





دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: مهندسی سازه

عنوان

تعیین اثر روش های مختلف عمل آوری روی خواص مکانیکی و دوام بتن سبک سازه ای خود تراکم
به روش آزمایشگاهی

استاد راهنما

دکتر منوچهر بهرویان

استاد مشاور

دکتر شهریار طاوسی تفرشی

پژوهشگر

مجتبی الماسی

زمستان ۱۳۹۲



ISLAMIC AZAD UNIVERSITY
Central Tehran Branch

Faculty of Engineering – Department of Civil Engineering
“M.Sc” Thesis
On Structural Engineering

Subject

Effects of different methods of curing on mechanical properties and durability of Self-Consolidating Lightweight Concrete (SCLC) by experimental method

Advisor

Dr. Manuchehr Behruyan

Consulting-Advisor

Dr. Shahriar Tavousi Tafreshi

By

Mojtaba Almasi

Winter 2014

تشکر و قدردانی

از همه عزیزانی که مرا در هر مرحله از انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم. از استاید راهنما، جناب آقای دکتر منوچهر بهرویان و مشاور، جناب آقای دکتر شهریار طاوسی که راهنمایی‌های علمی ایشان باعث هرچه پُربارتر شدن این تحقیق گردید، تشکر می‌نمایم.

همچنین از شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران و مدیریت محترم عامل آن مجموعه که با حمایت‌های مادی و دراختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی در پیشبرد اهداف این پایان‌نامه تاثیر گذار بودند، کمال تشکر را دارم.

از همکاران محترم مرکز تحقیقات و توسعه فناوری شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران به‌ویژه همکاران آزمایشگاه‌های تخصصی بتن، مصالح و شیمی آن مرکز، که در ساخت بتن‌ها و انجام آزمایش‌های مرتبط مرا یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تقدیم به

همسر مهربانم و خانواده عزیزم که با دلگرمی و حمایت مرا در انجام این تحقیق

یاری نمودند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده فارسی
۲	فصل اول: کلیات طرح
۲	۱-۱ بیان مسئله
۳	۲-۱ هدف‌های تحقیق
۳	۳-۱ اهمیت و ضرورت انجام تحقیق
۵	۴-۱ سوال‌های تحقیق
۶	۵-۱ فرضیه‌های تحقیق
۶	۶-۱ واژه‌های کلیدی
۷	۷-۱ روش و قلمرو تحقیق
۸	۸-۱ محدودیت‌های تحقیق
۹	فصل دوم: مطالعات نظری
۹	مقدمه
۱۲	۱-۲ تعریف بتن
۱۳	۲-۲ خواص و اهمیت بتن سخت شده
۱۶	۳-۲ مزیت‌های سازه‌های بتنی در مقایسه با سازه‌های فولادی
۱۹	۴-۲ بتن سبک
۱۹	۱-۴-۲ معرفی بتن سبک
۱۹	۲-۴-۲ درآمدی بر بتن سبکدانه

۲۳	..... ۳-۴-۲ سابقه تاریخی بتن سبکدانه
۲۵	..... ۴-۴-۲ روش‌های تولید بتن سبک
۲۹	..... ۱-۴-۴-۲ بتن اسفنجی
۲۹	..... ۲-۴-۴-۲ بتن با ساختار باز
۳۰	..... ۳-۴-۴-۲ بتن سبکدانه
۳۱	..... ۵-۴-۲ طبقه‌بندی بتن سبکدانه
۳۲	..... ۱-۵-۴-۲ بتن سبک ناسازه‌ای
۳۴	..... ۲-۵-۴-۲ بتن سبک متوسط
۳۴	..... ۳-۵-۴-۲ بتن سبک سازه‌ای
۳۶	..... ۶-۴-۲ کاربردهای بتن سبکدانه
۳۶	..... ۱-۶-۴-۲ بتن سبکدانه‌ها و عایق‌سازی حرارتی
۳۷	..... ۲-۶-۴-۲ بتن سبکدانه در کشتی‌سازی
۳۹	..... ۳-۶-۴-۲ بتن سبکدانه در صنعت ساختمان‌سازی
۴۱	..... ۷-۴-۲ مزایای بتن سبکدانه
۴۴	..... ۸-۴-۲ معایب بتن سبکدانه
۴۴	..... ۹-۴-۲ جنبه‌های اقتصادی بتن سبکدانه
۴۶	..... ۱۰-۴-۲ خواص بتن سبکدانه سازه‌ای
۵۳	..... ۵-۲ بتن خود تراکم
۵۳	..... ۱-۵-۲ معرفی بتن خود تراکم
۵۴	..... ۲-۵-۲ درآمدی بر بتن خود تراکم
۵۷	..... ۳-۵-۲ مزایای بتن خود تراکم
۵۸	..... ۴-۵-۲ فاکتورهای ویژه بتن خود تراکم

