

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

باسمه تعالی



تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب محمد شفیعی زاده متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

۱۳۹۰/۷/۹

محمد شفیعی زاده



دانشکده مهندسی عمران

اثر میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین در

مقاومت فشاری و خمشی بتن

نگارش

محمد شفیعی زاده

استاد راهنما: دکتر عباس حق الهی

استاد مشاور: دکتر امیر طریقت

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی سازه

شهریورماه ۱۳۹۰

تأییدیه هیات داوران

شماره: ۱۴۰۵۴۴۶
تاریخ: ۹۰/۷/۱۰
پیوست:



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی



صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد شفیعی زاده رشته عمران - سازه تحت عنوان: اثر میکروسلیس پلیمر استایرن بونادین در مقاومت خمشی و فشاری بتن، که در تاریخ ۹۰/۶/۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

قبول (بادرجه عالی امتیاز (۱۸.۵))
 دفاع مجدد مردود.

۱ - عالی (۱۸ - ۲۰)

۲ - بسیار خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۳ - خوب (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۴ - قابل قبول (۱۲ - ۱۳/۹۹)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر عباس حق اللهی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر امیر طریقت	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر سیدمحمدرضا مرتضوی	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر سیدبهرام بهشتی اول	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سعید غفارپورچهرمی	استادیار	

دکتر ابوالفضل سلطانی

رئیس دانشکده مهندسی عمران

تهران، لویزان، کدپستی: ۱۵۸۱۱ - ۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵
تلفن: ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۲۲
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به

خانواده عزیزم

قدردانی و تشکر

سپاس و حمد بی رحیمی که بدو و ختم امور به نام و یاد اوست. بر خویشتن فرض و حقی می دانم از زحمات اساتید ارجمند و فرزانه ام بویژه استاد محترم راهنما ، جناب آقای دکتر عباس حق الهی و استاد مشاور، جناب آقای دکتر امیر طریقت که در تمام مراحل تنظیم و تدوین این تحقیق با ارایه نظریات خود راهنمای اینجانب بوده اند، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از دانشکده عمران و کلیه دوستانی که بنده را در این تحقیق یاری و مساعدت نموده اند، کمال قدردانی و سپاس را دارم.

چکیده

مقاومت خمشی یا مدول راپچر بتن، بر اساس گسیختگی تیرهای بتنی بدون آرماتور در اثر خمش، تعیین می شود. جهت طراحی دالهای کف و باند فرودگاه که کشش ناشی از خمش بحرانی می باشد، تعیین مدول گسیختگی مفید و مناسب می باشد.

در این تحقیق، تاثیرات متقابل میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین بر کارایی، مقاومت فشاری و خمشی بتن بررسی شده است. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات مقاومت فشاری و خمشی ۳۲ مخلوط بتنی حاوی دو نسبت آب به مواد سیمانی (۰/۳۵ و ۰/۴۵) و چهار درصد جایگزینی میکروسیلیس (۰٪، ۵٪، ۷/۵٪ و ۱۰٪) به همراه چهار درصد (۰٪، ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪) پلیمر انجام پذیرفته است. در این تحقیق، سه روش عمل آوری ترکیبی (عمل آوری مرطوب: ۱۴،۷ و ۲۸ روز در آب به همراه ۵۳، ۴۶ و ۳۲ روز عمل آوری خشک در دمای آزمایشگاه) در نظر گرفته شده است.

نتایج آزمایشات با نتایج تحقیقات محققین دیگر مقایسه شده است. دو مدل ریاضی برای تعیین مقاومت فشاری و خمشی بر اساس نسبتهای آب، میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین به مواد سیمانی و زمان نگه داری نمونه در آب پیشنهاد شده است. سازگاری خوبی بین مدل پیشنهادی و نتایج به دست آمده از آزمایشات مشاهده می شود. این مدل‌های ساده جهت تعیین نسبت اختلاط بتنهای حاوی پلیمر استایرن بوتادین و میکروسیلیس مفید و مناسب می باشند. همچنین یک رابطه تجربی جهت ارتباط مقاومت خمشی با مقاومت فشاری، پیشنهاد شده است.

نتایج آزمایشات نشان می دهند که تاثیر پلیمر استایرن بوتادین در افزایش روانی بتن بیشتر از تاثیر میکروسیلیس در کاهش روانی بتن می باشد. به ازای مقادیر مشخص پلیمر و میکروسیلیس، مقاومت فشاری و خمشی افزایش می یابد. اما هنگامی که نسبت پلیمر یا میکروسیلیس به مواد سیمانی، افزایش می یابد، مقاومت فشاری و خمشی بتن کاهش می یابد.

