



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

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

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 دانشکده: فنی و مهندسی
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 متراکم نمودن آن است. در مواردی مانند پایه پلها، ستونهای طبقات پایین ساختمان های بلند و ... عملا امکان و بیره 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>	

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
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 Kobe و Awagi – Shima ژاپن (طولانی ترین و بلندترین پل دنیا).....	۱۵

- ۱۵-۲-۲-۲ دیواره های مخازن عظیم LNG شرکت گاز Osaka در ژاپن.....
- ۱۶-۲-۲-۳ بازار بزرگ Midsummer Place واقع در لندن - انگلستان.....
- ۱۶-۲-۲-۴ آپارتمان مسکونی در Nanterre فرانسه.....
- ۱۶-۲-۲-۵ پروژه Bunkers Hill در شهر Calgary در کانادا.....
- ۱۶-۲-۲-۶ پروژه تونل غوطه ور در Kobe ژاپن.....
- ۱۶-۲-۲-۷ برج Landmark در ۲۱ Minato Mirai شهر یوکوهاما - ژاپن.....
- ۱۷-۲-۳-۳ اشارهای مختصر به چند پروژه اجرایی با SCC در ایران.....
- ۱۷-۲-۳-۱ پروژه توسعه حرم حضرت معصومه (س).....
- ۱۷-۲-۳-۲ پروژه تونل بزرگراه رسالت.....
- ۱۸-۲-۳-۳ پروژه متروی شیراز.....
- ۱۸-۲-۴-۴ تعریف بتن خود تراکم.....
- ۱۸-۲-۴-۱ تعریف P.Bartos.....
- ۱۸-۲-۴-۲ تعریف K.Azawa.....
- ۱۹-۲-۴-۳ H.Okamura.....
- ۱۹-۲-۵ معرفی بتن خود تراکم.....
- ۲۰-۲-۶-۶ مشخصات بتن خود تراکم.....
- ۲۰-۲-۶-۱ کارایی (Workability).....
- ۲۰-۲-۶-۲ مشخصات مکانیکی (Mechanical Characteristics).....
- ۲۰-۲-۶-۳ دوام (Durability).....
- ۲۱-۲-۷ کاربردهای ویژه بتن خود تراکم.....
- ۲۱-۲-۸ زمینه گسترش بتن خود تراکم در ایران.....
- ۲۱-۲-۹ تعاریف.....
- ۲۲-۲-۹-۱ خمیر سیمان.....
- ۲۲-۲-۹-۲ ملات.....
- ۲۲-۲-۹-۳ پودر (مواد ریز).....
- ۲۲-۲-۹-۴ چسب.....

- ۲۲-۱۰-۱-۱۰-۲ قابلیت جریان و عبور.....
- ۲۲-۱۱-۱۱-۲ قابلیت پر کنندگی.....
- ۲۳-۱۲-۱۲-۲ قابلیت پایداری.....
- ۲۳-۱۳-۱۳-۲ افزودنیهای شیمیایی.....
- ۲۳-۱۴-۱۴-۲ مواد مضاف معدنی.....
- ۲۳-۱-۱۴-۲ پودر سنگ دولومیت.....
- ۲۳-۲-۱۴-۲ خاکستر بادی.....
- ۲۴-۳-۱۴-۲ دوده سیلیس.....
- ۲۴-۴-۱۴-۲ رنگدانه.....
- ۲۴-۵-۱۴-۲ الیاف.....
- ۲۴-۱۵-۱۵-۲ مواد مورد نیاز برای ساخت SCC.....
- ۲۴-۱-۱۵-۲ سیمان.....
- ۲۵-۲-۱۵-۲ سنگدانه درشت.....
- ۲۵-۳-۱۵-۲ سنگدانه ریز.....
- ۲۵-۴-۱۵-۲ مواد افزودنی معدنی.....
- ۲۵-۵-۱۵-۲ فوق کاهنده آب.....
- ۲۵-۶-۱۵-۲ مواد اصلاح کننده ویسکوزیته.....
- ۲۶-۱۶-۱۶-۲ روش های طرح اختلاط.....
- ۲۶-۱-۱۶-۲ روش مستدل طرح اختلاط.....
- ۲۶-۲-۱۶-۲ روش مخلوط در مرجع EFNARC.....
- ۲۶-۱۷-۱۷-۲ روشهای آزمایش ویژگیهای بتن خود تراکم تازه و تفسیر نتایج بدست آمده.....
- ۲۸-۱-۱۷-۲-۱ آزمایش جریان اسلامپ و زمان جریان اسلامپ تا ۵۰ سانتیمتر.....
- ۲۸-۱-۱۷-۱-۱ وسایل مورد نیاز.....
- ۳۰-۲-۱۷-۱-۲ مراحل انجام آزمایش.....
- ۳۰-۲-۱۷-۱-۳ تفسیر نتایج.....
- ۳۱-۲-۱۷-۲-۲ آزمایش حلقه J شکل.....