۵۹	۶-۲ بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۶۰	۷-۲ عمل‌آوری بتن
۶۰	۱-۷-۲ کلیات
۶۳	۲-۷-۲ تاثیر حرارت
۶۵	۳-۷-۲ عمل‌آوری توسط آب
۶۶	۴-۷-۲ پوشش‌های نفوذناپذیر
۶۷	۵-۷-۲ پوشش‌های پاشیدنی
۶۹	۶-۷-۲ عمل‌آوردن بتن با بخار
۷۳	۷-۷-۲ مدت زمان عمل‌آوری
۷۴	۸-۷-۲ عمل‌آوری بتن سبکدانه
۷۴	۸-۲ بتن خود عمل‌آور
۷۷	فصل سوم: طراحی و اصول کار آزمایشگاهی
۷۷	مقدمه
۷۸	۱-۳ روش کار و عملیات آزمایشگاهی
۸۰	۲-۳ الزامات بتن سبکدانه سازه‌ای مطابق با آیین‌نامه ACI 213R
۸۶	۳-۳ الزامات بتن خود تراکم مطابق با آیین‌نامه‌های ACI 237R و EFNARC
۸۷	۱-۳-۳ آیین‌نامه ACI 237R
۹۲	۲-۳-۳ آیین‌نامه EFNARC
۹۷	۴-۳ سبکدانه‌ها
۹۹	۱-۴-۳ سبکدانه‌های طبیعی
۹۹	۲-۴-۳ روش‌های تولید سبکدانه‌ها

۳-۴-۳	سبکدانه مورد استفاده در این تحقیق	۱۰۷
۳-۴-۴	الزامات سبکدانه‌ها طبق استانداردهای ISIRI 4985 و ASTM C330/C330M ..	۱۰۸
۳-۵-۵	طرح اختلاط بتن	۱۱۱
۳-۵-۱	اهداف	۱۱۱
۳-۵-۲	ملاحظات کلی	۱۱۴
۳-۵-۳	اصول ویژه	۱۱۸
۳-۵-۴	روش‌های طرح اختلاط	۱۲۱
۳-۵-۵	نکاتی در خصوص طرح اختلاط بتن سبکدانه	۱۲۱
۳-۵-۶	نکاتی در خصوص طرح اختلاط بتن خود تراکم	۱۲۵
۳-۶-۶	استفاده از مواد ICA روشی موثر برای عمل‌آوری بتن	۱۲۷
۳-۷-۷	مصالح مصرفی	۱۳۱
۳-۸-۸	طراحی ماده افزودنی عمل‌آوری داخلی (ICA) بتن	۱۴۰
۳-۸-۱	معرفی مواد ICA	۱۴۰
۳-۸-۲	انتخاب مواد و فرمولاسیون	۱۴۱
۳-۸-۳	آزمون‌ها و طرح اختلاط بتن	۱۴۴
۳-۸-۴	مرحله اول طراحی ICA	۱۴۷
۳-۸-۵	مرحله دوم طراحی ICA	۱۴۹
۳-۸-۶	مرحله سوم طراحی ICA	۱۵۲
۳-۸-۷	انتخاب موثرترین ماده به‌عنوان ICA	۱۶۱
۳-۹-۹	روش‌های آزمون ارزیابی مشخصات تازه و سخت شده بتن سبک سازه‌ای خود تراکم ..	۱۶۲
۳-۱۰-۱۰	روش‌ها و شرایط مختلف عمل‌آوری	۱۶۶
۳-۱۱-۱۱	طراحی نسبت‌های اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم	۱۶۸

