جهت اطمینان از معتبر بودن خروجی نرم افزار کامپیوتری کنترل هایی ضروری، در طول آنالیز لازم می باشد.

در تحقیق حاضر نتایج تئوریک با استفاده از مدلسازی تیرها به روش اجزاء محدود بکمک نرم افزار ANSYS بدست آمده و در قسمت آزمایشگاهی از نتایج موجود بارگذاری تیرها استفاده شده است. در این تحقیق سعی شده با معرفی خصوصیات واقعی بتن و فولاد که در قالب نمودارهای تنش-کرنش آزمایشگاهی می باشد، مدلی را ارائه کرد که بتوان به نتایجی با خطای کمتر برسیم. در قسمت آزمایشگاهی از نتایج موجود بارگذاری تیرها استفاده شده و در پایان مقایسه نتایج تئوری و آزمایشگاهی نمودارهای بار- خیز تیرها و بار- کرنش بتن آورده شده است. مقایسه نتایج حاکی از عملکرد مطلوب مدل ANSYS با نتایج آزمایشگاهی می باشد.

فهرست مطالب:

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه..... ۱

۱-۲ اهمیت موضوع تحقیق..... ۳

۱-۳ هدف از این تحقیق..... ۳

۱-۴ روش انجام تحقیق..... ۳

۱-۵ نظر اجمالی بر فصل های پایان نامه..... ۴

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته محققان..... ۵

فصل سوم: معرفی بتن پیش تنیده

۳-۱

تاریخچه..... ۸

۳-۲خواص و ویژگیها..... ۱۱

۳-۳ مشخصات مکانیکی مصالح

۳-۳-۱فولادهای پیش تنیدگی..... ۱۲

۳-۳-۱-۱ افت نیروی پیش تنیدگی..... ۱۵

۳-۳-۱-۲ نمودارهای تنش کرنش کابلها..... ۱۶

۳-۳-۲ بتن ۱۷

۳-۳-۳ فولادهای مسلح کننده ۱۹

۳-۴ مختصری بر طراحی سازه پیش تنیده..... ۲۰

فصل چهارم: معرفی بتن مقاومت بالا

۴-۱ تاریخچه..... ۲۴

۴-۲ خواص و ویژگیهای بتن با مقاومت بالا

۴-۲-۱ دیاگرام تنش- کرنش بتن با مقاومت بالا..... ۲۷

۴-۲-۲ مدول الاستیسیته و نسبت پواسون بتن با مقاومت بالا..... ۲۹

۴-۲-۳ مقاومت کششی بتن با مقاومت بالا..... ۳۰

۴-۲-۴ دوام بتن بامقاومت بالا..... ۳۰
۴-۲-۵ اعضاء خمشی دارای بتن با مقاومت بالا..... ۳۰
۴-۲-۶ حداکثر و حداقل نسبت فولاد کششی در اعضاء خمشی ۳۲
۴-۲-۷ پارامترهای بلوک تنش فشاری مقاطع خمشی بتن با مقاومت بالا..... ۳۳
۴-۲-۸ معادلات ارائه شده برای مدول الاستیسیته بتن با مقاومت بالا..... ۳۴
فصل پنجم: معرفی بتن خودمتراکمSCC
۵-۱ تاریخچه..... ۳۵
۵-۲ ماهیت بتن خودمتراکم..... ۳۵
۵-۳ ویژگیهای بتن خودمتراکم..... ۳۶
۵-۴ کارائی بتن خودمتراکم..... ۳۸
۵-۵ توانایی پرکنندگی بتن خودمتراکم..... ۳۸
۵-۶ مقاومت در برابر جداشدگی بتن خودمتراکم..... ۳۹
فصل ششم:مروری برکارآزمایشگاهی انجام شده
۶-۱ مقدمه..... ۴۰
۶-۲ مصالح مورد استفاده
۶-۲-۱ بتن خود متراکم..... ۴۰
۶-۲-۲ آرماتور مصرفی..... ۴۱
۶-۲-۳ کابل های پیش تنیده..... ۴۱
۶-۳ ساخت شبکه های آرماتور تیرها..... ۴۲
۶-۴ نصب کرنش سنجها ی الکتریکی..... ۴۳
۶-۵ بتن ریزی و عمل آوری تیرها..... ۴۳
۶-۶ مراحل آزمایش بارگذاری تیرها..... ۴۴
۶-۶-۱ نصب ابزار لازم.....
۶-۶- ۲ مراحل بار گذاری تیر.....
فصل هفتم: مختصری بر مبانی تحلیل غیر خطی
۷-۱ مقدمه..... ۴۶