کلمه های کلیدی: بتن، میکروسیلیس، پلیمر استایرن بوتادین، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی،

مدل ریاضی

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه.....	۱
۱-۱- لزوم و انگیزه تحقیق.....	۲
۱-۲- اهداف تحقیق.....	۳
۱-۳- سوالات یا فرضیه های تخصصی.....	۳
۱-۴- تقسیم بندی و تعریف فصول پایان نامه.....	۳
فصل دوم - مروری بر ادبیات موضوع.....	۵
۱-۲- مقدمه.....	۶
۲- ۲- مقاومت کششی.....	۶
۲- ۳- علت پایین بودن مقاومت کششی بتن در مقایسه با مقاومت فشاری آن.....	۷
۲- ۴- روشهای موجود جهت تعیین مقاومت کششی بتن.....	۷
۲-۴-۱- کشش مستقیم.....	۷
۲- ۴- ۱-۱- معایب آزمایش کشش مستقیم واصلاحات انجام شده بر روی این آزمایش.....	۸
۲-۴-۲- کشش غیر مستقیم.....	۸
۲-۴-۲-۳-آزمایش دو نیمه شدن (برزلی یا ترکاندن).....	۸
۲-۴-۲-۴-آزمایش خمش.....	۱۱
۲-۴-۲-۱- بارگذاری در وسط دهانه.....	۱۲
۲-۴-۲-۲- بارگذاری در فاصله یک سوم دهانه.....	۱۳
۲-۵- اهمیت مقاومت خمشی.....	۱۵
۲-۶- دلایل استفاده از آزمایش خمش به جای آزمایش کشش مستقیم.....	۱۶
۲-۷- دلایل بیشتر بودن نتایج به دست آمده از آزمایش خمش نسبت به آزمایش کشش مستقیم.....	۱۶
۲-۸- روابط موجود بین مقاومت خمشی ومقاومت کششی.....	۱۷
فصل سوم - پیشینه تحقیقات انجام شده راجع به عوامل موثر در مدول گسیختگی.....	۲۰
۳-۱- مقدمه.....	۲۱
۳-۲- عواملی که به روش آزمایش مدول گسیختگی مرتبط می شوند.....	۲۱
۳-۲-۱- تاثیر روش اندازه گیری مقاومت خمشی (یک محوره یا دو محوره بودن آن).....	۲۱
۳-۲- ۲- تاثیر روند بارگذاری بر مقاومت.....	۲۲
۳-۲- ۳- تاثیر شرایط رطوبتی نمونه در جریان آزمایش.....	۲۳
۳-۲- ۴- تاثیر ابعاد بر مقدار و نتایج مقاومت خمشی.....	۲۴
۳-۲- ۵- تاثیر درجه حرارت در زمان آزمایش بر مقدار مقاومت خمشی بتن.....	۲۴
۳-۳- عواملی که به جنس و کیفیت بتن مرتبط می شوند.....	۲۵
۳-۳- ۱- تاثیر سنگدانه بر مقاومت خمشی بتن.....	۲۵
۳-۳- ۳- تاثیر افزودنی های تقلیل دهنده آب بر مقاومت خمشی بتن.....	۲۶

فهرست مطالب

۲۶	۳-۳-۴- تاثیر کیفیت بتن.....
۲۷	۳-۳-۴- بررسی عوامل تاثیر گذار بر نسبت مقاومت کششی به فشاری.....
۲۸	۳-۴-۱- تاثیر سن نمونه.....
۲۹	۳-۴-۱-۲- تاثیر شرایط عمل آوری.....
۲۹	۳-۴-۱-۳- تاثیر حباب هوا و تراکم ناقص.....
۲۹	۳-۴-۱-۴- تاثیر سنگدانه های آهکی یا مواد افزودنی معدنی (پوزولانها).....
۲۹	۳-۴-۱-۵- تاثیر حداکثر قطر سنگدانه.....
۳۰	۳-۴-۱-۵- تاثیر ریز دانه و مقاومت قالب.....
۳۰	۳-۴-۱-۶- تاثیر مقاومت سنگدانه ها.....
۳۱	۳-۵- روابط و فرمولهای تجربی و آیین نامه ای بین مقاومت فشاری و مدول گسیختگی.....
۳۷	۳-۶- پژوهش های انجام شده راجع به مقاومت خمشی.....
فصل چهارم - پیشینه تحقیقات انجام شده راجع به میکروسیلیس و تاثیرات آن در خواص	
۴۲	ظاهری و مکانیکی بتن.....
۴۳	۴-۱- مقدمه.....
۴۳	۴-۲- معرفی میکروسیلیس.....
۴۴	۴-۳- خواص فیزیکی میکروسیلیس.....
۴۵	۴-۴- دلایل استفاده از میکروسیلیس.....
۴۶	۴-۵- نکات لازم جهت استفاده از میکروسیلیس در بتن.....
۴۶	۴-۶- اثر واکنش پوزولانی میکروسیلیس.....
۴۶	۴-۷- تاثیر میکروسیلیس در خواص بتن تازه.....
۴۶	۴-۸- جدا شدگی اجزای بتن.....
۴۷	۴-۹- تاثیر میکروسیلیس در تخلخل بتن.....
۴۷	۴-۱۰- عوامل موثر بر تاثیر میکروسیلیس در مقاومت بتن.....
۴۸	۴-۱۰-۱- تاثیر نسبت آب به سیمان در مقاومت بتنهای حاوی میکروسیلیس.....
۴۸	۴-۱۰-۲- تاثیر دما در مقاومت بتنهای حاوی میکروسیلیس.....
۴۸	۴-۱۰-۳- تاثیر مدت و نحوه عمل آوری در مقاومت بتنهای حاوی میکروسیلیس.....
۴۹	۴-۱۱- ارتباط بین مقاومت کششی و فشاری در بتن های حاوی میکروسیلیس.....
۵۰	۴-۱۲- تاثیر میکروسیلیس در مقاومت فشاری بتن.....
۵۰	۴-۱۳- ارتباط بین مقاومت فشاری مخلوطهای حاوی سیمان - میکروسیلیس با درجه هیدراتاسیون.....
۵۱	۴-۱۴- تاثیر میکروسیلیس بر خواص مکانیکی بتن توانمند.....
۵۲	۴-۱۵- تاثیر میکروسیلیس بر خواص بتن های سبکدانه با مقاومت بالا.....

