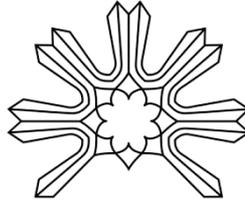


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه محقق اردبیلی

دانشکده فنی و مهندسی
گروه عمران

تأثیر نانوسیلیس و میکروسیلیس بر روی خواص رفتاری و مکانیکی بتن‌های
خودتراکم سبک

استاد راهنما:

دکتر یعقوب محمدی

استاد مشاور:

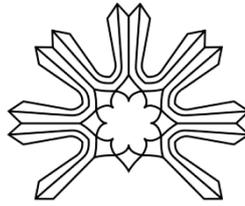
دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی‌نژاد

توسط:

سید سجاد موسوی سوها

دانشگاه محقق اردبیلی

تابستان ۱۳۸۹



دانشگاه محقق اردبیلی

تأثیر نانوسیلیس و میکروسیلیس بر روی خواص رفتاری و مکانیکی بتن‌های
خودتراکم سبک

توسط:

سید سجاد موسوی سوها

پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - سازه

از

دانشگاه محقق اردبیلی

اردبیل - ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه

استادیار	(استاد راهنما و رئیس کمیته)	دکتر یعقوب محمدی
استادیار	(داور داخلی)	دکتر احد اوریا
استادیار	(داور خارجی)	دکتر محمدرضا امامی آزادی
استادیار	(استاد مشاور)	دکتر سید حسین قاسمزاده موسوی نژاد

شهریور - ۱۳۸۹

تقدیم به

پدر بزرگوار

و مادر مهربان

تقدیر و تشکر

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.

بر خود لازم می‌دانم که از زحمات، تلاشها و عنایات اساتید محترم و بزرگواری که در تهیه و تدوین این پایان‌نامه از راهنمایی‌های ایشان استفاده نمودم نهایت تشکر را بنمایم.

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر یعقوب محمدی نهایت قدردانی را دارم که از زحمات خالصانه و راهنمایی‌های محققانه ایشان بهره‌های فراوان گرفته‌ام. از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر سید حسین قاسم‌زاده موسوی‌نژاد که راهنمایی‌های ارزنده ایشان در به ثمر نشستن این پایان‌نامه بسی چشمگیر و قابل ستایش است کمال تشکر را دارم. همچنین از خانواده و دوستان عزیزم که مرا در این راه همراهی نمودند نهایت قدردانی را دارم.

و نیز در مقابل یکتای بی‌همتا سر تعظیم فرود می‌آورم که سختی‌های این راه را بر من هموار نمود.

نام خانوادگی: موسوی سوها	نام: سید سجاد
عنوان پایان نامه: تاثیر نانوسیلیس و میکروسیلیس بر روی خواص رفتاری و مکانیکی بتن های خودتراکم سبک	
استاد راهنما: دکتر یعقوب محمدی استاد مشاور: دکتر سید حسین قاسم زاده موسوی نژاد	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: عمران
گرایش: سازه	دانشگاه: محقق اردبیلی
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۰۶/۳۱	تعداد صفحه: ۱۲۶
کلید واژه ها: بتن خودتراکم، سبکدانه، لیکا، پرلیت، مقاومت فشاری، بتن سبک، نانوسیلیس، میکروسیلیس، فوق روان کننده، ماده ی هوازا	
<p>چکیده: بتن یکی از مهمترین مصالح ساختمانی است که از ترکیب مخلوط متناسبی از سیمان، مصالح سنگی، آب و مواد افزودنی بدست می آید. بتن دارای مقاومت فشاری زیادی است اما وزن زیاد قطعات ساخته شده با آن مشکلاتی را در سازه های بلند مرتبه بوجود می آورد. از این رو می توان با جایگزین نمودن دانه های سبک به جای سنگدانه های معمولی تا حدود زیادی این نگرانی را برطرف نمود. از دیگر عواملی که کاربرد بتن را مخصوصا در سازه های با تراکم آرماتور زیاد با مشکل مواجه می کند تراکم نمودن آن است. در مواردی مانند پایه پلها، ستونهای طبقات پایین ساختمان های بلند و ... عملا امکان ویریه کردن بتن غیر ممکن است. برای رفع این مشکل باید از بتن خودتراکم استفاده شود که باعث تراکم کامل بتن شده و سرعت بتن ریزی را بالا می برد. این نوع بتن با استفاده از فوق روان کننده ها و مواد افزودنی دیگر تولید می شود. در این پایان نامه تاثیر دو ماده افزودنی میکروسیلیس و نانوسیلیس بر روی رئولوژی بتن تازه و مقاومت فشاری بتن سخت شده ساخته شده با سبکدانه های لیکا و پرلیت مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایشهای بتن خودتراکم بر روی طرح اختلاطها انجام یافته سپس نمونه های بتنی ساخته شده و در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روز مورد آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفته اند. نتایج مربوط به بتنهای ساخته شده با هر دو افزودنی شامل نتایج آزمایشهای رئولوژی، مقاومت فشاری و وزن مخصوص در جداول و اشکال مربوطه آورده شده اند و به بحث و بررسی در مورد آنها پرداخته شده است.</p>	