۳۱	..... ۲-۱۷-۲-۱- وسایل مورد نیاز.
۳۳	..... ۲-۱۷-۲-۲- مراحل انجام آزمایش
۳۳	..... ۲-۱۷-۲-۳- تفسیر نتایج
۳۴	..... ۳-۱۷-۲- 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	..... ۴-۱۷-۲- 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	..... ۵-۱۷-۲- 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	..... ۱-۳- مقدمه
۴۳	..... ۲-۳- سبکدانه های طبیعی
۴۴	..... ۳-۳- سبکدانه های مصنوعی
۴۵	..... ۴-۳- خواص سبکدانه ها
۴۶	..... ۵-۳- تخلخل و جذب آب
۴۶	..... ۶-۳- وزن مخصوص ظاهری (چگالی انبوهی یا دانسیته ظاهری).
۴۷	..... ۷-۳- دانه بندی سبکدانه ها.
۴۷	..... ۸-۳- چگالی فضایی سبکدانه ها.
۴۸	..... ۹-۳- مقاومت مصالح سنگی سبک وزن

- ۳-۱۰-۱- انواع سبکدانه ها..... ۴۸
- ۳-۱۰-۱-۱- پوکه سنگ معدنی (Pumice)..... ۴۸
- 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
- ۳-۱۲-۳- 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
- ۳-۱۳-۲-۱- مقاومت فشاری بتن سبکدانه..... ۵۸
- ۳-۱۳-۲-۲- ضریب انبساط حرارتی..... ۵۹



- ۵۹..... ۳-۱۳-۳- تغییر شکل بتن سبکدانه
- ۵۹..... ۳-۱۳-۳-۱- خزش بتن سبکدانه
- ۶۰..... ۳-۱۳-۳-۲- 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 asmixture)
- 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	..... مزایای استفاده از فوق روان کننده ها	۳-۱۵-۳-۲-۱
۶۸	..... فوق روان کننده سوپر سیلیکا	۳-۱۵-۳-۳
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	۱۶-۳
۷۲	..... سخت شدن و عمل آوری مرطوب	۱-۱۶-۳
۷۳	..... زمان شروع عمل آوری	۲-۱۶-۳
۷۴	..... مدت زمان لازم برای عمل آوری	۳-۱۶-۳
<b>فصل چهارم: مواد و روشها (materials and methods)</b>		
۷۴	..... مقدمه	۱-۴
۷۴	..... مواد مورد استفاده (Material)	۲-۴
۷۴	..... سیمان	۱-۲-۴
۷۵	..... سلامت سیمان	۱-۲-۴-۱-۱
۷۶	..... پرلیت	۲-۲-۴
۷۷	..... درصد جذب آب پرلیت	۱-۲-۲-۴
۷۷	..... لیکا	۳-۲-۴
۷۸	..... آب (Water)	۴-۲-۴
۷۸	..... ماده افزودنی هوا زا (Air Entraining Admixture)	۵-۲-۴
۷۸	..... ماده افزودنی میکروسیلیس	۶-۲-۴
۷۹	..... ماده افزودنی فوق روان کننده (super Plasticizer)	۷-۲-۴
۷۹	..... ماده افزودنی نانوسیلیس (Nano Silica)	۸-۲-۴