فهرست مطالب

۵۵.....	۴-۱۶- تاثیر میکروسیلیس و فوق روان کننده بر خواص بتن.....
۵۷.....	فصل پنجم- پیشینه تحقیقات انجام شده راجع به پلیمر استایرن بوتادین و تاثیرات آن در خواص ظاهری و مکانیکی بتن.....
۵۸.....	۵-۱- مقدمه.....
۵۹.....	۵-۲- بتن اصلاح شده با لاتکس.....
۵۹.....	۵-۳- تاریخچه استفاده از لاتکس ها.....
۶۰.....	۵-۴- اساس اصلاح پلیمری.....
۶۰.....	۴-۵- معرفی پلیمر استایرن بوتادین (SBR).....
۶۰.....	۵-۶- تاثیر پلیمر SBR بر خواص بتن تازه.....
۶۰.....	۵-۶-۱- هوازایی پلیمر استایرن بوتادین.....
۶۱.....	۵-۶-۲- کار آبی بتن تازه.....
۶۱.....	۵-۶-۳- مراحل تشکیل فیلم پلیمر استایرن بوتادین.....
۶۳.....	۵-۷- عوامل موثر در میزان تاثیر SBR بر خواص بتن و ملات.....
۶۳.....	۵-۷-۱- تاثیر پلیمر SBR در خواص ظاهری و مکانیکی ملاتهای با نسبت آب به سیمان ۰/۴.....
۶۵.....	۵-۷-۲- تاثیر پلیمر SBR در ملاتهای با نسبت آب به سیمان ۰/۵۵ و مقایسه آن با نمونه های ساخته شده در تراکم (روانی) ثابت.....
۶۶.....	۵-۷-۳- تاثیر پلیمر استایرن بوتادین بر خواص مکانیکی بتن توانمند.....
۶۷.....	۵-۷-۴- تاثیر نحوه عمل آوری و نسبت پلیمر به سیمان بر خواص مکانیکی بتنهای حاوی پلی- استایرن اصلاح شده با پلیمر استایرن.....
۶۷.....	۵-۷-۴-۱- تاثیر نحوه عمل آوری.....
۷۰.....	۵-۷-۴-۲- تاثیر نسبت پلیمر به سیمان در افزایش مقاومت بتن.....
۷۰.....	۵-۷-۵- مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی ملاتهای اصلاح شده با پلیمر SBR.....
۷۱.....	۵-۷-۶- تاثیر ترتیب افزودن پلیمر SBR در مقاومت خمشی و فشاری ملات.....
۷۲.....	۵-۷-۷- بررسی تشکیل فیلم پلیمری پلیمر استایرن بوتادین با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی برای نمونه های ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۴.....
۷۳.....	۵-۸- تاثیر پلیمر بر خواص مکانیکی بتن های ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۲۴.....
۷۴.....	فصل ششم - پیشینه تحقیقات انجام شده بر روی تاثیرات توام میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین در خواص ظاهری و مکانیکی بتن.....
۷۵.....	۶-۱- مقدمه.....
۷۵.....	۶-۲- تاثیرات مواد مضاف معدنی (میکروسیلیس و خاکستر بادی) و پلیمر استایرن بوتادین بر خواص بتن توانمند.....
۷۶.....	۶-۳- خواص مکانیکی بتن سبکدانه اصلاح شده با پلیمر.....