**The Effect of Nano-silica and Micro-silica Admixtures on the Rheology
and Mechanical Properties of Self-Compacting Lightweight Concretes**

**By
Seyed sajad mousavi souha**

Thesis
SUBMITTED TO THE GRADUATE STUDIES FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING (M.E.)
IN
STRUCTURAL ENGINEERING

University of Mohaghegh Ardabili
ARDABIL - IRAN

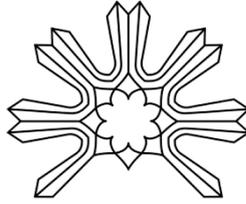
Evaluated And Approved By Thesis Committee As:

Y. Mohammadi, Ph.D., Assist. Prof. Of Civil Engineering (Supervisor)

H. Ghasemzadeh, Ph.D., Assist. Prof. Of Civil Engineering (Advisor)

A. Ouria Ph.D., Assist. Prof. Of Civil Engineering (Internal Examiner)

M. Emami azadi Assist. Prof. Of Civil Engineering (External Examiner)



دانشگاه محقق اردبیلی

Department Of Civil Engineering

**The Effect of Nano-silica and Micro-silica Admixtures on the Rheology
and Mechanical Properties of Self-Compacting Lightweight Concretes**

Supervisor:

Dr. Yaghoub Mohammadi

Advisor:

Dr. Hosein Ghasemzadeh Mousavinezhad

By:

Seyed Sajad Mousavi souha

University of Mohaghegh Ardabili

2010 - September

Surname: mousavi souha	Name: seyed sajad
Title of thesis: The Effect of Nano-silica and Micro-silica Admixtures on the Rheology and Mechanical Properties of Self-Compacting Lightweight Concretes	
Supervisor: Dr. yaghoub mohamadi	
Advisor: Dr. seyed hosein ghasemzadeh mousavi nezhad	
Graduate Degree: Master of Engineering	Major: Civil Specialty: Structure
University of mohaghegh Ardabili	Faculty: Engineering
Graduation date: 2010 - September	Number of Pages: ۱۵۱
Keyword: Self-compacting concrete, Leca, Perlite, Compressive strength, lightweight concrete, Nano silica, Microsilica, Super plasticizer, Air Entraining Admixture	
<p>Abstract: Concrete is one of the most important materials which produced from proportional mixture of cement, aggregates, water and admixtures. Concrete has large compressive strength but the large amount of that's weight produce problems in big buildings. Hence replacing aggregates with lightweight aggregates can solved that problem. Other problems that can occur is vibration of concrete. In cases such as foundation of bridges, bottom columns of skyscrapers and ... vibration is impossible. To solve this problem we can use self-compacting concrete in that occur perfect compacting and casting velocity is increase. These concretes produce with superplasticizer and other admixtures. In this research the effect of microsilica and nanosilica on the rheological properties of fresh concrete and mechanical properties of hardened concrete produced by leca and perlite aggregates are considered. Self-compacting concrete testes carried out on fresh concrete and then cube samples were prepared then compressive strength test carried out. Conclusion of rheological and mechanical tests and specific weight are available in corresponding tables and figures.</p>	

