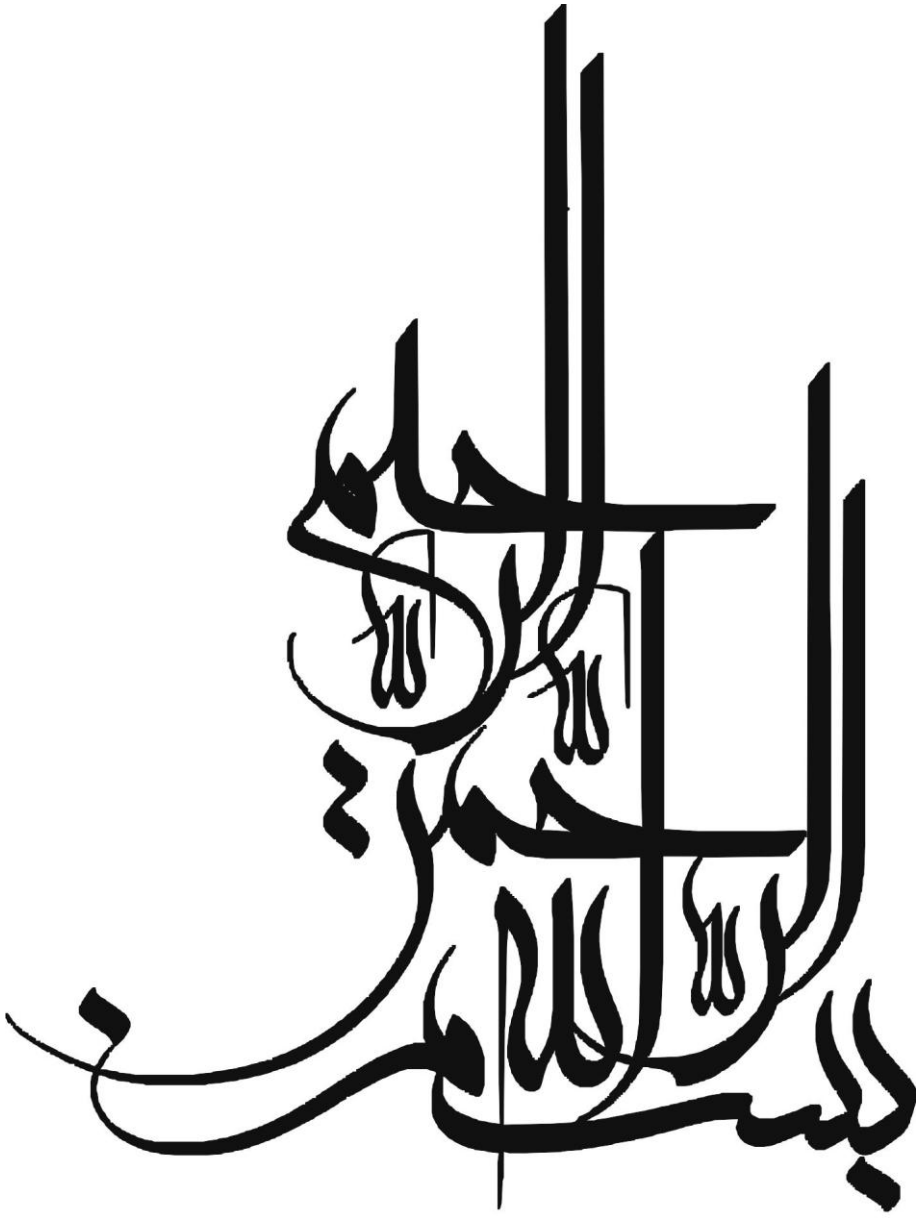
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خصوصیات مکانیکی بتن سبک حاوی لیکا، پرلیت و الیاف‌فلزی

استاد راهنما:

دکتر یعقوب محمدی

استاد مشاور:

مهندس ناصرالدین شاهبازی

پژوهشگر:

محسن داداشی

پاییز ۱۳۹۳

تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب محسن داداشی دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی عمران گرایش سازه دانشکده‌ی فنی‌ومهندسی دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۱۴۴۴۰۳۱۰۶ که در تاریخ ۱۳۹۳/۹/۲۴ از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان: بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خصوصیات مکانیکی بتن سبک حاوی لیکا، پرلیت و الیاف‌فلزی، دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام ونام خانوادگی دانشجو: محسن داداشی
امضا:
تاریخ: ۱۳۹۳/۱۰/۲

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش مهندسی سازه

عنوان:

بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خصوصیات مکانیکی بتن سبک حاوی لیکا، پرلیت و الیاف‌فلزی

پژوهشگر:

محسن داداشی

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی بسیار خوب

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
دکتر یعقوب محمدی	استادیار	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	
مهندس ناصرالدین شاهبازی	مربی	استاد مشاور	
دکتر امین قلی‌زاد	استادیار	داور	

آذر – ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی، همواره یاوری دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

سپاسگزاری:

مراتب تشکر خالصانه‌ی خود را تقدیم می‌دارم به جناب آقای دکتر یعقوب محمدی و جناب آقای مهندس ناصرالدین شاهبازی که همواره راهنمایی‌های این دو بزرگوار، چه در دوران تحصیل و چه در طی مسیر انجام پایان نامه، روشنایی بخش راه بنده بودند.

نام خانوادگی دانشجو: داداشی نام: محسن

عنوان پایان‌نامه: بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خصوصیات مکانیکی بتن سبک حاوی لیکا، پرلیت و الیاف‌فلزی

استاد راهنما: دکتر یعقوب محمدی

استاد مشاور: مهندس ناصرالدین شاهبازی

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: مهندسی عمران

گرایش: مهندسی سازه دانشگاه: **محقق اردبیلی**

دانشکده: فنی و مهندسی تاریخ دفاع: ۱۳۹۳/۹/۲۴ تعداد صفحات:۱۲۳

چکیده:

در این تحقیق برای رسیدن به درصد اختلاط بهینه‌ی ترکیب سبکدانه‌های لیکا و پرلیت با یکدیگر و بررسی تاثیر نانوسیلیس و الیاف فولادی بر روی مقاومت نمونه‌ها، مجموعا ۱۸ نوع طرح اختلاط ساخته شده و مورد آزمایش‌های مقاومت فشاری و کششی و اولتراسونیک قرار گرفت. به طور کلی، نتایج نشانگر این است که هرچقدر درصد حجمی سبکدانه‌ی لیکا نسبت به پرلیت بیشتر می‌شود وزن‌مخصوص بتن بیشتر شده و مقاومت‌های کششی و فشاری آن افزایش می‌یابد. بطوری که در طرحی که حاوی ۶۵٪ لیکا است، بتن ساخته شده هم از نظر وزن مخصوص در رده‌ی بتن سبک سازه‌ای قرار داشته و هم نسبت به طرح‌های دیگر دارای مقاومت بیشتری می‌باشد. در طرح‌هایی که حاوی ۵۰٪ و ۶۵٪ لیکا هستند، با افزودن نانوسیلیس، بر مقاومت فشاری و کششی افزوده می‌شود ولی در طرحی که حاوی ۳۵٪ لیکا می‌باشد، با افزودن نانوسیلیس با کمبود آب مواجه شده و نمونه متخلخل‌تر از طرح‌های دیگر گشته و مقاومت آن نسبت به طرح‌های دیگر کمتر می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که با افزایش الیاف فولادی از ۰تا ۰/۴٪ نمودار افزایش مقاومت‌های کششی و فشاری با شیب تندی همراه بوده ولی با رساندن الیاف فولادی از ۰/۴به ۰/۸٪ شیب این نمودار کمی ملایم‌تر می‌شود و نقطه اوج آن در ۰/۸٪ الیاف فولادی می‌باشد. این افزایش مقاومت با افزودن الیاف فولادی در مقاومت کششی نمونه‌ها تاثیری بیشتری نسبت به افزایش در مقاومت فشاری دارد. نتایج آزمایش اولتراسونیک در حالت کلی مشابه مقاومت فشاری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: الیاف فولادی، بتن سبک، پرلیت، خواص مکانیکی، لیکا، نانوسیلیس