۸۰	۴-۲-۹- قالب ها
۸۰	۴-۳- روش انجام آزمایشها (methods)
۸۲	۴-۴- اختلاط و ساخت نمونه ها
	<b>فصل پنجم: نتایج آزمایشها و بحث و بررسی آنها</b>
۸۴	۵-۱- مقدمه
۸۴	۵-۲- نتایج آزمایشهای بتن خودتراکم و آزمایش مقاومت فشاری برای طرح اختلاط ها
۸۴	۵-۲-۱- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱ و ۲
۸۷	۵-۲-۲- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱ و ۲
۸۸	۵-۲-۳- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۳ و ۴
۹۱	۵-۲-۴- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۳ و ۴
۹۱	۵-۲-۵- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۵ و ۶
۹۵	۵-۲-۶- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۵ و ۶
۹۵	۵-۲-۷- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۷ و ۸
۹۸	۵-۲-۸- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۷ و ۸
۹۸	۵-۲-۹- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۹ و ۱۰
۱۰۲	۵-۲-۱۰- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۹ و ۱۰
۱۰۲	۵-۲-۱۱- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱۱ و ۱۲
۱۰۵	۵-۲-۱۲- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱۱ و ۱۲
۱۰۵	۵-۲-۱۳- نتایج آزمایشها برای طرح اختلاطهای ۱۳ و ۱۴
۱۰۹	۵-۲-۱۴- بحث و بررسی نتایج حاصل از آزمایشهای طرح اختلاطهای ۱۳ و ۱۴
۱۰۹	۳-۵- بحث و بررسی نتایج حاصل از نمودارهای وزن مخصوص
	۴-۵- بحث و بررسی در مورد تشابه مقاومت های فشاری در نمونه های حاوی نانوسیلیس و میکروسیلیس
۱۱۱	
	<b>فصل ششم: نتیجه گیری</b>
۱۱۵	۶-۱- مقدمه

۶-۲- نتیجه گیری..... ۱۱۵

۶-۳- پیشنهادات و موضوعات تحقیقی..... ۱۱۶

منابع.....

## فصل اول

### مقدمه و پیشینه تحقیق

#### ۱-۱- مقدمه:

بتن مصالح ساختمانی است که از اختلاط ماسه، شن، آب و سیمان بوجود می آید و به علت وجود دانه های غیر هم اندازه و غیر هم شکل دارای خواص متفاوت در جهات مختلف است و نمی توان آن را مانند فولاد همگن و همسان در نظر گرفت. بتن دارای خاصیت ارتجاعی نمی باشد یعنی رابطه بین نیرو و تغییر شکل در آن خطی نمی باشد، ولی با توجه به آئین نامه های موجود، بخصوص آئین نامه آمریکا (ACI)، می توان برای بتن نیز یک حد ارتجاعی در نظر گرفت که  $0/45$  مقاومت نهایی بتن می باشد، در این محدوده رابطه بین نیرو و تغییر شکل را خطی فرض می کنند و قوانین ارتجاعی در مورد آن بکار می رود.

از مهمترین خواص بتن دارا بودن مقاومت های متفاوت در برابر کشش و فشار می باشد. مقاومت کششی بتن در مقابل مقاومت فشاری آن بسیار پایین بوده، بطوریکه در محاسبات و اجرای سازه ها، به هیچ وجه بتن را در نقش عضو کششی بکار نمی برند. بتن دارای مقاومت فشاری خوبی می باشد و بنا به ترکیبات موجود در آن مقاومت بتن های معمولی بین  $100 (kg/m^3)$  تا  $400 (kg/m^3)$  تغییر می کند [۳]. یکی

از خواص بسیار مهم بتن که موجب برتری استفاده آن نسبت به فولاد شده است انعطاف پذیری و تغییر شکل پذیری و دارا بودن حالت خمیری در حین مصرف می باشد، چرا که می تواند برخی از لحاظ حجمی تغییر شکل داده و به شکل قالب مربوط درآید و پس از گیرش، سفت و سخت شود. سازه های بتنی در برابر آتش سوزی مقاومت خوبی دارند و حتی تا ۲۴ ساعت دوام می آورند (بدیهی است در ظرف مدت مذکور حتی بزرگترین آتش سوزی ها را می توان مهار کرد) در حالیکه سازه های فولادی زمان بسیار کوتاهتری در برابر آتش سوزی مقاومت می کنند.