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

..... فصل اول: مقدمه و پیشینه تحقیق	
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- مواد تشکیل دهنده بتن	۲
۱-۲-۱- میزان آب در خمیر سیمان	۲
۳-۱- بتن تازه	۳
۴-۱- آزمایش و شرایط نگهداری	۳
۵-۱- مراقبت از بتن (عمل آوری)	۳
۶-۱- طبقه بندی بتن بر مبنای وزن مخصوص	۳
۷-۱- طبقه بندی بتن سبک بر مبنای ساختار آن	۴
۸-۱- طبقه بندی بتن های سبک بر مبنای مقاومت	۵
۱-۸-۱- بتن سبک غیر سازه ای یا عایق بندی (Insulating Light Weight Concrete)	۵
۲-۸-۱- بتن سبک سازه ای (Structural Light Weight Concrete)	۶
۳-۸-۱- بتن سبک نیمه سازه ای	۶
۹-۱- مزایای کاربرد بتن سبک	۶
۱۰-۱- بتن سبک	۷
۱۱-۱- تاریخچه بتن سبک لیکا و پرلیت	۷
..... فصل دوم: بتن خودتراکم و آزمایشهای مربوطه	
۱-۲- تاریخچه بتن خود تراکم	۱۳
۲-۲- نمونه های اجرایی بتن خود تراکم	۱۵
۱-۲-۲- پل معلق Akashi - Kaiko در Awagi - Shima و Kobe ژاپن (طولانی ترین و بلندترین پل دنیا)	۱۵
۲-۲-۲- دیواره های مخازن عظیم LNG شرکت گاز Osaka در ژاپن	۱۵

- ۱۶-۲-۳- بازار بزرگ Midsummer Place واقع در لندن - انگلستان..... ۱۶
- ۱۶-۲-۴- آپارتمان مسکونی در Nanterre فرانسه..... ۱۶
- ۱۶-۲-۵- پروژه Bunkers Hill در شهر Calgary در کانادا..... ۱۶
- ۱۶-۲-۶- پروژه تونل غوطه ور در Kobe ژاپن..... ۱۶
- ۱۶-۲-۷- برج Landmark در ۲۱ Minato Mirai شهر یوکوهاما - ژاپن..... ۱۶
- ۱۷-۳-۳- اشارهای مختصر به چند پروژه اجرایی با SCC در ایران..... ۱۷
- ۱۷-۳-۱- پروژه توسعه حرم حضرت معصومه (س)..... ۱۷
- ۱۷-۳-۲- پروژه تونل بزرگراه رسالت..... ۱۷
- ۱۸-۳-۳- پروژه متروی شیراز..... ۱۸
- ۱۸-۴-۲- تعریف بتن خود تراکم..... ۱۸
- ۱۸-۴-۱- تعریف P.Bartos..... ۱۸
- ۱۸-۴-۲- تعریف K.Azawa..... ۱۸
- ۱۹-۴-۳- H.Okamura..... ۱۹
- ۱۹-۵-۲- معرفی بتن خود تراکم..... ۱۹
- ۲۰-۶-۲- مشخصات بتن خود تراکم..... ۲۰
- ۲۰-۶-۱- کارایی (Workability)..... ۲۰
- ۲۰-۶-۲- مشخصات مکانیکی (Mechanical Characteristics)..... ۲۰
- ۲۰-۶-۳- دوام (Durability)..... ۲۰
- ۲۱-۷-۲- کاربردهای ویژه بتن خود تراکم..... ۲۱
- ۲۱-۸-۲- زمینه گسترش بتن خود تراکم در ایران..... ۲۱
- ۲۱-۹-۲- تعاریف..... ۲۱
- ۲۲-۹-۱- خمیر سیمان..... ۲۲
- ۲۲-۹-۲- ملات..... ۲۲
- ۲۲-۹-۳- پودر (مواد ریز)..... ۲۲
- ۲۲-۹-۴- چسب..... ۲۲
- ۲۲-۱۰-۲- قابلیت جریان و عبور..... ۲۲