فهرست مطالب

۴-۶ - تاثیر متقابل میکروسیلیس ولاتکس sbr در ناحیه انتقال بتن.....	۷۷
فصل هفتم - برنامه ریزی آزمایشات، مواد، مصالح مصرفی، تعیین نسبت اختلاط مصالح.....	۷۹
۷-۱- مقدمه.....	۸۰
۷-۲- مصالح.....	۸۰
۷-۲-۱- سیمان.....	۸۱
۷-۲-۲- میکروسیلیس.....	۸۲
۷-۲-۳- سنگدانه ها.....	۸۲
۷-۲-۴- دانه بندی.....	۸۳
۷-۲-۴-۱- دانه بندی شن.....	۸۳
۷-۲-۴-۲- دانه بندی ماسه.....	۸۶
۷-۲-۴-۳- تعیین رطوبت سطحی و چگالی خشک سنگدانه ها.....	۸۷
۷-۳- فوق روان کننده.....	۸۷
۷-۴- پلیمر استایرن بوتادین (SBR).....	۸۸
۷-۵-۱- معیار انتخاب مقادیر مصالح مصرفی جهت ساخت نمونه های بتنی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۸۹
۷-۵-۲- آزمایش اسلامپ و استفاده از آن جهت تعیین مقادیر مصالح مصرفی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۹۰
۷-۵-۳- تعیین مقادیر مصالح مصرفی با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵.....	۹۱
۷-۶- نحوه اختلاط مصالح در این تحقیق.....	۹۲
۷-۷- ساخت نمونه ها.....	۹۳
۷-۸- شرایط نگهداری و عمل آوری نمونه ها.....	۹۴
فصل هشتم- بررسی، تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از آزمایشات مقاومت فشاری و خمشی.....	۹۶
۸-۱- مقدمه.....	۹۷
۸-۲- آزمایش مقاومت فشاری و نتایج آن.....	۹۸
۸-۳- آزمایش مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) و نتایج آن.....	۱۰۱
۸-۴- نسبت مقاومت خمشی به فشاری نمونه ها.....	۱۰۵
۸-۵- تاثیر میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین (SBR) بر مقاومت فشاری و خمشی نمونه های با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵.....	۱۰۷
۸-۵-۱- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های فاقد میکروسیلیس.....	۱۰۷

فهرست مطالب

۱۰۸.....	۲-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های فاقد میکروسیلیس
۱۰۹.....	۳-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری بتن نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس
۱۱۰.....	۴-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس
۱۱۱.....	۵-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس
۱۱۲.....	۶-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس
۱۱۳.....	۷-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس
۱۱۴.....	۸-۵-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس
۱۱۵.....	۶-۸- تاثیر میکروسیلیس و SBR بر مقاومت فشاری و خمشی نمونه های با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵
۱۱۵.....	۱-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری بتن نمونه های فاقد میکروسیلیس
۱۱۶.....	۲-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی بتن نمونه های فاقد میکروسیلیس
۱۱۷.....	۳-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس
۱۱۸.....	۴-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس
۱۱۹.....	۵-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس
۱۲۰.....	۶-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس
۱۲۱.....	۷-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری بتن نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس
۱۲۲.....	۸-۶-۸- تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس
۱۲۳.....	۷-۸- مقایسه نتایج آزمایشات محققین با نتایج این تحقیق
۱۲۹.....	۸-۸- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات
۱۳۰.....	۹-۸- نمودارهای اثرات اصلی مقاومت فشاری و مقاومت خمشی
۱۳۱.....	۱۰-۸- نمودار تاثیرات متقابل پلیمر، میکروسیلیس، نسبت آب به مصالح سیمانی و زمان نگه داری نمونه در آب بر روی مقاومت فشاری و خمشی نمونه ها
۱۳۳.....	۱۱-۸- منحنی های تراز
۱۳۴.....	۱۲-۸- اختلاف مقاومت فشاری و خمشی بین سطوح آب به سیمان ۰/۴۵ و ۰/۳۵
۱۳۵.....	۱۳-۸- رگرسیون و بررسی ارتباط مقاومت خمشی و فشاری با متغیرهای در نظر گرفته شده
۱۳۶.....	۱- ۱۳-۸- تاثیر نسبت آب به سیمان در مقاومت فشاری و خمشی بتن
۱۳۷.....	۲- ۱۳-۸- تاثیر زمان در مقاومت فشاری یا خمشی
۱۳۸.....	۳- ۱۳-۸- رابطه بین مقاومت و نسبت جایگزینی میکروسیلیس
۱۴۰.....	۴- ۱۳-۸- رابطه بین مقاومت و پلیمر استایرن بوتادین
۱۴۱.....	۱۴-۸- فرم تابع در نظر گرفته شده برای مقاومت فشاری

