

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده عمران

بررسی اثر ولاستونیت بر خواص مکانیکی و دوام بتن

نگارش

سمیرا یزدانی

استاد راهنما: دکتر امیر طریقت

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته سازه

زمستان ۱۳۹۲

باسمه تعالی



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سمیرا یزدانی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه/رساله 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 پایان‌نامه/رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه 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 است.

نام و نام خانوادگی دانشجو سمیرا یزدانی

امضاء

شماره: ۱۵۰۰۰۰۵۴۸
تاریخ: ۹۰۴۰۴۰۲۱
پیوست:



دانشگاه تربیت مدرس

به نام خدا

صور تجلسه 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 دانشجوی: خانم سمیرا یزدانی رشته: مهندسی عمران - سازه تحت عنوان: " کاربرد ولاستونیت در بتن و تاثیر آن روی خواص مکانیکی بتن " که در تاریخ دفاع: ۹۲/۱۰/۲۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

- قبول (باجه امتیاز ۱۹.۹۲) دفاع مجدد مردود.
- ۱ - عالی (۱۹ - ۲۰)
۲ - بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)
۳ - خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)
۴ - قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)
۵ - غیر قابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر امیر طریقت	استادیار	
استاد راهنما	-----	----	
استاد مشاور	-----	----	
استاد داور داخلی	دکتر محمدعلی ارجمند	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر حمید رضا شرفی	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدعلی ارجمند	استادیار	

دکتر محمد علی ارجمند
رئیس دانشکده مهندسی عمران

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۰۶۰۰۲۹۷۰۰۶ فکس: ۲۲۹۷۰۰۲۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی ها و دشواری های زندگی، همواره یاور می دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده اند.

شکر و قدردانی

شکر و سپاس ویژه از استاد ارجمند جناب آقای دکتر امیر طریقت که با نقطه نظرات مفید و ارزشمندشان در این پژوهش و در مدت تحصیل مرا یاری نمودند، همواره مدیون زحمات و خوبیهایشان خواهم بود.

باشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر ارجمند که زحمت داورى این پژوهش را متقبل نمودند و راهنمایی های ارزشمندی را ارائه فرمودند.

باشکر فراوان از استاد ارجمند جناب آقای دکتر اشرفی که زحمت ارزیابی پژوهش حاضر را به عنوان داور خارجی تقبل نمودند.

شکر و سپاس از مسئول کارگاه عمران آقای مهدوی که در انجام این پژوهش مرایاری نمودند.

پهنین از دوستان کرامی ام خانم ساناز مؤذن چی و آقایان اویس افضلی و مهدی محمدی بیشتر نام و محسن بشارت که در انجام این تحقیق مرا کمک نمودند شکر و قدردانی می نمایم.

و در پایان از پدر و مادر عزیزم که همواره مدیون زحماتشان هستم شکر می نمایم.

چکیده

صنعت سیمان به عنوان یکی از صنایع پر مصرف انرژی از زمان‌های دور با مشکلات حفاظت از محیط‌زیست مواجه است. تحقیقات اخیر در صنعت ساخت و ساز، جایگزینی جزئی یا کلی سیمان که باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شود را توسط مواد معدنی موجه می‌سازد.

ولاستونیت یک ماده طبیعی و ارزان قیمت با پایه سیلیکات کلسیم است که ذخایر آن در جهان از جمله ایران وجود دارد. خواص مکانیکی قابل توجه ولاستونیت آن را به ماده معدنی مفیدی به عنوان پوزولان تبدیل کرده است. گرچه بعضی از محققین از ولاستونیت به عنوان ماسه استفاده کردند ولی در این پژوهش از این ماده به عنوان جایگزین سیمان در نسبت‌های آب به مواد سیمانی ۰/۳۵، ۰/۴ و ۰/۴۵ به منظور بررسی اثر آن بر روی خواص مکانیکی و دوام بتن در سنین مختلف با استفاده از آزمایش‌های مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، مقاومت کششی، اولتراسونیک، مقاومت الکتریکی و جذب آب موئینه استفاده شده است.

نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط محققین دیگر همخوانی دارد. بررسی‌های آنالیز واریانس نشان دهنده معنی‌دار بودن این نتایج است. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که جایگزین کردن ۵ درصد ولاستونیت به جای سیمان باعث بهبود خواص مکانیکی و دوام بتن می‌شود. این بهبود در مدول گسیختگی بتن و دوام آن بارزتر است.