- ۳۳.....۲-۱۷-۲-۲- مراحل انجام آزمایش
- ۳۳.....۲-۱۷-۲-۳- تفسیر نتایج
- ۳۴.....۲-۱۷-۳- آزمایش قیف V شکل و افزایش زمان قیف V شکل ۵ دقیقه
- ۳۴.....۲-۱۷-۳-۱- وسایل مورد نیاز
- ۳۵.....۲-۱۷-۳-۲- مراحل انجام آزمایش
- ۳۵.....۲-۱۷-۳-۳- تفسیر نتایج
- ۳۶.....۲-۱۷-۴- آزمایش جعبه L شکل
- ۳۷.....۲-۱۷-۴-۱- وسایل مورد نیاز
- ۳۸.....۲-۱۷-۴-۲- مراحل انجام آزمایش
- ۳۸.....۲-۱۷-۴-۳- تفسیر نتایج
- ۳۸.....۲-۱۷-۵- آزمایش جعبه U شکل
- ۳۹.....۲-۱۷-۵-۱- وسایل مورد نیاز
- ۴۰.....۲-۱۷-۵-۲- مراحل انجام آزمایش
- ۴۰.....۲-۱۷-۵-۳- تفسیر نتایج

فصل سوم: سبکدانه ها و بتن سبکدانه.....

- ۴۳.....۳-۱- مقدمه
- ۴۳.....۳-۲- سبکدانه های طبیعی
- ۴۴.....۳-۳- سبکدانه های مصنوعی
- ۴۵.....۳-۴- خواص سبکدانه ها
- ۴۶.....۳-۵- تخلخل و جذب آب
- ۴۶.....۳-۶- وزن مخصوص ظاهری (چگالی انبوهی یا دانسیته ظاهری)
- ۴۷.....۳-۷- دانه بندی سبکدانه ها
- ۴۷.....۳-۸- چگالی فضایی سبکدانه ها
- ۴۸.....۳-۹- مقاومت مصالح سنگی سبک وزن
- ۴۸.....۳-۱۰- انواع سبکدانه ها
- ۴۸.....۳-۱۰-۱- پوکه سنگ معدنی (Pumice)

- ۳-۱۰-۲- خاک رس پر مایه و شیت خاک رس..... ۴۸
- ۳-۱۰-۳- خاکستر آتشفشانی (Tufe)..... ۴۹
- ۳-۱۰-۴- لیکا (Leca)، سنگ رس و سنگ لوح منبسط شده ۴۹
- ۳-۱۱-۱۱- لیکای ایران..... ۵۰
- ۳-۱۱-۱- عایق حرارتی..... ۵۰
- ۳-۱۱-۲- عایق صوتی..... ۵۰
- ۳-۱۱-۳- تراکم ناپذیری..... ۵۱
- ۳-۱۱-۴- جذب آب..... ۵۱
- ۳-۱۱-۵- واکنش ناپذیری..... ۵۱
- ۳-۱۱-۶- مقاوم در برابر آتش..... ۵۱
- ۳-۱۱-۷- عمر مفید..... ۵۱
- ۳-۱۲-۱۲- پرلیت (Perlite)..... ۵۱
- ۳-۱۲-۱- تهیه پرلیت..... ۵۴
- ۳-۱۲-۱-۱- تکنیک و روش تولید پرلیت منبسط شده..... ۵۵
- ۳-۱۲-۲- معادن و ذخایر پرلیت در ایران..... ۵۶
- ۳-۱۲-۴- کاربردهای پرلیت..... ۵۶
- ۳-۱۲-۳-۱- پرلیت به عنوان پر کننده در شیشه های پلی استر دار..... ۵۷
- ۳-۱۲-۳-۲- پرلیت به عنوان جذب کننده و حامل..... ۵۷
- ۳-۱۲-۳-۳- پرلیت منبسط در بتن سبک..... ۵۷
- ۳-۱۳-۱۳- بتن سبکدانه..... ۵۸
- ۳-۱۳-۱- خواص بتن سبکدانه..... ۵۸
- ۳-۱۳-۲- خواص مقاومتی بتن سبکدانه..... ۵۸
- ۳-۱۳-۱-۲- مقاومت فشاری بتن سبکدانه..... ۵۸
- ۳-۱۳-۲-۲- ضریب انبساط حرارتی..... ۵۹
- ۳-۱۳-۳- تغییر شکل بتن سبکدانه..... ۵۹
- ۳-۱۳-۱-۳- خزش بتن سبکدانه..... ۵۹