نقطه جالب توجه این است که دو مصالح ساختمانی عرضه شده، یعنی بتن و فولاد، با هم سازگاری بسیار خوبی داشته و در سازه ها، ترکیب این دو نتایج بهتری را می دهد. [۳].

## ۱-۲- مواد تشکیل دهنده بتن

۱- سیمان: حدود ۷ تا ۱۵ درصد حجم بتن را تشکیل می دهد.

۲- آب: ۱۴ تا ۲۱ درصد از حجم بتن را تشکیل می دهد.

۳- دانه های سنگی: حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می دهد.

۴- هوا:

الف) در بتن بدون حباب هوا، میزان حجم هوای موجود بین ۵، ۰ تا ۳۰ درصد است.

ب) در بتن با حباب هوا، میزان حجم هوای موجود بین ۴ الی ۸ درصد است.

۵- مواد مضاف: مواد مضاف مواد شیمیایی هستند که به میزان جزئی و به صورت درصدی

از وزن سیمان به مخلوط اضافه می شوند تا خواص مطلوب مورد نظر را در بتن ایجاد کنند.

در حالت کلی بتن عمدتاً از دو قسمت تشکیل شده است:

۱- مصالح سنگی: حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد حجم بتن از مصالح سنگی تشکیل می شود.

۲- خمیر سیمان: حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد حجم بتن با خمیر سیمان پر می شود.

### ۱-۲-۱- میزان آب در خمیر سیمان

میزان آب در بتن معمولاً با نسبت وزنی آب به سیمان ( $\frac{W}{C}$ ) نشان داده می شود که  $W$  معرف وزن آب و  $C$  معرف وزن سیمان است. به صورت یک اصل باید حتی المقدور، نسبت  $\frac{W}{C}$  کم انتخاب شود. قسمتی از آب که در ساخت بتن مصرف می شود (حدود ۲۵ درصد وزنی سیمان)، جذب ذرات سیمان شده و در واکنش شیمیایی (هیدراسیون) به کار گرفته می شود. اما عملاً ساخت بتنی با  $0.25 \leq \frac{W}{C}$  امکان پذیر نیست، زیرا چنین بتنی به اندازه ای سفت است که کار کردن با آن میسر نیست به همین جهت باید  $\frac{W}{C}$  را تا آنجا افزایش داد که به سهولت بتوان با بتن کار کرد. لذا  $\frac{W}{C}$  را تا ۰.۴، ۰.۶، افزایش می دهند. اما باز هم در همین محدوده هرچه  $\frac{W}{C}$  کمتر در نظر گرفته شود، بهتر خواهد بود، زیرا مازاد آب که در واکنش شیمیایی شرکت نمی کند، جا اشغال کرده و نهایتاً در بتن محبوس می شود و یا تبخیر شده و فضای خالی ایجاد می کند، یعنی در هر حال از حجم مفید بتن می کاهد.

### ۳-۱- بتن تازه

بتن تازه بتنی است که تازه ساخته شده و دارای خاصیت روانی یا پلاستیسیته است. مهمترین مساله در بتن تازه میزان کارایی آن است، که کارایی به درجه سهولت ریختن و کار کردن با بتن اطلاق می شود.

### ۴-۱- آزمایش و شرایط نگهداری

افزایش مقاومت بتن ساخته شده با مصالح و نسبت های داده شده، تحت شرایط مناسب و مطلوب، ماهها ادامه می یابد. لیکن در اکثر استانداردها مقاومت ۲۸ روزه مشخص می گردد. افزایش مقاومت بتن ساخته شده با انواع مختلف سیمان، بستگی به درجه حرارت و رطوبت در مدت عمل آوری دارد. درجه حرارت بالا سبب تسریع فعل و انفعال شیمیایی سیمان و آب شده و در نتیجه باعث افزایش سریعتر مقاومت می گردد. برای انجام آزمایش مقاومت بتن، نمونه ها معمولاً در آب و در درجه حرارت معینی بر طبق مشخصات BS 1881 قسمت سوم نگهداری می شوند.