۱۶۸	..... ۱-۱۱-۳ مخلوط‌های آزمایشی بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۶۹	..... ۲-۱۱-۳ نتایج بتن تازه و سخت شده مخلوط‌های آزمایشی
۱۷۵	..... ۳-۱۱-۳ تجزیه و تحلیل نتایج و انتخاب طرح اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۷۶	..... ۱۲-۳ ساخت بتن‌های سبک سازه‌ای خود تراکم در شرایط مختلف عمل‌آوری
۱۷۹	..... فصل چهارم: تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق
۱۷۹	..... مقدمه
۱۸۰	..... ۱-۴ مقاومت فشاری و کششی (روش دو نیم نمودن آزمون‌های استوانه‌ای)
۱۸۶	..... ۲-۴ دانسیته متعادل و مدول استاتیکی ارتجاعی (الاستیسیته)
۱۹۱	..... ۳-۴ حجم منافذ نفوذپذیر (حفرات) و جذب پس از غوطه‌وری
۱۹۳	..... ۴-۴ جذب آب و عمق نفوذ آب تحت فشار
۱۹۷	..... ۵-۴ مقاومت الکتریکی ویژه
۱۹۹	..... ۶-۴ جمع‌شدگی ناشی از خشک‌شدن (تغییر طول)
۲۰۲	..... ۷-۴ سرعت تبخیر آب
۲۰۴	..... ۸-۴ جمع‌بندی حاصل از تحلیل نتایج
۲۰۹	..... فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۲۰۹	..... ۱-۵ نتیجه‌گیری
۲۱۰	..... ۲-۵ پیشنهادها
۲۱۲	..... فهرست منابع و مآخذ
۲۱۸	..... چکیده انگلیسی

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ حدود مدول الاستیسیته در بتن سبک با سبکدانه‌های مختلف	۵۰
جدول ۱-۳ مقدار هوای پیشنهادی برای بتن سبک سازه‌ای	۸۲
جدول ۲-۳ محدوده‌های مقدار پودر پیشنهادی (یا مقدار مورد نیاز برای مقاومت)	۸۹
جدول ۳-۳ روش‌های آزمون در حال توسعه برای اندازه‌گیری مشخصات بتن خود تراکم	۹۰
جدول ۳-۴ مقادیر شاخص پایداری دیداری مخلوط‌های بتن خود تراکم در آزمون Slump-flow	۹۰
جدول ۳-۵ روش‌های آزمون برای اندازه‌گیری مشخصات بتن خود تراکم	۹۱
جدول ۳-۶ فهرست روش‌های آزمون برای مشخصات کارایی بتن خود تراکم	۹۳
جدول ۳-۷ مشخصات کارایی بتن خود تراکم و روش‌های آزمون جایگزین	۹۴
جدول ۳-۸ حدود قابل قبول بتن خود تراکم	۹۵
جدول ۳-۹ چگالی توده‌ای و مقاومت لیکای سوئدی با اندازه‌های مختلف (Svensk)	۱۰۳
جدول ۳-۱۰ چگالی توده‌ای، اندازه و درصد رطوبت در هنگام تحویل تعدادی از سبکدانه‌ها	۱۰۵
جدول ۳-۱۱ الزامات دانه‌بندی برای سبکدانه‌های بتن‌سازه‌ای	۱۰۹
جدول ۳-۱۲ الزامات حداکثر دانسیته توده‌ای (خشک آزاد) برای سبکدانه‌های بتن‌سازه‌ای	۱۰۹
جدول ۳-۱۳ الزامات مقاومت فشاری و مقاومت کششی برای سبکدانه‌ها	۱۱۰
جدول ۳-۱۴ مشخصات فیزیکی سیمان	۱۳۱
جدول ۳-۱۵ مشخصات شیمیایی سیمان	۱۳۱
جدول ۳-۱۶ مشخصات شیمیایی میکروسیلیس	۱۳۲