- ۶۰.....۳-۱۳-۲-۳-۲- انقباض.....
- ۶۰.....۳-۱۳-۴- خواص رطوبتی بتن سبکدانه.....
- ۶۰.....۳-۱۳-۴-۱- نفوذپذیری.....
- ۶۰.....۳-۱۳-۴-۲- جذب آب و تعادل رطوبتی.....
- ۶۱.....۳-۱۳-۵- خواص صوتی بتن سبکدانه.....
- ۶۱.....۳-۱۳-۶- سایر خواص بتن سبک دانه.....
- ۶۱.....۳-۱۳-۶-۱- پایایی (دوام) بتن سبکدانه.....
- ۶۱.....۳-۱۳-۶-۲- کارایی بتن سبکدانه.....
- ۶۲.....۳-۱۴- دانه بندی سبکدانه ها.....
- ۶۲.....۳-۱۵- مواد افزودنی بتن.....
- ۶۳.....۳-۱۵-۱- دلایل مهم کاربرد افزودنی ها.....
- ۶۳.....۳-۱۵-۱-۱- تغییر و اصلاح خواص بتن و ملات دوغاب تازه.....
- ۶۳.....۳-۱۵-۱-۲- تغییر و اصلاح خواص بتن و ملات دوغاب سخت شده.....
- ۶۳.....۳-۱۵-۲- طبقه بندی افزودنی ها.....
- ۶۴.....۳-۱۵-۲-۱- مواد افزودنی معدنی.....
- ۶۴.....۳-۱۵-۲-۱-۱- افزودنی های معدنی خنثی (با فعالیت کم) و رنگدانه ها.....
- ۶۴.....۳-۱۵-۲-۱-۲- افزودنی های شبه سیمانی.....
- ۶۵.....۳-۱۵-۲-۱-۳- پوزولانها.....
- ۶۵.....۳-۱۵-۲-۲- مواد افزودنی شیمیایی.....
- ۶۵.....۳-۱۵-۳- انواع مواد افزودنی.....
- ۶۶.....۳-۱۵-۳-۱- افزودنی های حباب ساز (Air entraining as mixture).....
- ۶۶.....۳-۱۵-۳-۱-۱- مزایای مواد افزودنی حباب ساز.....
- ۶۷.....۳-۱۵-۳-۱-۲- معایب استفاده از مواد افزودنی حباب ساز.....
- ۶۷.....۳-۱۵-۳-۲- فوق روان کننده ها (Super Plasticizer).....
- ۶۸.....۳-۱۵-۳-۱-۲- مزایای استفاده از فوق روان کننده ها.....
- ۶۸.....۳-۱۵-۳-۳- فوق روان کننده سوپر سیلیکا.....

۶۸	..... پوزولانها ۳-۱۵-۳-۴
۶۹	..... مزایای استفاده از پوزولانها ۳-۱۵-۳-۴-۱
۶۹	..... معایب استفاده از پوزولانها ۳-۱۵-۳-۴-۲
۶۹	..... سیمان پوزولانی ۳-۱۵-۳-۵
۷۰	..... میکرو سیلیس ۳-۱۵-۳-۶
۷۱	..... دوده سیلیسی و ژل میکروسیلیس ۳-۱۵-۳-۷
۷۲	..... عمل آوری ۳-۱۶-۱۶
۷۲	..... سخت شدن و عمل آوری مرطوب ۳-۱۶-۱۶-۱
۷۳	..... زمان شروع عمل آوری ۳-۱۶-۱۶-۲
۷۴	..... مدت زمان لازم برای عمل آوری ۳-۱۶-۱۶-۳

..... فصل چهارم: مواد و روشها (materials and methods)

۷۴	..... ۴-۱- مقدمه
۷۴	..... ۴-۲- مواد مورد استفاده (Material)
۷۴	..... ۴-۲-۱- سیمان
۷۵	..... ۴-۲-۱-۱- سلامت سیمان
۷۶	..... ۴-۲-۲- پرلیت
۷۷	..... ۴-۲-۲-۱- درصد جذب آب پرلیت
۷۷	..... ۴-۲-۳- لیکا
۷۸	..... ۴-۲-۴- آب (Water)
۷۸	..... ۴-۲-۵- ماده افزودنی هوا زا (Air Entraining Admixture)
۷۸	..... ۴-۲-۶- ماده افزودنی میکروسیلیس
۷۹	..... ۴-۲-۷- ماده افزودنی فوق روان کننده (super Plasticizer)
۷۹	..... ۴-۲-۸- ماده افزودنی نانوسیلیس (Nano Silica)
۸۰	..... ۴-۲-۹- قالب ها
۸۰	..... ۴-۳- روش انجام آزمایشها (methods)
۸۲	..... ۴-۴- اختلاط و ساخت نمونه ها

فصل پنجم: نتایج آزمایشها و بحث و بررسی آنها.....