### ۵-۱- مراقبت از بتن (عمل آوری)

پس از ریختن بتن، با گذشت زمان، بتن تازه به بتن سخت شده تبدیل می شود. از زمان ریختن بتن تا مرحله سخت شدن آن، باید از بتن نگهداری و مراقبت نمود. در مراقبت از بتن باید به دو مسأله‌ی رطوبت کافی و درجه حرارت مناسب توجه کرد. برای عمل آوری بتن، به رطوبتی حداقل معادل ۸۰٪ نیاز است و اگر این رطوبت در حد ۱۰۰٪ باشد، مناسب خواهد بود. بهترین درجه حرارت برای نگهداری بتن در حدود ۱۳ درجه سانتی گراد است. حداقل زمانی که برای بتن عادی جهت مراقبت پیشنهاد شده ۷ روز است، یعنی در طول مدت زمان ۷ شبانه روز باید بتن در دمای مناسب و رطوبت حداقل ۸۰٪ نگهداری شود.

#### ۶-۱- طبقه بندی بتن بر مبنای وزن مخصوص

از نظر وزن مخصوص بتن را به صورت زیر می توان تقسیم بندی کرد:

۱- بتن سبک وزن

۲- بتن میان وزن

۳- بتن سنگین وزن

وزن فضایی بتن بستگی به روش ساخت و وزن فضایی سنگدانه آن دارد. بتن را در سه وزن می سازند:

- بتن سبک وزن با وزن فضایی  $300 \text{ kg/m}^3$  تا  $1600$ ، برای گرمابندی و جا پر کردن و بارگذاری کم.
- بتن میان وزن، با وزن فضایی  $1800 \text{ kg/m}^3$  تا  $2800$  برای بارگذاری استاندارد
- بتن سنگین وزن، برای ساختمانهای ویژه با وزن فضایی  $3000 \text{ kg/m}^3$  تا  $5000$  [۵]. با توجه به اینکه موضوع حاضر در رابطه با بتن سبک وزن است، در ادامه از بین انواع بتن های ذکر شده، به بررسی بتن های سبک پرداخته می شود.

#### ۷-۱- طبقه بندی بتن سبک بر مبنای ساختار آن

روشهای گوناگونی برای سبک کردن بتن و تولید بتن سبک به کار گرفته شده است که می توان عمومی ترین آنها را به سه دسته تقسیم کرد:

الف) دسته اول بتن هایی هستند که در حین ساخت آن ها با ایجاد کف یا حباب گاز، حباب ها و منافذی در خمیر سیمان یا در ملات سیمان- سنگدانه ایجاد می گردد که اصطلاحاً «بتن اسفنجی» یا « بتن متخلخل» یا « بتن منفذدار» نامیده می شود. این منافذ باید به وضوح از منافذ بسیار ریز بتن با حباب هوا

تمیز داده شوند. حباب های مورد نظر یا از طریق مواد کف زا در حین اختلاط تولید شده و یا به صورت کف آماده به مخلوط اضافه شود و یا با افزودن مواد واکنش زایی مانند پودر آلومینیوم به بتن تازه تولید می شود. واکنش این مواد باعث ایجاد گاز در بتن و در نتیجه سبک شدن ماتریس سیمان آن می شود [۵].

ب) دسته دوم بتن هایی هستند که با حذف ریزدانه (ماسه) از ساختار آنها ساخته می شوند بطوریکه منافذ متعددی بین ذرات بوجود می آید و دانه های درشت با خمیر سیمان به یکدیگر می چسبند، که اصطلاحاً «بتن بدون ریزدانه» یا «بتن با ساختار باز» نامیده می شود. در ساخت این نوع بتن هم از سنگدانه های طبیعی و هم از سبکدانه می توان استفاده کرد. این بتن ها برای مصارفی چون زهکش و یا پرکننده های سبک بکار می روند. وزن مخصوص این بتن ها عمدتاً در محدوده  $(700 \text{ kg/m}^3)$  تا  $(1500 \text{ kg/m}^3)$  قرار می گیرد [۴].