فهرست مطالب

۱۴۲	جدول تحلیل واریانس مقاومت فشاری.....
۱۴۲	جدول تحلیل رگرسیون و رابطه پیشنهادی برای مقاومت فشاری.....
۱۴۴	جدول تحلیل رگرسیون و رابطه پیشنهادی برای مقاومت خمشی.....
۱۴۵	بررسی مناسب بودن مدل.....
۱۴۵	بررسی فرضهای لازم برای رگرسیون.....
۱۴۵	۱- بررسی نرمال بودن باقیمانده ها.....
۱۴۶	۲- بررسی دقت روابط پیشنهادی و مستقل بودن باقیمانده ها.....
۱۴۹	۳- بررسی نرمال بودن تابع احتمال.....
۱۵۰	۲۱- مقایسه مدل پیشنهادی با نتایج دیگر محققین.....
۱۵۴	۲۰- بررسی ارتباط مقاومت خمشی با فشاری و مقایسه آن با روابط موجود.....
۱۵۶	فصل نهم - نتیجه گیری و آرایه پیشنهادات.....
۱۵۷	۱- نتیجه گیری.....
۱۵۸	۲- پیشنهادات.....
۱۵۹	منابع و مأخذ.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۲) - روابط تقریبی بین مقاومت خمشی و کششی مستقیم.....	۱۸
جدول (۲-۲) - مقایسه بین مقاومت خمشی و مقاومت دو نیمه شدن.....	۱۹
جدول (۱-۳) - ارتباط بین مقاومت های فشاری ، خمشی و کششی بتن.....	۲۸
جدول (۲-۳) - ارتباط مقاومت فشاری ، کششی با جنس و حداکثر قطر سنگدانه.....	۲۹
جدول (۴-۳) - آرایه چند رابطه آیین نامه ای.....	۳۱
جدول (۵-۳) - روابط بین مقاومت خمشی و فشاری آرایه شده توسط چند محقق (F_C ، مقاومت فشاری نمونه استوانه ای، F_{CU} مقاومت فشاری نمونه های مکعبی و F_{CM} ، مقاومت فشاری نمونه های مکعبی اصلاح شده می باشند).....	۳۳
جدول (۱-۴) - سیلیس موجود در دوده سیلیسی بر حسب نوع آلیاژ تولید شده.....	۴۴
جدول (۱-۵) - آب مورد نیاز به ازای اسلامپ ثابت ۱۶۰ تا ۱۹۰ میلیمتر.....	۶۶
جدول (۲-۵) - مقاومت فشاری و خمشی بتنهای توانمند حاوی صفر تا پانزده درصد پلیمر SBR.....	۶۷
جدول (۳-۵) - جدول نسبت پلیمر به سیمان، درصد هوا، میزان روانی.....	۷۱
جدول (۴-۵) - نسبت مقاومت ملاتهای سیمانی اصلاح شده با SBR به ازای درصدهای مختلف پلیمر.....	۷۲
جدول (۱-۶) - خواص مکانیکی بتن توانمند حاوی میکروسیلیس و خاکستر بادی.....	۷۶
جدول (۲-۶) - درصد کاهش ضخامت ناحیه انتقال برای نمونه های ۱۰۰ روزه.....	۷۸
جدول (۱-۷) - نتایج آزمایش XRF و خصوصیات شیمیایی سیمان پرتلند تیپ ۴۲۵ - ۱ تهران ..	۸۱
جدول (۲-۷) - خصوصیات سیمان مصرفی.....	۸۱
جدول (۳-۷) - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس.....	۸۲
جدول (۴-۷) - دانه بندی شن ۱ مصرفی و مقایسه آن با استاندارد BS.....	۸۴
جدول (۵-۷) - دانه بندی شن ۲ مصرفی یا شن بادامی و مقایسه آن با استاندارد BS.....	۸۵
جدول (۶-۷) - چگالی خشک و درصد جذب آب برای حالت اشباع با سطح خشک.....	۸۶
جدول (۷-۷) - مشخصات فیزیکی و شیمیایی پلیمر استایرن بوتادین.....	۸۷
جدول (۸-۷) - مقادیر اسلامپ به دست آمده در نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۹۰
جدول (۹-۷) - مقادیر اسلامپ و فوق روان کننده در مخلوطهای با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵	۹۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۸) - نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتنهای حاوی درصدهای مختلف میکروسیلیس و پلیمر با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۹۹
جدول (۲-۸) - نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های بتنی ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵.....	۱۰۰
جدول (۳-۸) - نتایج آزمایش مقاومت خمشی نمونه های بتنی ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۱۰۳
جدول (۴-۸) - نتایج آزمایش مقاومت خمشی نمونه های بتنی ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵.....	۱۰۴
جدول (۵-۸) - نتایج نسبت مقاومت خمشی به مقاومت فشاری نمونه های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵.....	۱۰۵
جدول (۶-۸) - نتایج نسبت مقاومت خمشی به مقاومت فشاری نمونه های ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵.....	۱۰۶
جدول (۷-۸) - نتایج آزمایشات سایر محققین راجع به تاثیرات پلیمر استایرن بوتادین در مقاومت فشاری و خمشی.....	۱۲۳
جدول (۸-۸) - نتایج آزمایشات سایر محققین راجع به تاثیرات میکروسیلیس در مقاومت فشاری و خمشی.....	۱۲۶
جدول (۹-۸) - نتایج آزمایشات سایر محققین راجع به تاثیرات میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین در مقاومت فشاری و خمشی بتن.....	۱۲۸
جدول (۱۰-۸) - خروجی نرم افزار مینی تب (اختلاف مقاومت فشاری و خمشی نمونه های ساخته شده با دو نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ و ۰/۴۵).....	۱۳۵
جدول (۱۱-۸) - مقادیر ضرایب رابطه (۲-۸).....	۱۳۹
جدول (۱۲-۸) - خروجی نرم افزار مینی تب برای تحلیل واریانس مقاومت فشاری.....	۱۴۲
جدول (۱۳-۸) - خروجی نرم افزار مینی تب برای تحلیل رگرسیون مقاومت فشاری.....	۱۴۳
جدول (۱۴-۸) - خروجی نرم افزار مینی تب برای تحلیل رگرسیون مقاومت خمشی.....	۱۴۴