۷-۲. بررسی تحلیل غیرخطی..... ۴۶
۷-۳. رابطه تحلیل در اجزای محدود..... ۴۷
۷-۴. منابع ایجاد رفتار غیرخطی..... ۴۹
۷-۴-۱. غیرخطی مصالح..... ۴۹
۷-۴-۲. غیرخطی هندسی..... ۵۰
۷-۵. روش‌های حل معادلات غیرخطی..... ۵۱
۷-۶. نمودار بار- تغییرمکان..... ۵۲
۷-۷. ویژگی‌های تحلیل غیرخطی..... ۵۴
۷-۸. رفتار مصالح..... ۵۶
۷-۸-۱. رفتار ارتجاعی..... ۵۶
۷-۸-۲. رفتار غیرارتجاعی..... ۵۷
۷-۹ معیار تسلیم..... ۵۷
۷-۱۰ معیار شکست حاکم بر رفتار مصالح..... ۵۸
۷-۱۰-۱ معیار شکست حاکم بر رفتار بتن .....
۷-۱۰-۲ معیار شکست حاکم بر گسیختگی فولاد..... ۶۰
۷-۱۱. مقدمه‌ای در مورد نرم‌افزار ANSYS.....
۷-۱۱-۱. عملکرد نرم افزارهای المان محدود ۶۱
۷-۱۱-۲. انواع دستگاههای مختصات و بارها در نرم‌افزارANSYS ۶۲
۷-۱۱-۳. گام‌های بار و معادلات تکراری..... ۶۳
۷-۱۱-۴. بررسی انواع مسائل غیرخطی در نرم‌افزار ANSYS ۶۴
۷-۱۱-۵. روش حل معادلات غیرخطی در نرم‌افزار ANSYS..... ۶۵
۷-۱۱-۶. روش‌های حل در برنامه ANSYS..... ۶۸
۷-۱۱-۷. معیار همگرایی..... ۶۹
فصل هشتم: مدل سازی نرم افزاری تیرهای ساخته شده
۸-۱ آشنایی با روش اجزاء محدود..... ۷۰
۸-۲ جزئیات مدل اجزا محدود..... ۷۱

۸-۲-۱ انتخاب نوع المان
۸-۲-۱-۱ مدلسازی بتن..... ۷۱
۸-۲-۱-۲ مدلسازی میلگردها در بتن مسلح..... ۷۳
۸-۲-۱-۲-۱ نحوه مدلسازی میلگردها در بتن مسلح..... ۷۳
۸-۲-۲ ثوابت هندسی المانها..... ۷۵
۸-۲-۳ خواص مواد..... ۷۶
۸-۳ مدلسازی تیرها در محیط نرم افزار..... ۸۱
۸-۴ بارگذاری و اعمال شرایط مرزی..... ۸۳
۸-۵ آنالیز مدل سازه ای..... ۸۴
فصل نهم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۹-۱ بررسی کیفی زفتار تیرها در مراحل مختلف بارگذاری..... ۸۶
۹-۱-۱ بررسی مرحله انتقال..... ۸۶
۹-۱-۲ بررسی بار ترک خوردگی..... ۸۷
۹-۱-۳ بررسی مرحله سرویس..... ۸۷
۹-۱-۴ بررسی ناحیه غیر خطی..... ۸۸
۹-۱-۵ بررسی بار جاری شدن..... ۸۹
۹-۱-۳ بررسی مرحله نهایی..... ۸۹
۹-۲ بررسی کمی زفتار تیرها در مراحل مختلف بارگذاری
۹-۲-۱ بیان شکل پذیری..... ۹۰
۹-۲-۲ اهمیت شکل پذیری..... ۹۰
۹-۲-۳ روش های محاسبه شکل پذیری..... ۹۱
۹-۲-۴ بررسی رفتار بار- خیز تیر و شکل پذیری ۹۳
۹-۲-۵ بررسی رفتار بار- کرنش بتن..... ۹۵
۹-۲-۶ بررسی رفتار بار- کرنش برشی خاموتها..... ۹۷
۹-۲-۷ بررسی شکل پذیری بر اساس انرژی جذب شده..... ۹۹
۹-۲-۸ جمع بندی و مقایسه نتایج..... ۱۰۰

نتیجه گیری.....۱۰۲
۹-۳ ارائه پیشنهادهائی برای تحقیقات آینده.....۱۰۳
فصل دهم: مراجع.....۱۰۵