جدول ۳-۱۷	مشخصات فیزیکی ماسه طبیعی	۱۳۳
جدول ۳-۱۸	دانه‌بندی ماسه طبیعی	۱۳۳
جدول ۳-۱۹	مشخصات فیزیکی شن طبیعی نیمه شکسته	۱۳۵
جدول ۳-۲۰	دانه‌بندی شن طبیعی نیمه شکسته	۱۳۵
جدول ۳-۲۱	دانه‌بندی پودر سنگ	۱۳۷
جدول ۳-۲۲	مشخصات فیزیکی لیکا	۱۳۸
جدول ۳-۲۳	دانه‌بندی لیکا	۱۳۸
جدول ۳-۲۴	مشخصات شیمیایی افزودنی فوق‌روان‌کننده/کاهنده قوی آب با کد تجاری ABA PLAST-SP	۱۳۹
جدول ۳-۲۵	نسبت‌های وزنی اختلاط گلیکول با واکس	۱۴۳
جدول ۳-۲۶	مشخصات شیمیایی ماده PEG-4H	۱۴۳
جدول ۳-۲۷	مشخصات شیمیایی ماده PEG-6H	۱۴۳
جدول ۳-۲۸	مشخصات شیمیایی ماده PEG-6T	۱۴۴
جدول ۳-۲۹	مشخصات شیمیایی ماده DPG	۱۴۴
جدول ۳-۳۰	طرح اختلاط بتن کنترل	۱۴۵
جدول ۳-۳۱	طرح اختلاط بتن کنترل و بتن حاوی مواد ICA مرحله اول	۱۴۷
جدول ۳-۳۲	نتایج آزمون مقاومت فشاری و کارایی مرحله اول	۱۴۸
جدول ۳-۳۳	طرح اختلاط بتن کنترل و بتن حاوی مواد ICA مرحله دوم	۱۵۰
جدول ۳-۳۴	نتایج آزمون مقاومت فشاری و کارایی مرحله دوم	۱۵۱
جدول ۳-۳۵	طرح اختلاط بتن کنترل و بتن حاوی مواد ICA مرحله سوم (مقدار سیمان 400 kg/m^3)	۱۵۲
جدول ۳-۳۶	طرح اختلاط بتن کنترل و بتن حاوی مواد ICA مرحله سوم (مقدار سیمان	

۱۵۳	..... (۳۵۰ kg/m ³)
جدول ۳-۳۷	نتایج آزمون مقاومت فشاری، جذب آب، عمق نفوذ آب تحت فشار و کارایی
۱۵۴	..... (مقدار سیمان ۴۰۰ kg/m ³)
جدول ۳-۳۸	نتایج آزمون مقاومت فشاری، جذب آب، عمق نفوذ آب تحت فشار و کارایی
۱۵۵	..... (مقدار سیمان ۳۵۰ kg/m ³)
جدول ۳-۳۹	نتایج آزمون درصد سرعت تبخیر آب از سطح بتن مرحله سوم (مقدار سیمان
۱۵۶	..... (۴۰۰ kg/m ³)
جدول ۳-۴۰	نتایج آزمون درصد سرعت تبخیر آب از سطح بتن مرحله سوم (مقدار سیمان
۱۵۶	..... (۳۵۰ kg/m ³)
جدول ۳-۴۱	مشخصات شیمیایی ماده ICA با کد فرمولاسیون ICA-100
۱۶۳	..... جدول ۳-۴۲ آزمون‌های بتن تازه بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۶۴	..... جدول ۳-۴۳ آزمون‌های بتن سخت شده بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۶۶	..... جدول ۳-۴۴ ارتباط بین مقاومت الکتریکی ویژه بتن و نرخ خوردگی
۱۶۹	..... جدول ۳-۴۵ طرح اختلاط اولیه بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۷۰	..... جدول ۳-۴۶ طرح‌های اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم
۱۷۴	..... جدول ۳-۴۷ درصد هوا و دانسیته بتن تازه مخلوط‌های آزمایشی
۱۷۴	..... جدول ۳-۴۸ مقاومت فشاری مخلوط‌های آزمایشی با کارایی قابل قبول
۱۷۷	..... جدول ۳-۴۹ طرح‌های اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم (مواد سیمانی ۴۵۰ kg/m ³)
۱۷۸	..... جدول ۳-۵۰ طرح‌های اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم (مواد سیمانی ۵۰۰ kg/m ³)
۱۸۱	..... جدول ۴-۱ درصد افزایش مقاومت فشاری نسبت به طرح SCLC-63
۱۸۲	..... جدول ۴-۲ درصد افزایش مقاومت فشاری نسبت به طرح SCLC-93
۱۸۶	..... جدول ۴-۳ ضریب λ برای اصلاح مدول الاستیسیته بتن سبکدانه