پ) دسته سوم بتن هایی هستند که با استفاده از مصالح متخلخل سبک با وزن مخصوص ظاهری کم، بجای سنگدانه های معمولی ساخته می شوند و در واقع سبک کردن از طریق استفاده از سنگدانه های سبک صورت می گیرد که اصطلاحاً «بتن سبکدانه» نامیده می شوند. بتن های سبکدانه معمولاً بر اساس نوع سبکدانه به کار رفته شناخته می شوند، مانند «بتن سبک پرلیتی» که سبکدانه مورد استفاده در آن دانه های پرلیت «Perlite» است، و یا «بتن سبک لیکا» که سبکدانه استفاده شده در آن دانه های سبک منبسط شده رس «Light Expanded Clay Aggregate» هستند که اصطلاحاً لیکا «LECA» نامیده می شوند.

#### ۸-۱- طبقه بندی بتن های سبک بر مبنای مقاومت

علاوه بر طبقه بندی بتن سبک از نظر ساختار، این بتن ها بر مبنای کاربری و مقاومت در سه دسته طبقه بندی می شوند که عبارتند از:

الف) بتن سبک غیر سازه ای یا بتن سبک عایق بندی (Insulating Light Weight Concrete)

ب) بتن سبک نیمه سازه ای یا بتن سبک با مقاومت متوسط

پ) بتن سبک سازه ای (ساختمانی) (Structural Light Weight Concrete)

بین بتن های سبک باربر ساختمانی، بتن مصرفی در دیوارهای غیر باربر، بتن عایق حرارتی و غیره تمایز وجود دارد. در گذشته «بتن سبک بار ساختمانی» به تنهایی به بتن هایی اطلاق می شد که دارای بافت ریز و مصالح سبک وزن بودند، ولیکن از آنجائیکه امروزه همیشه این موارد صحت ندارد ترجیحاً طبقه بندی



بتن سبک باربر طبق حداقل مقاومت فشاری انجام می گیرد. برای مثال طبق استاندارد ASTM C330-77 چنین در نظر گرفته شده است که بتن سبک باید دارای مقاومت فشاری (بر مبنای نمونه های استوانه ای استاندارد آزمایش شده پس از ۲۸ روز) کمتر از ۱۷ MPa نباشد. وزن مخصوص چنین بتنی در حالت خشک نباید از  $1850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  تجاوز نماید که معمولاً بین  $1400 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  و  $1800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  است. بتن مخصوص عایقکاری معمولاً دارای وزن مخصوصی کمتر از  $800 \text{ kg/m}^3$  و مقاومتی بین ۰،۷ و ۷ MPa می باشد.

#### ۱-۸-۱- بتن سبک غیر سازه ای یا عایق بندی (Insulating Light Weight Concrete)

بتن های سبک با مقاومت کمتر از ۷ مگا پاسگال در رده بتن های سبک غیر سازه ای طبقه بندی می شوند این نوع بتن می تواند در ترکیب با موارد دیگر در دیوار، کف و سیستم های مختلف سقف مورد استفاده قرار گیرد. اضافه کردن ریزدانه هایی با وزن معمولی، موجب افزایش وزن بتن و مقاومت آن می شود، لیکن به منظور حصول خواص عایق بندی حرارتی (ضریب انتقال حرارت کم)، حداکثر وزن مخصوص به  $800$  کیلوگرم در متر مکعب محدود می گردد [۵].

#### ۱-۸-۲- بتن سبک سازه ای (Structural Light Weight Concrete)

آیین نامه های موجود در زمینه تولید بتن سبک تعاریف مختلفی در رابطه با بتن سبک سازه ای ارائه داده اند و بهترین تعریفی که اکثر آنها را پوشش بدهد به قرار ذیل می باشد:

به بتن سبک، سازه ای گفته می شود که دارای وزن مخصوص بین  $1440 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  تا  $1840 \text{ (kg/m}^3\text{)}$  و مقاومت فشاری بالای ۱۷ MPa و یا  $2500 \text{ Psi}$  باشد، و از آنجایی که هر چقدر بتن سبکتر گردد شکل پذیری آن نیز کاهش می یابد، برای بتن سبک سازه ای مقدار حداقل وزن مخصوص در نظر گرفته می شود.