کلمات کلیدی: بتن پوزولانی، ولاستونیت، خواص مکانیکی، دوام بتن.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

.....	چکیده	أ
.....	فهرست مطالب	ب
.....	فهرست جداول	ز
.....	فهرست نمودارها	ح
.....	فهرست اشکال	ل

فصل اول- طرح مسأله

.....	۱-۱- مقدمه	۲
.....	۲-۱- اهداف و روش کار	۴
.....	۳-۱- شرح فصول	۴

فصل دوم- مروری بر ادبیات موضوع

.....	۱-۲- مفاهیم اولیه	۷
.....	۱-۱-۲- تبلور	۷
.....	۲-۱-۲- کانی چیست؟	۷
.....	۳-۱-۲- سیلیکات‌ها	۸
.....	۲-۲- ولاستونیت	۹
.....	۱-۲-۲- چگونگی تشکیل کانی ولاستونیت	۹
.....	۲-۲-۲- خواص فیزیکی و شیمیایی کانی ولاستونیت	۱۰
.....	۱-۲-۲-۲- تأثیر هندسه الیاف ولاستونیت	۱۳
.....	۳-۲-۲- کاربرد ولاستونیت در صنایع مختلف	۱۴
.....	۱-۳-۲-۲- جایگزینی برای پنبه نسوز	۱۴
.....	۲-۳-۲-۲- ترکیبات پلی پروپیلین و رشته‌های نانو ولاستونیت	۱۴
.....	۳-۳-۲-۲- استفاده از رشته‌های نازک ولاستونیت در سرامیک‌ها	۱۵
.....	۴-۳-۲-۲- کاربردهای دیگر ولاستونیت	۱۵
.....	۵-۳-۲- تأثیر ولاستونیت روی خواص مکانیکی بتن	۱۵

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل سوم-مصالح، نحوه ساخت نمونه‌ها و شرح آزمایش‌ها

۲۳	۱-۳-۱- مصالح مصرفی
۲۳	۱-۳-۱-۱- سیمان
۲۵	۱-۳-۲- ولاستونیت
۲۶	۱-۳-۳- سنگدانه‌ها
۲۷	۱-۳-۴- فوق روان کننده
۲۷	۱-۳-۵- آب مصرفی
۲۷	۳-۲- طرح‌های اختلاط بتن
۲۹	۳-۳- ساخت نمونه‌های بتنی
۲۹	۳-۴- روش انجام آزمایش‌ها
۲۹	۳-۴-۱- آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی
۳۰	۳-۴-۲- مقاومت کششی
۳۱	۳-۴-۳- مدول گسیختگی
۳۲	۳-۴-۴- مقاومت الکتریکی ویژه
۳۳	۳-۴-۵- آزمایش اولتراسونیک
۳۴	۳-۴-۶- آزمایش جذب موئینه
۳۵	۳-۵- آزمایش‌های انجام شده بر روی پودر ولاستونیت
۳۵	۳-۵-۱- انکسار اشعه‌ی ایکس
۳۶	۳-۵-۲- فلورسانس اشعه ایکس

فصل چهارم-نتایج آزمایش و تفسیر آن

۳۸	۴-۱- مقدمه
۳۸	الف) عیار سیمان: 400 kg/m^3
۳۸	۴-۲- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵
۳۸	۴-۲-۱- مقاومت فشاری ۷ روزه
۳۹	۴-۲-۲- مقاومت فشاری ۲۸ روزه
۴۰	۴-۲-۳- مقاومت فشاری ۹۰ روزه
۴۱	۴-۲-۴- مقاومت کششی ۲۸ روزه

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۴۱	۴-۲-۵- مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۴۳	۴-۲-۶- مقاومت الکتریکی ویژه	
۴۴	۴-۲-۷- جذب آب موئینه	
۴۶	۴-۳-۳- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴	
۴۶	۴-۳-۱- مقاومت فشاری	
۴۸	۴-۳-۲- مقاومت کششی ۲۸ روزه	
۴۸	۴-۳-۳- مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۴۹	۴-۳-۴- مقاومت الکتریکی ویژه	
۵۰	۴-۳-۵- آزمایش جذب آب موئینه	
۵۲	۴-۴-۴- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵	
۵۲	۴-۴-۱- مقاومت فشاری ۷ روزه	
۵۳	۴-۴-۲- مقاومت فشاری ۲۸ روزه	
۵۳	۴-۴-۳- مقاومت فشاری ۹۰ روزه	
۵۴	۴-۴-۴- مقاومت کششی ۲۸ روزه	
۵۵	۴-۴-۵- مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۵۶	۴-۴-۶- مقاومت الکتریکی ویژه	
۵۷	۴-۴-۷- آزمایش جذب آب موئینه	
۵۸	۴-۵- اولتراسونیک	
۶۰	۴-۶- بررسی اثر خواص مکانیکی و دوام در نسبت آب به مواد سیمانی مختلف	
۶۰	۴-۶-۱- مقاومت فشاری	
۶۲	۴-۶-۲- مدول گسیختگی و مقاومت کششی	
۶۴	۴-۶-۳- نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری	
۶۴	۴-۶-۴- مقایسه‌ی مقاومت فشاری کسب شده در سنین مختلف	
۶۶	۴-۶-۵- مقایسه‌ی نتایج آزمایش اولتراسونیک برای درصدهای مختلف جایگزینی در یک نسبت آب به مواد سیمانی مشخص	
۶۸	ب) عیار مواد سیمانی: 450 kg/m^3	