- جدول ۴-۴ دانسیته متعادل و مقاومت فشاری استاندارد ۱۸۷
- جدول ۴-۵ طرح‌های اختلاط منتخب بتن سبک سازه‌ای خود تراکم ۲۰۶
- جدول ۴-۶ مواد ICA منتخب ۲۰۶

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۱۳۴	نمودار ۱-۳ منحنی دانه‌بندی ماسه طبیعی
۱۳۵	نمودار ۲-۳ منحنی دانه‌بندی شن طبیعی نیمه شکسته
۱۳۵	نمودار ۳-۳ منحنی دانه‌بندی پودر سنگ
۱۳۸	نمودار ۴-۳ منحنی دانه‌بندی لیکا
۱۴۹	نمودار ۵-۳ مقایسه مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه مرحله اول
۱۵۱	نمودار ۶-۳ مقایسه مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه مرحله دوم
۱۵۷	نمودار ۷-۳ مقایسه مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه مرحله سوم (مقدار سیمان 400 kg/m^3) ...
۱۵۷	نمودار ۸-۳ مقایسه مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه مرحله سوم (مقدار سیمان 350 kg/m^3) ...
۱۵۸	نمودار ۹-۳ مقایسه جذب آب مرحله سوم (مقدار سیمان 400 kg/m^3)
۱۵۸	نمودار ۱۰-۳ مقایسه عمق نفوذ آب تحت فشار مرحله سوم (مقدار سیمان 400 kg/m^3)
۱۵۹	نمودار ۱۱-۳ مقایسه جذب آب مرحله سوم (مقدار سیمان 350 kg/m^3)
۱۵۹	نمودار ۱۲-۳ مقایسه عمق نفوذ آب تحت فشار مرحله سوم (مقدار سیمان 350 kg/m^3)
۱۶۰	نمودار ۱۳-۳ مقایسه سرعت تبخیر آب مرحله سوم (مقدار سیمان 400 kg/m^3)
۱۶۰	نمودار ۱۴-۳ مقایسه سرعت تبخیر آب مرحله سوم (مقدار سیمان 350 kg/m^3)
۱۷۱	نمودار ۱۵-۳ Slump-flow و T _{50cm} Slump-flow مخلوط‌های آزمایشی
۱۷۲	نمودار ۱۶-۳ J-ring و V-funnel مخلوط‌های آزمایشی
۱۷۳	نمودار ۱۷-۳ U-box و L-box مخلوط‌های آزمایشی
۱۸۰	نمودار ۱-۴ مقایسه مقاومت فشاری طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3
۱۸۱	نمودار ۲-۴ مقایسه مقاومت فشاری طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3
۱۸۴	نمودار ۳-۴ مقایسه مقاومت کششی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3

نمودار ۴-۴ مقایسه مقاومت کششی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3	۱۸۴
نمودار ۵-۴ همبستگی مقاومت فشاری و مقاومت کششی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3	۱۸۵
نمودار ۶-۴ همبستگی مقاومت فشاری و مقاومت کششی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3	۱۸۵
نمودار ۷-۴ مقایسه مدول الاستیسیته محاسبه شده طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3	۱۸۸
نمودار ۸-۴ مقایسه مدول الاستیسیته محاسبه شده طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3	۱۸۸
نمودار ۹-۴ مقایسه مدول الاستیسیته اندازه‌گیری شده طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3	۱۸۹
نمودار ۱۰-۴ مقایسه مدول الاستیسیته اندازه‌گیری شده طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3	۱۹۰
نمودار ۱۱-۴ همبستگی مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته اندازه‌گیری شده طرح‌ها (مواد سیمانی 450 kg/m^3)	۱۹۰
نمودار ۱۲-۴ همبستگی مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته اندازه‌گیری شده طرح‌ها (مواد سیمانی 500 kg/m^3)	۱۹۱
نمودار ۱۳-۴ مقایسه حجم منافذ نفوذپذیر (حفرات) و جذب پس از غوطه‌وری طرح‌ها (مواد سیمانی 450 kg/m^3)	۱۹۲
نمودار ۱۴-۴ مقایسه حجم منافذ نفوذپذیر (حفرات) و جذب پس از غوطه‌وری طرح‌ها (مواد سیمانی 500 kg/m^3)	۱۹۲
نمودار ۱۵-۴ مقایسه جذب آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3	۱۹۴