اکثر بتن های سبک سازه ای از خانواده بتن های سبکدانه می باشند که در آن برای کاهش وزن مخصوص بتن از سنگدانه های سبک استفاده شده است. به این دلیل بعضاً از عبارات بتن سبکدانه و بتن سبک سازه ای برای بیان یک مفهوم استفاده می شود. سنگدانه هایی که این شرایط را عموماً برآورده می کنند و طبق استاندارد ASTM C330 برای ساخت بتن سبک سازه ای مورد استفاده قرار می گیرند.

### ۳-۸-۱- بتن سبک نیمه سازه ای

کاربرد این بتن معمولاً در بلوک های مجوف بتن، کف سازیها و موارد مشابه است. بتن های سبک موجود در این طبقه عمدتاً از نوع بتن های سبک دانه و بتن های با ساختار باز می باشند. به عبارت دیگر برای کاهش چگالی بتن، یا ریزدانه از مخلوط بتن حذف می شود و یا از سنگدانه های سبک طبیعی یا مصنوعی برای سبک سازی مخلوط استفاده می گردد. مقاومت فشاری این نوع بتن از ۷ تا ۱۷ مگاپاسگال تغییر می کند. کاربرد مواد افزودنی نظیر تسریع کننده ها و روان کننده ها می تواند در تغییر مقاومت بتن های ساخته شده با سنگدانه های تولید شده از روش های مذکور موثر باشد [۵].

### ۹-۱- مزایای کاربرد بتن سبک

در کارهای ساختمانی بتنی، وزن خود بتن قسمت عمده ای از کل بار وارده بر سازه را تشکیل می دهد و لذا مسلماً امتیازات قابل توجهی در کاهش وزن آن وجود خواهد داشت. امروزه اکثر ساختمانها در شهرها دارای اسکلت فلزی یا بتنی هستند به عبارت دیگر در این ساختمانها، دیوار باربر که وزن سقف اعم از بار مرده و زنده را تحمل کند وجود ندارد. این امر باعث می شود که از دیوارهای جدا کننده انتظار تحمل مقاومت فشاری بالا را نداشته باشیم. در واقع اگر این دیوارها فقط وزن خود را تحمل کنند و اگر مقاومت فشاری حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع را داشته باشند کافی است. اگر یک سازه تحت اثر شتاب زمین  $A$ ، (شتاب حرکت زلزله) قرار گیرد، و جرم سازه برابر با  $m$  باشد نیروی وارد بر آن طبق قانون نیوتن برابر  $F=m.A$  است. پس کاهش وزن ساختمان و به تبع آن کاهش بار مرده بطور مستقیم باعث کاهش نیروهای لرزه ای وارد بر سازه می گردد.



**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)



**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**

<b>Surname:</b> mousavi souha	<b>Name:</b> seyed sajad	
<b>Title of thesis:</b> The Effect of Nano-silica and Micro-silica Admixtures on the Rheology and Mechanical Properties of Self-Compacting Lightweight Concretes		
<b>Supervisor:</b> Dr. yaghoub mohamadi		
<b>Advisor:</b> Dr. seyed hosein ghasemzadeh mousavi nezhad		
<b>Graduate Degree:</b> Master of Engineering	<b>Major:</b> Civil	<b>Specialty:</b> Structure
<b>University of mohaghegh Ardabili</b>	<b>Faculty:</b> Engineering	
<b>Graduation date:</b> 2010 - September	<b>Number of Pages:</b> ۱۵۱	
<b>Keyword:</b> Self-compacting concrete, Leca, Perlite, Compressive strength, lightweight concrete, Nano silica, Microsilica, Super plasticizer, Air Entraining Admixture		
<p><b>Abstract:</b> 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 superplasticizier 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>		