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۱-۲) - توزیع تنش های افقی در سطح داخلی بین رکابهای یک سیلندر در آزمایش دو نیمه شدن، بار P بر روی یک نوار به عرض $\frac{D}{12}$ اعمال می شود.....	۱۰
نمودار (۲-۲) - آزمایش خمش دوماحوره و نمودار تنش - کرنش (واقعی و فرض شده)	۱۴
نمودار (۱-۳) - ارتباط بین مدول گسیختگی در آزمایش خمش تک محوره و دو محوره با سطح مقطع تیر.....	۲۲
نمودار (۲-۳) - ارتباط مدول گسیختگی با سرعت بارگذاری.....	۲۳
نمودار (۳-۳) - تغییرات نسبی مقاومت فشاری و خمشی با دما در زمان آزمایش.....	۲۴
نمودار (۴-۳) - ارتباط مدول گسیختگی با شکل سنگدانه و نسبت آب به سیمان.....	۲۵
نمودار (۵-۳) - ارتباط مقاومت خمشی با نسبت آب به سیمان برای بتنهای با سن ۲۸ روز.....	۲۷
نمودار (۶-۳) - تاثیر جنس سنگدانه بر مقاومت خمشی و فشاری بتن.....	۳۰
نمودار (۷-۳) - نمودار نسبت مقاومت خمشی به فشاری بر اساس نتایج عده ای از محققین.....	۳۶
نمودار (۸-۳) - ارایه چند رابطه تجربی برای بیان نسبت مقاومت خمشی به فشاری بر حسب نسبت آب به سیمان در سنین مختلف عمل آوری.....	۳۶
نمودار (۹-۳) - تاثیر میکروسیلیس و پلیمر آکرلیک استر بر مقاومت خمشی بتن.....	۳۸
نمودار (۱۰-۳) - تاثیر میکروسیلیس و پلیمر آکرلیک استر بر مقاومت فشاری بتن.....	۳۸
نمودار (۱۱-۳) - ارتباط بین مقاومت خمشی و سرعت موج آلتراسونیک.....	۳۸
نمودار (۱۲-۳) - ارتباط بین مقاومت خمشی و عدد برجهنگی.....	۳۸
نمودار (۱۳-۳) - نمودار مقاومت خمشی در برابر درصد درشت دانه.....	۳۹
نمودار (۱۴-۳) - نمودار مقاومت (کششی - خمشی) در برابر نسبت سنگدانه به سیمان.....	۳۹
نمودار (۱۵-۳) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد پلیمر.....	۴۰
نمودار (۱۶-۳) - مقاومت خمشی در برابر درصد پلیمر.....	۴۰
نمودار (۱۷-۳) - نمودار مقاومت خمشی در برابر دما.....	۴۱
نمودار (۱-۴) - نمودار مقاومت فشاری بتن های حاوی مقادیر مختلف میکروسیلیس در برابر نسبت آب به سیمان.....	۴۸
نمودار (۲-۴) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد میکروسیلیس و زمان.....	۴۹
نمودار (۳-۴) - رابطه بین مقاومت فشاری نمونه های حاوی میکروسیلیس در شرایط عمل آوری خشک و عمل آوری در آب در سن ۲۸ روز.....	۴۹
نمودار (۴-۴) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان.....	۵۱
نمودار (۵-۴) - نمودار مقاومت خمشی در برابر درصد میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان.....	۵۱
نمودار (۶-۴) - ارتباط بین مقاومت خمشی با درصد میکروسیلیس و نسبتهای مختلف آب به سیمان.....	۵۳