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۶۸	۷-۴- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵	
۶۸	۱-۷-۴ مقاومت فشاری	
۶۹	۲-۷-۴ مقاومت کششی ۲۸ روزه	
۷۰	۳-۷-۴ مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۷۰	۴-۷-۴ آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه	
۷۱	۵-۷-۴ آزمایش جذب آب موئینه	
۷۳	۸-۴- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴	
۷۳	۱-۸-۴ مقاومت فشاری	
۷۴	۲-۸-۴ مقاومت کششی ۲۸ روزه	
۷۴	۳-۸-۴ مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۷۶	۴-۸-۴ آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه	
۷۶	۵-۸-۴ آزمایش جذب آب موئینه	
۷۹	۹-۴- نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵	
۷۹	۱-۹-۴ مقاومت فشاری	
۸۰	۲-۹-۴ مقاومت کششی ۲۸ روزه	
۸۰	۳-۹-۴ مدول گسیختگی ۲۸ روزه	
۸۱	۴-۹-۴ آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه	
۸۲	۵-۹-۴ آزمایش جذب آب موئینه	
۸۴	۱۰-۴- اولتراسونیک	
	۱۱-۴- بررسی اثر خواص مکانیکی و دوام در نسبت های آب به مواد سیمانی متفاوت در عیار مواد سیمانی	
۸۵	۴۵۰ kg/m ^۳	
۸۵	۱-۱۱-۴ مقاومت فشاری	
۸۷	۲-۱۱-۴ مدول گسیختگی و مقاومت کششی	
۸۹	۳-۱۱-۴ نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری	
۸۹	۴-۱۱-۴ مقایسه ی مقاومت فشاری کسب شده در سنین مختلف	

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۹۱.....	مواد سیمانی مشخص
۹۳.....	۱۲-۴- بررسی های آماری
۹۳.....	۱-۱۲-۴- بررسی اثر ولاستونیت در بتن با عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 در مقابل مقادیر آب به مواد سیمانی
۹۸.....	۲-۱۲-۴- بررسی اثر زمان در نسبت های آب به مواد سیمانی مختلف در بتن با عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 در مقابل درصد جایگزینی سیمان توسط ولاستونیت

فصل پنجم- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۱۰۶.....	۱-۵- نتیجه گیری
۱۰۷.....	۲-۵- پیشنهادات
۱۰۹.....	فهرست مراجع

فهرست جداول

صفحه	جدول
۸	جدول ۱-۲- مقیاس سختی موهس
۱۲	جدول ۲-۲- نمونه ای از ترکیبات شیمیایی و لاستونیت
۱۳	جدول ۲-۳- نمونه ای از ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند معمولی، و لاستونیت و میکروسیلیس (%).
۱۳	جدول ۲-۴- مقایسه خواص فیزیکی سیمان پرتلند معمولی OPC، و لاستونیت W و میکروسیلیس S
۱۶	جدول ۲-۶- طرح‌های اختلاط
۲۳	جدول ۳-۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان ۴۲۵-۱ تهران.
۲۴	جدول ۳-۲- مقایسه مشخصات شیمیایی سیمان ۴۲۵-۱ تهران با محدودیت‌های استاندارد ۳۸۹ ایران
۲۵	جدول ۳-۳- مشخصات شیمیایی و لاستونیت مورد استفاده
۲۶	جدول ۳-۴- مشخصات سنگدانه‌ی مصرفی
۲۸	جدول ۳-۵- طرح‌های اختلاط