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲-مواد تشکیل دهنده‌ی بتن..... ۲

۱-۳-محاسن بتن ۳

۱-۴-طبقه‌بندی بتن بر مبنای وزن‌مخصوص..... ۳

۱-۴-۱-بتن معمولی..... ۴

۱-۴-۱-۱-معایب بتن معمولی ۴

۱-۴-۲-بتن سنگین..... ۴

۱-۴-۳-بتن سبک..... ۵

۱-۵-سبک سازی ساختمان با بتن سبک..... ۶

۱-۶-مزایای بتن‌سبک..... ۷

۱-۷-انواع بتن‌سبک برمبنای نوع تولید..... ۸

۱-۷-۱-بتن اسفنجی..... ۸

۱-۷-۲-بتن بدون‌ریزدانه..... ۸

۱-۷-۳-بتن سبکدانه..... ۹

۱-۸-طبقه بندی بتن سبک بر اساس مقاومت..... ۹

۱-۸-۱-بتن‌های سبک‌سازه‌ای..... ۹

۱-۸-۲-بتن سبک غیرسازه‌ای..... ۱۰

۱-۸-۳-بتن‌های سبک نیمه‌سازه‌ای..... ۱۰

۱-۹-هدف و ضرورت تحقیق..... ۱۱
۱-۱۰-پیشینه‌ی تحقیق..... ۱۳

فصل دوم: بتن الیافی، سبکدانه‌ها و نانوسیلیس

۲-۱-بتن الیافی..... ۱۷
۲-۱-۱-معرفی بتن الیافی..... ۱۷
۲-۱-۲-استفاده و کاربرد بتن الیافی در ایران..... ۱۸
۲-۱-۳-مزایای بتن الیافی..... ۱۹
۲-۱-۴-انواع الیاف..... ۲۰
۲-۱-۴-۱-الیاف‌فولادی..... ۲۱
۲-۱-۴-۱-۱-مزایای الیاف فولادی نسبت به سایر الیاف‌ها..... ۲۱
۲-۱-۴-۱-۲-نحوه‌ی ساخت الیاف فولادی..... ۲۱
۲-۱-۴-۱-۳-انواع الیاف فولادی..... ۲۲
۲-۱-۴-۲-تاریخچه‌ی الیاف..... ۲۲
۲-۱-۵-مکانیزم تقویت ۲۳
۲-۱-۶-گیرداری الیاف با جسم بتن..... ۲۳
۲-۱-۷-طاقت بتن‌الیافی..... ۲۵
۲-۱-۸-اضافه کردن الیاف به بتن..... ۲۶
۲-۱-۸-۱-درصد حجمی الیاف..... ۲۶
۲-۱-۸-۲-اندازه دانه‌بندی و مقدار مصالح سنگی درشت‌دانه..... ۲۶
۲-۱-۸-۳-نسبت آب به سیمان..... ۲۷
۲-۱-۸-۴-روش اختلاط..... ۲۷
۲-۱-۹- خواص بتن مسلح به الیاف فولادی..... ۲۸