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۷-۴) - ارتباط بین مقاومت فشاری با درصد میکروسیلیس و نسبت‌های مختلف آب به سیمان.....	۵۳
نمودار (۸-۴) - ارتباط بین مقاومت خمشی و فشاری بتن‌های حاوی صفر و پنج درصد جایگزینی میکروسیلیس.....	۵۴
نمودار (۹-۴) - ارتباط بین مقاومت خمشی و فشاری بتن‌های حاوی ده، پانزده، بیست و بیست و پنج درصد جایگزینی میکروسیلیس.....	۵۴
نمودار (۱۰-۴) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد میکروسیلیس.....	۵۵
نمودار (۱۱-۴) - نمودار مقاومت خمشی در برابر درصد میکروسیلیس.....	۵۶
نمودار (۱-۵) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد پلیمر.....	۶۴
نمودار (۲-۵) - نمودار مقاومت فشاری در برابر درصد پلیمر.....	۶۴
نمودار (۳-۵) - نسبت مقاومت فشاری به خمشی به ازای ($p/c < 10\%$).....	۶۴
نمودار (۴-۵) - ارتباط مقاومت فشاری با چگالی ظاهری به ازای ($p/c < 10\%$).....	۶۴
نمودار (۵-۵) - مقاومت فشاری در برابر درصد لاتکس و نسبت آب به سیمان ۰/۵۵.....	۶۵
نمودار (۶-۵) - مقاومت خمشی در برابر درصد لاتکس و نسبت آب به سیمان ۰/۵۵.....	۶۵
نمودار (۷-۵) - مقاومت خمشی در برابر درصد لاتکس (قطر میز سیلان ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ میلیمتر).....	۶۶
نمودار (۸-۵) - مقاومت فشاری در برابر درصد لاتکس (قطر میز سیلان ۱۸۰، ۲۰۰ و ۲۲۰ میلیمتر).....	۶۶
نمودار (۹-۵) - تاثیر نسبت پلیمر به سیمان و نحوه عمل آوری بر مقاومت فشاری بتن سبکدانه اصلاح شده با پلیمر.....	۶۸
نمودار (۱۰-۵) - تاثیر نسبت پلیمر به سیمان و نحوه عمل آوری بر مقاومت خمشی بتن سبکدانه اصلاح شده با پلیمر.....	۶۹
نمودار (۱۱-۵) - تاثیر عمل آوری خشک بر مقاومت خمشی بتن EPS اصلاح شده با پلیمر.....	۶۹
نمودار (۱۲-۵) - تاثیر عمل آوری خشک بر مقاومت فشاری بتن EPS اصلاح شده با پلیمر.....	۷۰
نمودار (۱۳-۵) - مقاومت فشاری بادرسدهای مختلف پلیمر و جایگزینی ریزدانه.....	۷۱
نمودار (۱۴-۵) - مقاومت خمشی بادرسدهای مختلف پلیمر و جایگزینی ریزدانه.....	۷۱
نمودار (۱-۶) - ارتباط بین مقاومت فشاری (۷روزه) با عیار سیمان به ازای چند درصد پلیمر.....	۷۶
نمودار (۲-۶) - ارتباط بین مقاومت فشاری (۷روزه) با نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس.....	۷۶
نمودار (۳-۶) - مقاومت فشاری ۷روزه در برابر عیارسیمان به ازای چند درصد پلیمر.....	۷۷
نمودار (۴-۶) - مقاومت خمشی ۷روزه در برابر عیارسیمان به ازای چند درصد پلیمر.....	۷۷
نمودار (۵-۶) - ضخامت ناحیه انتقال بر حسب میکرومتر برای نمونه های ۱۰۰ روزه به ازای نسبت‌های مختلف میکروسیلیس و پلیمر استایرن بوتادین.....	۷۸

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۷-۱) - منحنی دانه بندی شن یک (شن فندقی).....	۸۴
نمودار (۷-۲) - منحنی دانه بندی شن بادامی.....	۸۵
نمودار (۷-۳) - منحنی دانه بندی ماسه.....	۸۶
نمودار (۸-۱) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری بتن فاقد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۰۷
نمودار (۸-۲) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های فاقد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۰۸
نمودار (۸-۳) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۰۹
نمودار (۸-۴) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۱۰
نمودار (۸-۵) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۱۱
نمودار (۸-۶) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۱۲
نمودار (۸-۷) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۱۳
نمودار (۸-۸) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۴۵).....	۱۱۴
نمودار (۸-۹) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های فاقد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۱۵
نمودار (۸-۱۰) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های فاقد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۱۶
نمودار (۸-۱۱) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۱۷
نمودار (۸-۱۲) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی پنج درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۱۸
نمودار (۸-۱۳) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۱۹
نمودار (۸-۱۴) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی هفت و نیم درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۲۰