فهرست اشکال:

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۱)- نمونه ای از استفاده اولیه پیش تنیدگی..... ۸

شکل (۳-۲)- نمایی از پل لوزانسی، اولین سازه پیش تنیده (فرانسه)..... ۹

شکل (۳-۳)- نمایی از پل وانانت لین در فیلادلفیا..... ۱۰

شکل (۳-۴)- فولاد های پیش تنیدگی معمول..... ۱۳

شکل (۳-۵)- تیر پیش تنیده دارای فولاد پیش تنیده با خروج از مرکزیت ثا بت..... ۱۴

شکل (۳-۶)- تیر پیش تنیده دارای فولاد با خروج از مرکزیت متغیر..... ۱۴

شکل (۳-۷)- نمودار تنش کرنش فولاد پیش تنیدگی ۱۶

شکل (۳-۸)- نمودار ایده آلی تنش کرنش فولاد پیش تنیدگی..... ۱۶

شکل (۳-۹)- نمودارتنش کرنش بتن..... ۱۸

شکل (۴-۱)- نمایی از ساختمان هتل پالاس در نیویورک..... ۲۴

شکل (۴-۲)- دیاگرام تنش- کرنش بدست آمده از معادلات بالا برای مقاومتهای مختلف بتن..... ۲۸

شکل (۶-۱)- نمونه مقطع طولی وعرضی تیرهای مدل شده..... ۴۲

شکل (۶-۲)—الف) محل تکیه گاههای تیر، ب) محل نصب کرنش سنج ها و نقاط اعمال بار..... ۴۳

شکل (۷-۱)- نمودار تنش-کرنش ۵۰

شکل (۷-۲)- نمودار بار- تغییرمکان ۵۳

شکل (۷-۳)- نمودارهای پایه بار-تغییرمکان ۵۳

شکل (۷-۴)- منحنی بازگشت بار ۵۴

شکل (۷-۵)- منحنی بازگشت تغییرمکان ۵۴

شکل (۷-۶)- سطح شکست محاسباتی ویلیام ۵۹

شکل (۷-۷)- مفاهیم گام بار، زیرگام و زمان ۶۴

شکل (۷-۸)- روش نیوتن- رافسون ۶۸

شکل (۷-۹)- روش تقریب طول کمان ۶۸

شکل (۸-۱)- نمای کلی المان SOLID 65 ..... ۷۳

شکل (۸-۲)- نمای کلی المان Link8 ..... ۷۳
شکل (۸-۳)- مدلسازی میلگرد در مدل بتن مسلح..... ۷۴
شکل (۸-۴)- منحنی تنش-کرنش فولادهای مسلح کننده ۸۰
شکل (۸-۵)- منحنی تنش-کرنش کابل های پیش تنیده..... ۸۰
شکل (۸-۶)- مدل سازی تیرها در محیط برنامه ANSYS..... ۸۱
شکل (۸-۷)- مش بندی حجم بتن در مدل تیر..... ۸۲
شکل (۸-۸)- آرایش میلگردها و کابلها در مدل تیر..... ۸۳
شکل (۸-۹)- نمایی از رسم میلگردها بین المانهای بتن ۸۳
شکل (۸-۱۰)- اعمال شرایط تکیه گاهی در مدل تیر(تکیه گاه ساده)..... ۸۴
شکل (۸-۱۱)- بارگذاری مدل تیردر وسط دهانه و ۱/۴ از وسط دهانه ۸۴
شکل (۹-۱)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و تئوریک رفتار بار- خیز تیرها در مقطع وسط تا مرحله سرویس..... ۸۸
شکل (۹-۲)- نمودار رفتار اعضاء شکل پذیر و ترد ۹۰
شکل (۹-۳)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی رفتار بار- خیز تیرها در مقطع وسط..... ۹۴
شکل (۹-۴)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی رفتار بار- خیز تیرها در مقطع ۱/۴ متر از وسط..... ۹۴
شکل (۹-۵)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش بتن سطح بالای تیرها در مقطع وسط..... ۹۶
شکل (۹-۶)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش بتن سطح پائین تیرها در مقطع وسط..... ۹۷
شکل (۹-۷)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش برشی جان تیر در مقطع وسط..... ۹۸
شکل (۹-۸)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش برشی بال تیر در مقطع وسط..... ۹۸
شکل (۹-۹)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش برشی جان تیر در مقطع ۱/۴ متر از وسط..... ۹۸
شکل (۹-۱۰)- نمودار نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی بار- کرنش برشی بال تیر در مقطع ۱/۴ متر از وسط..... ۹۹