۲-۱-۹- ۱-مقاومت استاتیکی ۲۸
۲-۱-۹- ۲-مقاومت خمشی..... ۲۸
۲-۱-۹- ۳-مقاومت برشی..... ۲۸
۲-۱-۹- ۴-مقاومت ترک خوردگی..... ۲۹
۲-۱-۹- ۵-پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی ۲۹
۲-۱-۹- ۶-قابلیت هدایت حرارتی..... ۲۹
۲-۱-۹- ۷-مقاومت ساییدگی..... ۲۹
۲-۱-۱۰-کاربردهای بتن الیافی..... ۳۰
۲-۱-۱۰-۱-بتن‌های پاششی..... ۳۰
۲-۱-۱۰-۲-بتن پیش‌ساخته..... ۳۱
۲-۱-۱۰-۳-لوله‌های بتنی..... ۳۱
۲-۱-۱۰-۴-کف سالن‌های صنعتی..... ۳۲
۲-۱-۱۰-۵-باند فرودگاه..... ۳۲
۲-۱-۱۰-۶-پل‌ها..... ۳۲
۲-۱-۱۰-۷-جداره‌های نسوز..... ۳۳
۲-۱-۱۱-توجیه اقتصادی بتن الیافی..... ۳۳
۲-۲-سبکدانه‌ها..... ۳۴
۲-۲-۱-تعریف سبکدانه‌ها..... ۳۴
۲-۲-۲-انواع سبکدانه‌ها..... ۳۴
۲-۲-۲-۱-سبکدانه‌ی طبیعی..... ۳۵
۲-۲-۲-۲-سبکدانه‌های مصنوعی..... ۳۵
۲-۲-۳-خواص سبکدانه‌ها..... ۳۶
۲-۲-۳-۱-تخلخل و جذب آب..... ۳۷

۲-۲-۳-۲-وزن مخصوص ظاهری (چگالی انبوهی یا دانسیته ظاهری)..... ۳۷
۲-۲-۳-۳-دانه‌بندی سبکدانه‌ها..... ۳۸
۲-۲-۳-۴-چگالی فضایی سبکدانه‌ها..... ۳۸
۲-۲-۳-۵-مقاومت مصالح سنگی سبک وزن..... ۳۹
۲-۲-۴-انواع سبکدانه‌های طبیعی و مصنوعی..... ۳۹
۲-۲-۴-۱-خاکستر آتشفشانی..... ۳۹
۲-۲-۴-۲-سنگ پا یا اسکوریا..... ۳۹
۲-۲-۴-۳-پوکه معدنی..... ۳۹
۲-۲-۴-۴-پوکه‌ی آهنگدازی..... ۴۰
۲-۲-۴-۵-خاکستر بادی..... ۴۰
۲-۲-۴-۶-جوش‌های صنعتی..... ۴۰
۲-۲-۴-۷-ورمیکولیت..... ۴۰
۲-۲-۴-۸-لیکا..... ۴۱
۲-۲-۴-۸-۱-لیکای ایران..... ۴۱
۲-۲-۴-۸-۲-ویژگی‌های عمومی لیکا ۴۲
۲-۲-۴-۸-۳-ویژگی‌های شیمیایی..... ۴۲
۲-۲-۴-۸-۴-دانه‌بندی..... ۴۲
۲-۲-۴-۸-۵- وزن فضایی و چگالی ۴۳
۲-۲-۴-۸-۶-جذب آب..... ۴۳
۲-۲-۴-۸-۷-مقاومت‌های مکانیکی..... ۴۴
۲-۲-۴-۸-۸-رسانایی حرارتی ۴۴
۲-۲-۴-۸-۹-عایق صوتی..... ۴۴
۲-۲-۴-۸-۱۰-مقاومت در برابر آتش..... ۴۵