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۸-۱۵) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت فشاری نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۲۱
نمودار (۸-۱۶) - تاثیر پلیمر SBR بر مقاومت خمشی نمونه های حاوی ده درصد میکروسیلیس (نسبت آب به سیمان و میکروسیلیس ۰/۳۵).....	۱۲۲
نمودار (۸-۱۷) - نمودار تاثیر هریک از فاکتورها در مقاومت فشاری.....	۱۳۰
نمودار (۸-۱۸) - نمودار تاثیر هریک از فاکتورها در مقاومت خمشی.....	۱۳۱
نمودار (۸-۱۹) - ماتریس تاثیر متقابل دو عامل موثر در مقاومت فشاری.....	۱۳۲
نمودار (۸-۲۰) - ماتریس تاثیر متقابل دو عامل موثر در مقاومت خمشی.....	۱۳۳
نمودار (۸-۲۱) - نمایش چند منحنی تراز به ازای دو فاکتور موثر در مقاومت فشاری و خمشی.....	۱۳۴
نمودار (۸-۲۲) - رابطه بین مقاومت فشاری و زمان.....	۱۳۷
نمودار (۸-۲۳) - رابطه بین مقاومت خمشی و زمان.....	۱۳۸
نمودار (۸-۲۴) - رابطه بین مقاومت فشاری و نسبت میکروسیلیس به مصالح سیمانی.....	۱۳۹
نمودار (۸-۲۵) - رابطه بین مقاومت خمشی و نسبت میکروسیلیس به مصالح سیمانی.....	۱۴۰
نمودار (۸-۲۶) - رابطه بین مقاومت فشاری و نسبت پلیمر به مصالح سیمانی.....	۱۴۰
نمودار (۸-۲۷) - رابطه بین مقاومت خمشی و نسبت پلیمر به مصالح سیمانی.....	۱۴۱
نمودار (۸-۲۸) - هیستوگرام باقیمانده ها (مقاومت فشاری).....	۱۴۶
نمودار (۸-۲۹) - هیستوگرام باقیمانده ها (مقاومت خمشی).....	۱۴۶
نمودار (۸-۳۰) - نمودار باقیمانده ها در برابر مقادیر برآزش شده (مقاومت فشاری).....	۱۴۷
نمودار (۸-۳۱) - نمودار باقیمانده ها در برابر مقادیر برآزش شده (مقاومت خمشی).....	۱۴۸
نمودار (۸-۳۲) - نمودار باقیمانده ها در برابر ترتیب مشاهدات (مقاومت فشاری).....	۱۴۸
نمودار (۸-۳۳) - نمودار باقیمانده ها در برابر ترتیب مشاهدات (مقاومت خمشی).....	۱۴۹
نمودار (۸-۳۴) - نمودار احتمال باقیمانده ها (مقاومت فشاری).....	۱۴۹
نمودار (۸-۳۵) - نمودار احتمال باقیمانده ها (مقاومت خمشی).....	۱۵۰
نمودار (۸-۳۶) - مقایسه بین نتایج مقاومت فشاری بیسوال (نمونه های حاوی میکروسیلیس) و مدل پیشنهادی.....	۱۵۰
نمودار (۸-۳۷) - مقایسه بین نتایج مقاومت خمشی بیسوال (نمونه های حاوی میکروسیلیس) و مدل پیشنهادی.....	۱۵۱
نمودار (۸-۳۸) - مقایسه بین نتایج مقاومت فشاری بارلوانجا (نمونه های حاوی میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی.....	۱۵۱

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۸-۳۹) - مقایسه بین نتایج آزمایشات مقاومت خمشی بارلوانجا (نمونه های حاوی میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی.....	۱۵۲
نمودار (۸-۴۰) - مقایسه نتایج آزمایشات مقاومت فشاری لیوجان (نمونه های حاوی ۳ درصد پلیمر و ۱۰،۵۰ درصد میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی در سن ۲۸ روز.....	۱۵۲
نمودار (۸-۴۱) - مقایسه نتایج آزمایشات مقاومت فشاری لیوجان (نمونه های حاوی ۷ درصد پلیمر و ۱۰،۵۰ درصد میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی در سن ۲۸ روز.....	۱۵۳
نمودار (۸-۴۲) - مقایسه نتایج آزمایشات مقاومت خمشی لیوجان (نمونه های حاوی ۳ درصد پلیمر و ۱۰،۵۰ درصد میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی در سن ۲۸ روز.....	۱۵۳
نمودار (۸-۴۳) - مقایسه نتایج آزمایشات مقاومت خمشی لیوجان (نمونه های حاوی ۳ درصد پلیمر و ۱۰،۵۰ درصد میکروسیلیس) با مدل پیشنهادی در سن ۲۸ روز.....	۱۵۴
نمودار (۸-۴۴) - ارتباط بین مدول گسیختگی و مقاومت فشاری نمونه ها.....	۱۵۵