فهرست جداول:

عنوان صفحه

جدول (۳-۱)- مشخصات فولاد معمولی ۱۹

جدول (۴-۱)- پارامترهای بلوک تنش مستطیلی برای بتن با مقاومت بالا بر حسب مگاپاسکال..... ۳۴

جدول (۴-۲)- معادلات ارائه شده برای مدول الاستیسیته بتن..... ۳۴

جدول (۶-۱)- خصوصیات آزمایشگاهی رشته های هفت تائی مورد استفاده..... ۴۱

جدول (۶-۲)- مشخصات تیرها..... ۴۲

جدول (۶-۳)- خصوصیات کرنش سنج های الکتریکی نصب شده..... ۴۳

جدول (۸-۱)- ابعاد احجام مورد استفاده در مدل تیر..... ۸۱

جدول (۸-۲)- مراحل بار گذاری تیرها جهت آنالیز غیرخطی..... ۸۵

جدول (۹-۱)- خیز منفی تیرها بر اساس نتایج حاصل از مدل سازی ANSYS، و نتایج آزمایشگاهی..... ۸۶

جدول (۹-۲)- بار ترک خوردگی تیرها بر اساس نتایج مدل سازی ANSYS و نتایج آزمایشگاهی..... ۸۷

جدول (۹-۳)- خیز مرحله سرویس تیرها بر اساس نتایج حاصل از مدل سازی ANSYS، و نتایج آزمایشگاهی..... ۸۷

جدول (۹-۴)- بارجاری شدن ونهایی تیرها بر اساس نتایج مدل سازی ANSYS و نتایج آزمایشگاهی..... ۸۹

جدول (۹-۵)- خیزنهائی تیرها بر اساس نتایج مدل سازی ANSYS و نتایج آزمایشگاهی..... ۹۰

جدول (۹-۶)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی جابجایی در بار جاری شدن و نهایی تیرها در مقطع وسط ۹۳

جدول (۹-۷)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی خیز در بار جاری شدن و نهایی در مقطع ۱/۴ متر از وسط ۹۴

جدول (۹-۸)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی کرنش در بار جاری شدن و نهایی تیرها در مقطع وسط..... ۹۶

جدول (۹-۹)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی کرنش در بار جاری شدن و نهایی تیرها در مقطع۱/۴متر از وسط ۹۶
جدول (۹-۱۰)- محاسبات انحناء با توجه به نتایج آزمایشگاهی و تئوریک در مقطع وسط ۹۶
جدول (۹-۱۱)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی انرژی جذب شده در مقطع وسط تیرها..... ۱۰۰
جدول (۹-۱۲)- نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی انرژی جذب شده در مقطع ۱/۴ متر از وسط تیرها. ۱۰۰

فصل اول:

مقدمه

۱-۱مقدمه:

امروزه اجزای سازه ای بتنی درساخت سازه ها و پل ها موارد استفاده فراوانی دارند. فن آوری پرمصرف ترین ماده ساختمانی جهان "بتن " همچنان رو به گسترش است، بنحوی که بتن های با مقاومت و عملکرد برتر، مورد توجه جدی قرار گرفته اند. کاربرد بتن با مقاومت بالا در سازه ها موجب کاهش سطح مقطع اعضاء و افزایش فضای مفید بیشتر در طرحهای معماری می شود، از طرفی بتن با مقاومت بالا دارای رفتاری ترد شکن در فشار می.باشد، بنابراین بررسی رفتار خمشی اعضاء ساخته شده از این نوع بتن، خصوصاً در نواحی زلزله خیز حائز اهمیت است. درک عمیق پاسخ اجزای بتنی درزمان بارگذاری برای ساخت سازه های ایمن نیاز قطعی می باشد.

بدین منظور راه های متفاوتی وجود دارد، یکی ازاین روش ها که به طوروسیعی توسط محققین مورد استفاده قرار می گیرد، روش تجربی بر پایه آزمایش می باشد. تست های پایه آزمایشگاهی به عنوان وسیله ای برای آنالیز اجزاء مستقل و تأثیرات مقاومت بتن تحت بارگذاری به کار برده می شود با اینکه این روش پاسخ واقعی بتن را تحت تنش و کرنش نشان می دهد، اما بسیار وقت گیر و تهیه مصالح پر هزینه می باشد. روش تئوری بر پایه تحلیل های نرم افزاری نیزمدتی است نظر محققین را به خود جلب کرده است. متاسفانه، تلاش های اولیه برای انجام این آنالیز ها با نرم افزارها و سخت افزارهای موجود خصوصاً برای سازه.های بتن مسلح بسیار وقت گیر و در مواردی غیر ممکن بوده است.