- نمودار ۴-۱۶ مقایسه جذب آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ۱۹۴
- نمودار ۴-۱۷ مقایسه عمق نفوذ آب تحت فشار طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ... ۱۹۵
- نمودار ۴-۱۸ مقایسه عمق نفوذ آب تحت فشار طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ... ۱۹۵
- نمودار ۴-۱۹ همبستگی جذب پس از غوطه‌وری و جذب آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۱۹۷
- نمودار ۴-۲۰ همبستگی جذب پس از غوطه‌وری و جذب آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ۱۹۷
- نمودار ۴-۲۱ مقایسه مقاومت الکتریکی ویژه طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۱۹۸
- نمودار ۴-۲۲ مقایسه مقاومت الکتریکی ویژه طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ۱۹۹
- نمودار ۴-۲۳ مقایسه جمع‌شدگی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۲۰۰
- نمودار ۴-۲۴ مقایسه جمع‌شدگی طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ۲۰۱
- نمودار ۴-۲۵ مقایسه سرعت تبخیر آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 450 kg/m^3 ۲۰۲
- نمودار ۴-۲۶ روند افزایش سرعت تبخیر آب طرح‌های SCLC-63 و SCLC-69 ۲۰۳
- نمودار ۴-۲۷ مقایسه سرعت تبخیر آب طرح‌ها با مقدار مواد سیمانی 500 kg/m^3 ۲۰۳
- نمودار ۴-۲۸ روند افزایش سرعت تبخیر آب طرح‌های SCLC-99، SCLC-96 و SCLC-93 ۲۰۴

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲۵	شکل ۱-۲ محدوده وزن و مقاومت بتن
۲۹	شکل ۲-۲ بتن اسفنجی
۳۰	شکل ۳-۲ بتن با ساختار باز
۳۱	شکل ۴-۲ بتن سبکدانه
۳۵	شکل ۵-۲ بتن‌های سبک و وزن مخصوص آن
۵۲	شکل ۶-۲ اختلاف ساختار بین بتن سبکدانه و معمولی در سطح میانه‌نگر
۵۴	شکل ۷-۲ مقایسه نسبت اختلاط بتن خود تراکم و بتن معمولی
۵۵	شکل ۸-۲ ضرورت برای بتن خود تراکم
۵۶	شکل ۹-۲ مدل پیشنهادی K. Ozawa
۶۲	شکل ۱۰-۲ تاثیر عمل‌آوری بر روی مقاومت فشاری بتن (نسبت آب به سیمان ۰/۵)
۷۰	شکل ۱۱-۲ تاثیر دماهای مختلف عمل‌آوری با بخار بر روی مقاومت فشاری
۷۲	شکل ۱۲-۲ یک دوره عمل‌آوری با بخار
۸۲	شکل ۱-۳ دانسیته بتن در برابر زمان‌های مختلف خشک‌شدن بتن سبک سازه‌ای
۸۴	شکل ۲-۳ محدوده مدول الاستیسیته برای بتن سبک سازه‌ای
۸۵	شکل ۳-۳ جمع‌شدگی ناشی از خشک‌شدن؛ عمل‌آوری عادی بتن
۸۶	شکل ۴-۳ مقاومت کششی دونیم‌شده-عمل‌آوری مرطوب (در آب) بتن
۸۶	شکل ۵-۳ مقاومت کششی دونیم‌شده-عمل‌آوری خشک‌شده در هوا بتن
۱۲۵	شکل ۶-۳ روش‌های دستیابی بتن خود تراکم
۱۲۶	شکل ۷-۳ مقایسه درصد حجمی نسبت‌های اختلاط بتن خود تراکم با دیگر بتن‌ها
	شکل ۸-۳ سیمان پرتلند نوع ۲ شرکت سیمان تهران و میکروسیلیس شرکت فروسیلیس