فهرست نمودارها

نمودار

صفحه

- نمودار ۴-۱- مقاومت فشاری ۷ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۳۹
- نمودار ۴-۲- مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۰
- نمودار ۴-۳- مقاومت فشاری ۹۰ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۱
- نمودار ۴-۴- مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۲
- نمودار ۴-۵- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۲
- نمودار ۴-۶- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۳
- نمودار ۴-۷- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۴
- نمودار ۴-۸- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۴
- نمودار ۴-۹- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۵
- نمودار ۴-۱۰- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۴۵
- نمودار ۴-۱۱- آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۶
- نمودار ۴-۱۲- آزمایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۷
- شکل ۴-۱۳- آزمایش مقاومت فشاری ۹۰ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۷
- نمودار ۴-۱۴- آزمایش مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۸
- نمودار ۴-۱۵- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۹
- نمودار ۴-۱۶- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۴۹
- نمودار ۴-۱۷- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۵۰
- نمودار ۴-۱۸- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۵۰
- نمودار ۴-۱۹- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۵۱
- نمودار ۴-۲۰- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی و لاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۵۱
- نمودار ۴-۲۱- آزمایش مقاومت فشاری ۷ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۵۲

فهرست نمودارها

نمودار

صفحه

- نمودار ۴-۲۲- آزمایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۳
- نمودار ۴-۲۳- آزمایش مقاومت فشاری ۹۰ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۴
- نمودار ۴-۲۴- آزمایش مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۵
- نمودار ۴-۲۵- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۶
- نمودار ۴-۲۶- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۶
- نمودار ۴-۲۷- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۷
- نمودار ۴-۲۸- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۷
- نمودار ۴-۲۹- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۸
- نمودار ۴-۳۰- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۵۸
- نمودار ۴-۳۱- اولتراسونیک ۷ روزه برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۵۹
- نمودار ۴-۳۲- اولتراسونیک ۲۸ روزه برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۵۹
- نمودار ۴-۳۳- اولتراسونیک ۹۰ روزه برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۶۰
- نمودار ۴-۳۴- مقاومت فشاری ۷ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف..... ۶۱
- نمودار ۴-۳۵- مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف..... ۶۱
- نمودار ۴-۳۶- مقاومت فشاری ۹۰ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف..... ۶۲
- نمودار ۴-۳۷- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف..... ۶۳
- نمودار ۴-۳۸- مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف..... ۶۳
- نمودار ۴-۳۹- نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۶۴
- نمودار ۴-۴۰- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵..... ۶۵
- نمودار ۴-۴۱- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴..... ۶۵
- نمودار ۴-۴۲- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵..... ۶۶
- نمودار ۴-۴۳- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ و برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۶۷
- نمودار ۴-۴۴- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ و برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۶۷
- نمودار ۴-۴۵- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ و برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۶۸

فهرست نمودارها

نمودار

صفحه

- نمودار ۴-۴۶- مقاومت فشاری برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۶۹
- نمودار ۴-۴۷- مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۶۹
- نمودار ۴-۴۸- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۰
- نمودار ۴-۴۹- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۱
- نمودار ۴-۵۰- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۱
- نمودار ۴-۵۱- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۲
- نمودار ۴-۵۲- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۲
- نمودار ۴-۵۳- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۷۳
- نمودار ۴-۵۴- مقاومت فشاری برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۴
- نمودار ۴-۵۵- مقاومت کششی برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۵
- نمودار ۴-۵۶- مدول گسیختگی برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۷۵
- نمودار ۴-۵۷- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۶
- نمودار ۴-۵۸- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۷
- نمودار ۴-۵۹- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۷
- نمودار ۴-۶۰- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۸
- نمودار ۴-۶۱- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۷۸
- نمودار ۴-۶۲- مقاومت فشاری برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۷۹
- نمودار ۴-۶۳- مقاومت کششی برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۰
- نمودار ۴-۶۴- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۱
- نمودار ۴-۶۵- آزمایش مقاومت الکتریکی ویژه ۲۸ روزه برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۸۱
- نمودار ۴-۶۶- آزمایش جذب آب موئینه بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۲