درسالهای اخیر با توجه به پیشرفت دانش و دسترسی به نرم افزار و سخت افزارهای کامپیوتری و همچنین توانایی کامپیوتر در انجام تحلیل های وقت گیر استفاده ازآنالیز اجزا محدود افزایش یافته است. استفاده از نرم افزارکامپیوتری جهت مدل کردن و آنالیز این المانها بسیار سریعتر و به مراتب اقتصادی می باشد. داده هایی که از چنین آنالیزی حاصل می شود زمانی معتبر است که شرایط حاکم بر نمونه و مصالح مصرفی همان باشد که در مدل واقعی وجود داشته است. با درک کامل از نرم افزارهای المان محدود می توان آنالیز بهتر و کامل تری از پاسخ اجزای مستقل بتنی تحت بار که هرکدام می توانند جزیی از یک سازه بتنی کامل باشند، داشت.

بتن خودمتراکم بدون نیاز به هیچگونه ویبره داخلی ویا خارجی، قابلیت جای دادن و متراکم شدن را دارد و چسبندگی آن به اندازه ای است که در حین انتقال، جداشدگی دانه ها و آب انداختگی در آن رخ نمی دهد وتحت وزن خود متراکم می شوند. چنین بتن هایی به لحاظ عمر و دوام به سبب تراکم پذیری، از عمر و دوام بیشتری نسبت به بتن های با مقاومت معمولی که نیاز به ویبره دارند برخوردارند. اگرچه هزینه مخلوط بتن به دلیل گران بودن فوق روان کننده ها افزایش

می یابد اما از طرفی صرفه جویی در زمان و هزینه های اجرایی بتن، این افزایش هزینه را جبران می کند. این تحقیق مطالعه ای بر رفتار آزمایشگاهی تیرهای بتنی پیش تنیده T شکل دارای بتن خود متراکم Self Consolidating Concrete,SCC با استفاده از آنالیزالمان محدود، تحت بار افزایشی تا مرحله تخریب است. مانع اصلی آنالیز اجزاء محدود سازه های بتن مسلح مبهم بودن خصوصیات و ویژگیهای مواد می باشد. کوشش های زیادی در تحقیقات ابتدایی انجام شده تا مدل واقع گرایانه ایی رفتار سازه های بتن مسلح را پیش بینی کند، عوارض اصلی این پیچیدگی طبیعت ترکیبی مواد می باشد. مدل مناسبی که نماینده این سازه ها می باشد بایستی این کار را انجام دهد. در این تحقیق سعی شده با معرفی خصوصیات واقعی بتن و فولاد که در قالب نمودارهای تنش- کرنش نتایج آزمایشهای فشاری و کششی نمونه ها می باشد، مدلی را ارائه کرد که تا حد امکان به جواب های واقعی نزدیک شد.

درتکنولوژی بتن پیش تنیده به دلیل استفاده کامل از فاز فشاری بتن که از پیش کشش ایجاد شده در کابل هایی با مقاومتی حدود چهار برابر مقاومت فولادهای معمولی AIII با مقاومت ($4200\ kg/cm^2$) است، به عبارت دیگر نیروی نهائی آنها بیش از ۱۵۰۰۰ kg برای رشته با قطر D=۱/۱ cm می باشد، باعث پائین آمدن سطح مقطع و به تبع آن کاهش وزن، زمان ساخت، افزایش عمر و نهایتا" کاهش هزینه های اجرائی می گردد. بتن خود متراکم یا نسل جدید بتن به دلیل عدم نیاز آن به ویبره و بالا بودن توانائی آن در عبور از فضاهای فشرده آرماتورها، مورد استفاده قرار می گیرد. تیرهای مدل شده (حاصل نتایج آزمایش شده) ازتیرهای اصلی (شاه تیرهای) عرشه پل T شکل با ارتفاع ۷۱ سانتی متر و طول ۹ متر با بتن خودمتراکم مقاومت زیاد (مقاومت فشاری مکعبی بیش از $600\ kg/cm^2$) با میلگرد گذاری معمولی و هشت عدد رشته (Strand) فولاد پیش تنیده که قادر به اعمال نیروی جک زدنی برابر با ۱۱ تن است، انتخاب شده اند. قبل و بعد از بتن ریزی اعضاء، از ابزارهای اندازه گیری دقیق بر روی فولاد های پیش تنیده و معمولی در نقاط مختلف و بر سطح بتن به منظور قرائت کرنش، قبل و حین بارگذاری نمونه ها و همچنین نصب چندین خیز سنج (LVDT) در نقاط مختلف دهانه جهت اندازه گیری خیز، استفاده گردیده است.