۲-۲-۴-۸-۱۱- آب‌بندی ۴۵
۲-۲-۴-۹-پرلیت..... ۴۵
۲-۲-۴-۹-۱-استخراج پرلیت و آماده‌سازی آن..... ۴۶
۲-۲-۴-۹-۲-معادن پرلیت در ایران..... ۴۷
۲-۲-۴-۹-۳-خصوصیات‌فیزیکی‌وشیمیایی‌پرلیت..... ۴۷
۲-۲-۴-۹-۴-موارد استفاده پرلیت..... ۴۷
۲-۳- مواد افزودنی بتن..... ۴۸
۲-۳-۱-طبقه‌بندی کلی مواد افزودنی ۴۸
۲-۳-۲-انواع مواد افزودنی..... ۴۹
۲-۳-۲-۱-فوق‌روان‌کننده‌ها (Super Plasticizer) ۴۹
۲-۳-۲-۱-۱-مزایای استفاده از فوق‌روان‌کننده‌ها..... ۵۰
۲-۳-۲-۱-۲-فوق‌روان‌کننده سوپرسیلیکا..... ۵۰
۲-۳-۲-۲-پوزولان‌ها..... ۵۰
۲-۳-۲-۲-۱-مزایای استفاده از پوزولان‌ها..... ۵۱
۲-۳-۲-۲-۲-معایب استفاده از پوزولان‌ها..... ۵۱
۲-۳-۲-۲-۳-میکروسیلیس..... ۵۲
۲-۴-فناوری نانو..... ۵۲
۲-۴-۱-کاربرد نانوتکنولوژی در صنعت ساختمان ۵۳
۲-۴-۲- مواد نانوکمپوزیت..... ۵۴
۲-۴-۳-نانوسیلیس آمورف ۵۵
۲-۴-۴-نانو لوله‌ها..... ۵۵
۲-۴-۵-نانوسیلیس در بتن..... ۵۶

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱-مقدمه..... ۵۸

۳-۲-اجزای بتن و نقش آن‌ها در بتن..... ۵۸

۳-۲-۱-آب..... ۵۹

۳-۲-۲-سیمان ۵۹

۳-۲-۳-سبکدانه..... ۵۹

۳-۲-۳-۱-آزمایش درصد جذب آب سبکدانه‌ها..... ۶۰

۳-۲-۳-۲-روش انجام آزمایش تعیین درصد جذب آب..... ۶۰

۳-۲-۴-سنگدانه..... ۶۲

۳-۲-۵-ماده افزودنی نانوسیلیس..... ۶۳

۳-۲-۶-الیاف فولادی..... ۶۳

۳-۲-۷-مواد افزودنی فوق‌روان‌کننده..... ۶۴

۳-۳-قالب‌های ساخت نمونه..... ۶۶

۳-۴-روش انجام آزمایش..... ۶۶

۳-۵-نحوه‌ی ساخت وعمل‌آوری نمونه‌ها..... ۶۷

۳-۶-طرح‌های اختلاط مورد آزمایش..... ۶۹

فصل چهارم: ارائه نتایج آزمایش‌ها و بررسی آن‌ها

۴-۱-مقدمه..... ۷۱

۴-۲- نتایج آزمایش‌ها..... ۷۱

۴-۲-۱- مقاومت فشاری..... ۷۲

۴-۲-۱-۱- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط حاوی الیاف فولادی (بدون نانوسیلیس) ۷۶

۴-۲-۱-۲- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط دارای ۲ ٪ نانوسیلیس با طرح‌های بدون نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی.....۸۰
۴-۲-۱-۳- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی ۸۴
۴-۲-۲ -مقاومت کششی‌غیرمستقیم (مقاومت کششی‌دونیم‌شدن).....۸۹
۴-۲-۲-۱- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط حاوی الیاف فولادی (بدون نانوسیلیس) ۹۲
۴-۲-۲-۲- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط دارای ۲٪ نانوسیلیس با طرح‌های بدون نانوسیلیس در غیاب الیاف‌فولادی.....۹۶
۴-۲-۲-۳- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۱۰۰
۴-۲-۳- آزمایش سرعت پالس اولتراسونیک.....۱۰۴
۴-۲-۳-۱- روش انجام آزمایش.....۱۰۴
۴-۲-۳-۲- محاسبه‌ی سرعت انتقال پالس و مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی.....۱۰۵
۴-۲-۳-۳- نتایج آزمایش اولتراسونیک.....۱۰۶
۴-۲-۳-۳-۱- مقایسه‌ی طرح‌های اختلاط حاوی الیاف فولادی (بدون نانوسیلیس) ۱۰۸
۴-۲-۳-۳-۲- مقایسه‌ی‌طرح‌های‌اختلاط‌دارای۲٪ نانوسیلیس‌با طرح‌های بدون نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی ۱۱۰