- ۱-۵- مقدمه..... ۸۴
- ۲-۵- نتایج آزمایشهای بتن خودتراکم و آزمایش مقاومت فشاری برای طرح اختلاط ها..... ۸۴
- ۱-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱ و ۲..... ۸۴
- ۲-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱ و ۲..... ۸۷
- ۳-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۳ و ۴..... ۸۸
- ۴-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۳ و ۴..... ۹۱
- ۵-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۵ و ۶..... ۹۱
- ۶-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۵ و ۶..... ۹۵
- ۷-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۷ و ۸..... ۹۵
- ۸-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۷ و ۸..... ۹۸
- ۹-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۹ و ۱۰..... ۹۸
- ۱۰-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۹ و ۱۰..... ۱۰۲
- ۱۱-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱۱ و ۱۲..... ۱۰۲
- ۱۲-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱۱ و ۱۲..... ۱۰۵
- ۱۳-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱۳ و ۱۴..... ۱۰۵
- ۱۴-۲-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱۳ و ۱۴..... ۱۰۹
- ۳-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از نمودارهای وزن مخصوص..... ۱۰۹
- ۴-۵- بحث و بررسی در مورد تشابه مقاومت های فشاری در نمونه های حاوی نانوسیلیس و میکروسیلیس..... ۱۱۱

فصل ششم: نتیجه گیری.....

- ۱-۶- مقدمه..... ۱۱۵
- ۲-۶- نتیجه گیری..... ۱۱۵
- ۳-۶- پیشنهادات و موضوعات تحقیقی..... ۱۱۶
- منابع.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲) مخروط ناقص مورد استفاده در آزمایش اسلامپ	۳۱
شکل (۲-۲) آزمایش جریان اسلامپ	۳۲
شکل (۳-۲) وسایل مورد نیاز در آزمایش رینگ J	۳۵
شکل (۴-۲) وسایل مورد نیاز در آزمایش جریان اسلامپ	۳۵
شکل (۵-۲) آزمایش رینگ J	۳۶
شکل (۶-۲) قیف V (V Funnel)	۳۷
شکل (۷-۲) آزمایش قیف V	۳۸
شکل (۸-۲) جعبه L شکل	۴۰
شکل (۹-۲) جعبه U شکل	۴۲
شکل (۱۰-۲) نمای جانبی جعبه U شکل	۴۳
شکل (۱-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۱ و ۲	۹۲
شکل (۲-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۳ و ۴	۹۷
شکل (۳-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۵ و ۶	۱۰۱
شکل (۴-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۷ و ۸	۱۰۵
شکل (۵-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۹ و ۱۰	۱۰۹
شکل (۶-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۱۱ و ۱۲	۱۱۳
شکل (۷-۵) مقاومت فشاری برای طرح اختلاط های ۱۳ و ۱۴	۱۱۷
شکل (۸-۵) وزن مخصوص نمونه های حاوی نانوسیلیس	۱۱۹
شکل (۹-۵) وزن مخصوص نمونه های حاوی میکروسیلیس	۱۱۹
شکل (۱۰-۵) مقاومت فشاری نمونه های حاوی لیکا با ۲/۵ درصد نانوسیلیس و ۵ درصد میکروسیلیس	۱۲۱
شکل (۱۱-۵) مقاومت فشاری نمونه های حاوی پرلیت با ۲/۵ درصد نانوسیلیس و ۵ درصد میکروسیلیس	۱۲۱
شکل (۱۲-۵) مقاومت فشاری نمونه های حاوی لیکا با ۵ درصد نانوسیلیس و ۱۰ درصد میکروسیلیس	۱۲۲

شکل (۵-۱۳) مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی پرلیت با ۵ درصد نانوسیلیس و ۱۰ درصد میکروسیلیس
۱۲۲.....

شکل (۵-۱۴) مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی لیکا با ۷/۵ درصد نانوسیلیس و ۱۵ درصد میکروسیلیس
۱۲۳.....

شکل (۵-۱۵) مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی پرلیت با ۷/۵ درصد نانوسیلیس و ۱۵ درصد میکروسیلیس
۱۲۳.....