با توجه به نتایج بدست آمده ازنمونه آزمایشگاهی عضو بتن پیش تنیده دارای بتن خودمتراکم مدل ANSYS ساخته شده از زمان اعمال نیروی پیش تنیدگی تا شکست خمشی آنالیز شده است. خیز، تنش و ترک خوردگی عضو بتنی در زمانهای مهم شامل: رهاسازی نیروی پیش تنیدگی (اعمال نیرو به کابل ها)، مرحله بارگذاری شامل اعمال وزن تیر، مرحله ای که خیز اولیه تیر صفر

می شود، زمانی که در آزمایشگاه در اثر بار، ترک های اولیه در تیر ظاهر می شود، مرحله تسلیم شدن میلگردها و سرانجام مرحله شکست تیر برداشت شده است. مقایسه نتایج آزمایشگاهی و مدل پیشنهادی ANSYS حاکی از عملکرد مطلوب مدل پیشنهادی با نتایج آزمایشگاهی است.

۱-۲ اهمیت موضوع تحقیق:

دانستن اهمیت هر موضوع امری ضروری است، موارد زیر را می توان از مهم ترین دلایل اهمیت تحقیق حاضر دانست:

۱. بررسی آزمایشگاهی تیرهای پیش تنیده، خصوصاً در زمینه تامین امکانات لازم جهت پیش تنیدگی، با توجه به نمونه های واقعی زمان بر و پر هزینه می باشد اما بررسی رفتار تیرهای پیش تنیده پل ها از اهمیت بالایی بر خوردار است، به منظور تکمیل تحقیقات در زمینه پل، نیاز به استفاده از نرم افزارهای اجزاء محدود ضروری به نظر می رسد.
۲. امکان بررسی رفتار یک سازه بتنی طبق شرایط بارگذاری زنده در آزمایشگاه کار ساده ای نمی باشد، از این رو در صورت بررسی المان محدود رفتار سازه تحت بارگذاری مورد نظر میتوان طراحی ایمنی انجام داد.

۱-۳ هدف از این تحقیق:

با توجه به مطالب بیان شده و استفاده روز افزون سازه های بتنی پیش تنیده، در این تحقیق سعی بر آن است که نتایج کار تجربی با نتایج آنالیز عددی قیاس شود تا بتوان به صحت نتایج تئوری جهت اطمینان در طراحی سازه های بزرگتر رسید. در حالت کلی می توان به اهداف زیر اشاره کرد:

۱. بررسی رفتار نمونه ای از تیرهای پیش تنیده یک پل در مقیاس واقعی که طبق آئین نامه پل ایران بارگذاری شده است.
۲. بررسی رفتار خمشی تیرها
۳. مقایسه نتایج حاصل از آزمایش با نتایج حل عددی نرم افزار.

۱-۴ روش انجام تحقیق:

جهت آنالیز المان محدود سازه ها نرم افزارهای متعددی مورد استفاده قرار می گیرند در این پایان نامه تیرها به کمک نرم افزار ANSYS مدل سازی و آنالیز شده اند در پایان نتایج حاصل با نتایج آزمایشگاهی قیاس شده است.

۱-۵ نظری اجمالی بر فصل های پایان نامه:

از انجا که بتن مورد استفاده در ساخت این تیرهای پیش تنیده تلفیقی از دو نوع بتنِ مقاومت بالا و خود متراکم در سازه های پیش تنیده است لذا فصل سوم مروری بر سازه های پیش تنیده دارد، در فصل چهارم و پنجم مطالب مختصری در مورد بتن مقاوت بالا و بتن خود متراکم آورده شده است. فصل ششم اشاره ای به جزئیات کارهای انجام شده در آزمایشگاه دارد، در فصل هفتم مطالب کلی در مورد مبحث المان محدود و در ادامه این فصل روند کالیبره کردن مدل در نرم افزار فصل هشتم را به خود اختصاص داده است. در نهایت فصل نهم به بیان نتایج و نتیجه گیری می پردازد، در پایان با توجه به کار انجام شده پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی آورده شده است.