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱-مقدمه.....۱۱۵
۵-۲- نتیجه‌گیری.....۱۱۵
۵-۳-پیشنهادات.....۱۱۸

فهرست منابع و مآخذ.....۱۱۹

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول **صفحه**

جدول ۳-۱: درصد ترکیبات موجود در سیمان پرتلند پوزولانی اردبیل..... ۵۹

جدول۳-۲: دانه‌بندی سنگدانه‌ی مصرفی..... ۶۲

جدول۳-۳: مشخصات نانوسیلیس پودری مصرفی در تحقیق..... ۶۳

جدول۳-۴: مشخصات الیاف فولادی..... ۶۴

جدول۳-۵: مشخصات فنی فوق‌روان‌کننده‌ی مصرفی..... ۶۵

جدول۳-۶ : طرح‌های اختلاط مورد آزمایش..... ۶۹

جدول ۴-۱ : نتایج آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های ۲۸روزه و ۹۰روزه..... ۷۴

جدول ۴-۲: نتایج آزمایش مقاومت فشاری مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۷۶

جدول ۴-۳: نتایج آزمایش مقاومت فشاری مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۸۰

جدول ۴-۴: نتایج آزمایش مقاومت فشاری مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی..... ۸۵

جدول ۴-۵: نتایج آزمایش مقاومت کششی بر روی نمونه‌های ۲۸روزه و ۹۰روزه..... ۹۰

جدول ۴-۶: نتایج آزمایش مقاومت کششی مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۹۲

جدول ۴-۷: نتایج آزمایش مقاومت کششی مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف‌فولادی..... ۹۶

جدول ۴-۸: نتایج آزمایش مقاومت فشاری مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی..... ۱۰۰

جدول ۴-۹: نتایج آزمایش اولتراسونیک..... ۱۰۶

جدول ۴-۱۰: نتایج آزمایش اولتراسونیک مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۱۰۸

جدول ۴-۱۱: نتایج آزمایش اولتراسونیک مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۱۱۱

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل **صفحه**

شکل۳-۱: نمونه‌ی پرلیت مصرفی در تحقیق..... ۶۱

شکل۳-۲: نمونه‌ی لیکای مصرفی در تحقیق..... ۶۱

شکل۳-۳: منحنی دانه‌بندی درشت‌دانه..... ۶۲

شکل۳-۴: نانوسیلیس پودری مورد استفاده در تحقیق..... ۶۳

شکل ۳-۵: نمونه‌ی الیاف فولادی مورد استفاده در تحقیق..... ۶۴

شکل۳-۶: فوق‌روان‌کننده..... ۶۵

شکل۳-۷: قالب‌های ساخت نمونه‌ی آزمایشی..... ۶۶

شکل۳-۸: عمل‌آوری نمونه‌ها..... ۶۸

شکل۴-۱: دو نمونه‌ی شکسته شده با دستگاه آزمایش مقاومت فشاری..... ۷۲

شکل۴-۲: دستگاه آزمایش مقاومت فشاری و کششی‌غیرمستقیم..... ۷۳

شکل ۴-۳: فشاری ۲۸روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش..... ۷۵

شکل ۴-۴: فشاری ۹۰روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش..... ۷۵

شکل ۴- ۵: نمودار تغییرات مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۷۷