۱۳۲	..... ایران
۱۳۴	..... شکل ۳-۹ ماسه طبیعی شرکت قدرت مکانیک
۱۳۶	..... شکل ۳-۱۰ شن طبیعی نیمه شکسته شرکت متوساک
۱۳۶	..... شکل ۳-۱۱ پودر سنگ همدان
۱۳۹	..... شکل ۳-۱۲ لیکا شرکت لیکا ایران
۱۴۶	..... شکل ۳-۱۳ نمونه آزمون سرعت تبخیر آب
۱۵۴	..... شکل ۳-۱۴ آزمون عمق نفوذ آب تحت فشار
۱۶۶	..... شکل ۳-۱۵ دستگاه تعیین مقاومت الکتریکی بتن
۱۷۱	..... شکل ۳-۱۶ آزمون Slump-flow
۱۷۱	..... شکل ۳-۱۷ آزمون T _{50cm} Slump-flow
۱۷۲	..... شکل ۳-۱۸ آزمون V-funnel
۱۷۲	..... شکل ۳-۱۹ آزمون J-ring
۱۷۳	..... شکل ۳-۲۰ آزمون L-box
۱۷۳	..... شکل ۳-۲۱ آزمون U-box
۱۷۴	..... شکل ۳-۲۲ آزمون مقاومت فشاری
۱۸۳	..... شکل ۴-۱ آزمون تعیین مقاومت کششی به روش دو نیم نمودن آزمون‌های استوانه‌ای
۱۸۷	..... شکل ۴-۲ آزمون تعیین دانسیته متعادل
۱۸۹	..... شکل ۴-۳ آزمون تعیین مدول استاتیکی ارتجاعی (الاستیسیته)
۱۹۶	..... شکل ۴-۴ آزمون عمق نفوذ آب تحت فشار (نمونه مربوط به طرح SCLC-69)
۲۰۰	..... شکل ۴-۵ آزمون جمع‌شدگی

چکیده

این تحقیق تاثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری به‌ویژه استفاده از مواد افزودنی عمل‌آوری داخلی (ICA) و لیکا از پیش اشباع شده به عنوان روش‌های عمل‌آوری داخلی، روی خواص مکانیکی و دوام بتن سبک سازه‌ای خود تراکم از طریق انجام آزمون‌های آزمایشگاهی را تعیین می‌نماید. طراحی نسبت اختلاط برای ساخت بتن سبک سازه‌ای خود تراکم با استفاده از مصالح مصرفی متداول، طراحی فرمولاسیون برای ساخت مواد ICA به‌منظور تولید بتن‌های خود عمل‌آور (Self-Curing Concrete) و شناسایی تاثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری با و بدون استفاده از مواد ICA روی خواص مکانیکی و پارامترهای دوام بتن‌های سبک سازه‌ای خود تراکم از اهداف این تحقیق می‌باشد. پس از طراحی نسبت اختلاط بتن سبک سازه‌ای خود تراکم، نمونه‌های ساخته شده از طرح‌های بدون مواد ICA، در محیط‌های آبی با و بدون اشباع شدن با آهک و اتاق رطوبت نگهداری شدند. همچنین طرح‌هایی که حاوی لیکا از پیش اشباع شده و ۰٫۵٪ و ۱٪ از مواد ICA نسبت به وزن مواد سیمانی بودند، در اتاق رطوبت نگهداری شدند. از طریق انجام آزمون‌های آزمایشگاهی، مشخصات مکانیکی و دوام بتن‌ها در محیط‌های مختلف تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد بتن‌های عمل‌آوری شده در محیط آبی اشباع شده با آهک دارای بهترین مشخصات مکانیکی و دوام می‌باشند. همچنین بتن‌های حاوی مواد ICA دارای مقاومت فشاری و کششی، مدول الاستیسیته و مقاومت الکتریکی بیشتر و حجم منافذ نفوذپذیر، جمع‌شدگی، جذب آب، عمق نفوذ آب و سرعت تبخیر آب کمتری نسبت به بتن کنترل (بتن بدون مواد ICA و عمل‌آوری شده در اتاق رطوبت) می‌باشند.

کلمات کلیدی: بتن سبک سازه‌ای خود تراکم، بتن خود عمل‌آور، ICA، لیکا، عمل‌آوری بتن، مشخصات مکانیکی، دوام.