فهرست نمودارها

نمودار

صفحه

- نمودار ۴-۶۷- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۵ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۲
- نمودار ۴-۶۸- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۲۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۳
- نمودار ۴-۶۹- آزمایش جذب آب موئینه با جایگزینی ۳۰ درصدی ولاستونیت و نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۸۳
- نمودار ۴-۷۰- اولتراسونیک ۷ روزه برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۸۴
- نمودار ۴-۷۱- اولتراسونیک ۲۸ روزه برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۸۴
- نمودار ۴-۷۲- اولتراسونیک ۹۰ روزه برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۸۵
- نمودار ۴-۷۳- مقاومت فشاری ۷ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف ۸۶
- نمودار ۴-۷۴- مقاومت فشاری ۲۸ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف ۸۶
- نمودار ۴-۷۵- مقاومت فشاری ۹۰ روزه برای نسبتهای آب به مواد سیمانی مختلف ۸۷
- نمودار ۴-۷۶- مدول گسیختگی ۲۸ روزه برای نسبتهای مختلف آب به مواد سیمانی مختلف ۸۸
- نمودار ۴-۷۷- مقاومت کششی ۲۸ روزه برای نسبتهای مختلف آب به مواد سیمانی مختلف ۸۸
- نمودار ۴-۷۸- نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری برای عیار مواد سیمانی 400 kg/m^3 ۸۹
- نمودار ۴-۷۹- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۹۰
- نمودار ۴-۸۰- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۹۰
- نمودار ۴-۸۱- درصد مقاومت فشاری کسب شده برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۹۱
- نمودار ۴-۸۲- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ و برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۹۲
- نمودار ۴-۸۳- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ و برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۹۲
- نمودار ۴-۸۴- اولتراسونیک در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ و برای عیار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۹۳

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۱-۲- مقایسه زنجیره ی پیروکسن با ولاستونیت	۱۱
شکل ۲-۲- سلول واحد ولاستونیت 1A	۱۲
شکل ۳-۲- بلور ولاستونیت 1A	۱۲
شکل ۴-۲- بلور ولاستونیت 1M	۱۲
شکل ۵-۲- میزان مقاومت فشاری بر حسب Kg/cm^2	۱۶
شکل ۶-۲- میزان مقاومت خمشی بر حسب Kg/cm^2	۱۷
شکل ۷-۲- میزان درصد جذب آب	۱۷
شکل ۸-۲- میزان درصد جمع شدگی (انقباض)	۱۸
شکل ۹-۲- میزان درصد سایش	۱۸
شکل ۱۰-۲- تأثیر حمله سولفاتی و دوره یخ زدن و ذوب شدن روی مقاومت فشاری بر حسب kg/cm^2	۱۹
شکل ۱-۳- پراش اشعه ی ایکس سیمان استفاده شده در پروژه	۲۴
شکل ۲-۳- پراش اشعه ی ایکس ولاستونیت استفاده شده در پروژه	۲۶
شکل ۳-۳- دانه بندی ماسه	۲۷
شکل ۴-۳- نمونه ی تحت آزمایش مقاومت کششی	۳۰
شکل ۵-۳- مکانیزم شکست در آزمایش مقاومت کششی	۳۱
شکل ۶-۳- نمونه تحت بار خمشی	۳۱
شکل ۷-۳- نحوه ی انجام آزمایش مقاومت الکتریکی	۳۲
شکل ۸-۳- نحوه ی انجام آزمایش جذب موئینه	۳۵
شکل ۱-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ در سن ۷روز	۹۴
شکل ۲-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ در سن ۷روز	۹۴
شکل ۳-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ در سن ۷روز	۹۵
شکل ۴-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ در سن ۲۸روز	۹۵
شکل ۵-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ در سن ۲۸روز	۹۶
شکل ۶-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ در سن ۲۸روز	۹۶
شکل ۷-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ در سن ۹۰روز	۹۷
شکل ۸-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ در سن ۹۰روز	۹۷

فهرست اشکال

صفحه

شکل

- شکل ۹-۴- بتن با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ در سن ۹۰ روز ۹۸
- شکل ۱۰-۴- بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۹۹
- شکل ۱۱-۴- بتن دارای ۵ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۹۹
- شکل ۱۲-۴- بتن دارای ۲۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۱۰۰
- شکل ۱۳-۴- بتن دارای ۳۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ ۱۰۰
- شکل ۱۴-۴- بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۱۰۱
- شکل ۱۵-۴- بتن دارای ۵ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۱۰۱
- شکل ۱۶-۴- بتن دارای ۲۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۱۰۲
- شکل ۱۷-۴- بتن دارای ۳۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ ۱۰۲
- شکل ۱۸-۴- بتن معمولی با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۱۰۳
- شکل ۱۹-۴- بتن دارای ۵ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۱۰۳
- شکل ۲۰-۴- بتن دارای ۲۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۱۰۴
- شکل ۲۱-۴- بتن دارای ۳۰ درصد ولاستونیت با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۵ ۱۰۴

فصل اول

طرح مسأله