شکل ۴-۶: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۷۷

شکل ۴-۷: مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۷۸

شکل ۴-۸: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس..... ۷۸

شکل ۴-۹: مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۸۱

شکل ۴-۱۰: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۸۱

شکل ۴-۱۱: مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۸۲

شکل ۴-۱۲: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی..... ۸۲

شکل ۴-۱۳: مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۸۵
شکل ۴-۱۴: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۸۶
شکل ۴-۱۵: مقاومت فشاری ۲۸روزه مربوط به طرح‌های دارای نانو سیلیس و الیاف فولادی.....۸۶
شکل ۴-۱۶: مقاومت فشاری ۹۰روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۸۷
شکل ۴-۱۷: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش.....۹۱
شکل ۴-۱۸: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش.....۹۱
شکل ۴- ۱۹: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۹۳
شکل ۴- ۲۰: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۹۳
شکل ۴- ۲۱: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۹۴
شکل ۴- ۲۲: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۹۴
شکل ۴-۲۳: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی.....۹۷
شکل ۴-۲۴: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی.....۹۷
شکل ۴-۲۵: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی.....۹۸
شکل ۴-۲۶: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های با ۲ ٪ نانوسیلیس در غیاب الیاف فولادی.....۹۸
شکل ۴-۲۷: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۱۰۱
شکل ۴-۲۸: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۱۰۱
شکل ۴-۲۹: مقاومت کششی ۲۸روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۱۰۲
شکل ۴-۳۰: مقاومت کششی ۹۰روزه مربوط به طرح‌های دارای نانوسیلیس و الیاف فولادی.....۱۰۲
شکل۴-۳۱: دستگاه سونیسکوپ.....۱۰۴
شکل ۴-۳۲: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی ۲۸روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش.....۱۰۷
شکل ۴-۳۳: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی ۹۰روزه مربوط به تمام طرح‌های مورد آزمایش.....۱۰۷
شکل ۴-۳۴: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی نمونه‌های ۲۸روزه‌ی طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۱۰۹
شکل ۴-۳۵: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی نمونه‌های۹۰روزه‌ی طرح‌های بدون نانوسیلیس.....۱۰۹
شکل ۴-۳۶: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی نمونه‌های ۲۸روزه‌ی طرح‌های بدون الیاف فولادی.....۱۱۱
شکل ۴-۳۷: مدول الاستیسیته‌ی دینامیکی نمونه‌های ۹۰روزه‌ی طرح‌های بدون الیاف فولادی.....۱۱۲
شکل۵-۱ : نحوه‌ی شکست نمونه‌های بدون الیاف و با الیاف فولادی.....۱۱۷

فصل اول:

مقدمه

و

کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

بتن جسم بسیار سخت و سنگ مانندی است که از ترکیب مقدار معین و حساب شده‌ی سیمان، شن، ماسه و آب به دست می‌آید. در بعضی موارد از اجزای دیگری به نام مواد افزودنی نیز در ساخت بتن استفاده می‌شود. پس از اینکه آب به مخلوط مصالح سنگی و سیمان افزوده شد، سیمان و آب با هم وارد فعل و انفعالات شیمیایی حرارت زا می‌شوند، در اثر این فعل و انفعالات، ماده‌ی ژله مانند و چسبنده‌ای بوجود می‌آید که مصالح مختلف داخل مخلوط را به هم پیوند می‌دهد و آن‌را به صورت جسم سختی در می‌آورد .

۱-۲-مواد تشکیل دهنده‌ی بتن

- آب: برای ایجاد روانی و کارایی لازم بتن و شرکت کردن در عمل هیدراتاسیون که حدود ١٤ الی ٢١ ٪ حجم بتن را تشکیل می‌دهد.
- سیمان: چسبی است که پس از مخلوط شدن با آب به صورت دوغاب سیمان یا خمیر سیمان، دور دانه‌ها آغشته و آن‌ها را بهم می‌چسباند. لذا نقش سیمان در بتن صرفا چسباندن دانه‌ها به یکدیگر است و بخودی خود تاثیری درمقاومت و باربری ندارد. سیمان حدود ۷ الی ۱۵ ٪ از حجم بتن را تشکیل می‌دهد.
- سنگ‌دانه: برای تحمل وانتقال بارهای اعمالی و پرنمودن فضای خالی بین دیگر اجزای تشکیل‌دهنده بتن که حدود ٦٠ الی ۷۵ ٪ حجم بتن را تشکیل می‌دهند.
- هوا: الف: در بتن بدون هوا، میزان حجم هوای موجود بین ۰/۵ تا ۳ ٪ است.

  ب: در بتن هوادار، میزان هوای موجود بین ٤ الی ۸ ٪ است.
- مواد مضاف: موادمضاف مواد شیمیایی هستند که به میزان جزئی و به صورت درصدی از وزن‌سیمان به مخلوط اضافه می‌شوند تا خواص مطلوب مورد نظر را در بتن ایجاد کنند (مستوفی‌نژاد، ۱۳۸۲).

۱-۳-محاسن بتن

۱- اگر در ساخت بتن از مصالح خوب و مناسب استفاده شود و همچنین آب به مقدار لازم با ملاحظه‌ی نسبت آب به سیمان کم بکار رود و در طرح اختلاط و روش‌های اجرا دقت کافی به عمل آید، بتن مقاومت فشاری بالایی خواهد داشت.

۲- به دلیل داشتن خاصیت فرم‌پذیری بتن با استفاده از قالب می‌توان بتن را به شکل‌های گوناگونی درآورد.

۳- تمامی اجزای تشکیل دهنده‌ی بتن ارزان قیمت بوده و تقریبا در همه جا قابل یافت هستند.

٤- بتن در مقایسه با سایر مصالح ساختمانی، عمر بهره‌دهی بسیار طولانی دارد. تحت شرایط مشخص، یک سازه‌ی بتن‌آرمه می‌تواند برای سال‌های طولانی بدون کاهش در ظرفیت باربری مورد استفاده قرار گیرد. این مساله مبتنی بر این واقعیت است که بتن در طول زمان نه‌تنها کاهش مقاومت ندارد، بلکه با گذشت زمان با تحکیم بیشتر سیمان، افزایش مقاومت نیز صورت می‌گیرد. با این وجود، تاثیر عوامل مخرب محیطی و یون‌های مهاجم ممکن است دوام بتن را در طول زمان به مخاطره بیاندازد.

۵- بتن مقاومت بسیار خوبی در مقابل آتش‌سوزی دارد. یک ساختمان بتن‌آرمه می‌تواند ساعت‌ها در مقابل آتش سوزی‌های مهیب مقاومت کند بدون آنکه فروریزد. این مساله فرصت کافی برای مهار آتش و نیز تخلیه ساختمان از نفرات و اموال را فراهم می‌کند. در مقابل یک ساختمان فولادی در برابر آتش‌سوزی کاملا ضعیف خواهد بود. فروریزی برج‌های دوقلوی نیویورک که در واقعه‌ی ۱۱ سپتامبر سال ۲۰۰۱ مورد حمله قرار گرفتند، به دلیل اسکلت فولادی آن‌ها بود، چنانچه این برج‌ها از مصالح بتن آرمه ساخته شده بودند جان هزاران انسان و نیز میلیون‌ها دلار ثروت موجود در آن‌ها حفظ می‌شد.

٦- قابل پرداخت بودن سطح بتن باعث شده است که بتوان سطح آن را صاف کرده و نقش‌های مختلف روی آن اجرا کرد.

۱-٤-طبقه‌بندی بتن بر مبنای وزن‌مخصوص

بتن را از نظر وزن مخصوص می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

- بتن معمولی
- بتن سنگین
- بتن سبک