بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش سازه

بررسی خواص مهندسی بتن سبک حاوی فیبر فولادی برگرفته از تایرهای ضایعاتی

از

رضا عبداله زاده

استاد راهنما

دکتر ملک محمد رنجبر

استاد مشاور

دکتر رحمت مدندوست

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

سپاس بی حد ایزد را سزد که بنی آدم را صاحب علم و قلم نمود تا کرامتی در خود یابند و درود فراوان نثار صاحبان فضل و معرفت که روشنی بخش عرصه گیتی شدند. بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای بزرگوار و ارجمندم آقای **دکتر ملک محمد رنجبر** که در طول دوره تحصیل و سپس در مراحل انجام پایان نامه با زحمات و راهنمایی های ارزشمند خود مرا همراهی کردند و همچنین از زحمات و تلاش های جناب آقای **دکتر رحمت مدندوست** که مشاورت این پایان نامه را به عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین از اساتید بزرگوار آقایان **دکتر جواد رزاقی** و **دکتر حسین قاسم زاده موسوی** که به عنوان داور زحمت بازخوانی این پایان نامه را بر عهده داشته و نظرات ارزنده ای در هرچه بهتر شدن آن ارائه نموده اند سپاسگزاری می نمایم. از کلیه اساتید بزرگوار گروه عمران که در مدت تحصیل دوره کارشناسی ارشد زحمات فراوانی برای اینجانب کشیده اند نیز سپاسگزارم.

بر خود لازم می دانم که از زحمات مسئولین و کارکنان محترم آزمایشگاه بتن دانشکده فنی دانشگاه گیلان، آقای **مهندس کاتبی**، آقای **سرمست** و خانم **مهندس حاج جعفری** و دوستان ارجمندم آقایان **مهندسین علی احمدپور**، **سعید کوهستانی**، **حمید پوراکباریان** و **رضا آقا محمدی** که به هر نحو مرا در مراحل انجام این پایان نامه همراهی نمودند صمیمانه تشکر نمایم.

در پایان از **خانواده خودم** به خصوص برادران عزیزم آقایان **مهندسین سعید و مسعود عبداله زاده** و **خانم فیروزه جاوید** و مهندس **المیرا قربان پور** که در تمامی مدت تحصیل اینجانب زحمات زیادی را متحمل شدند سپاسگزاری می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان ---------- صفحه

چکیده فارسی ---------- ش

چکیده انگلیسی ---------- ص

فصل اول : پیشگفتار ---------- ۱

مقدمه ---------- ۲

هدف از تحقیق ---------- ۲

ساختار پایان نامه ---------- ۳

فصل دوم : بررسی خواص بتن سبک ---------- ۴

۲-۱ : مقدمه ---------- ۵

۲-۲ : تاریخچه استفاده و کاربرد بتن سبک ---------- ۵

۲-۳ : اهم مزایای استفاده از بتن سبک ---------- ۱۲

۲-۴ : معایب استفاده از بتن سبک ---------- ۱۴

۲-۵ : انواع تقسیم بندی بتن سبک ---------- ۱۴

۲-۵-۱ : طبقه بندی بتن سبک بر اساس مقاومت ---------- ۱۵

۲-۵-۱-۱ : مقدمه ---------- ۱۵

۲-۵-۱-۲ : بتن سبک غیر سازه ای ---------- ۱۶

۲-۵-۱-۳ : بتن سبک با مقاومت متوسط ---------- ۱۷

۲-۵-۱-۴ : بتن سبک سازه ای ---------- ۱۷

۲-۵-۲ : نقطه تقسیم مقاومت بتن سبک ---------- ۱۸

۲-۵-۳ : تقسیم بندی بتن سبک بر مبنای روش تولید ---------- ۱۹

۲-۵-۳-۱ : تولید بتن با ایجاد حباب های ریز هوا ---------- ۱۹
۲-۵-۳-۲ : تولید بتن با با ساختار باز ---------- ۲۱
۲-۵-۳-۳ : تولید بتن با استفاده از سنگدانه های سبک ---------- ۲۲
۲-۵-۳-۳-۱ : سبکدانه های طبیعی ---------- ۲۳
۲-۵-۳-۳-۱-۱ : سنگ پا ---------- ۲۳
۲-۵-۳-۳-۱-۲ : پوکه معدنی ---------- ۲۴
۲-۵-۳-۳-۱-۳ : توف ---------- ۲۶
۲-۵-۳-۳-۱-۴ : دیاتومیت ---------- ۲۶
۲-۵-۳-۳-۱-۵ : ورمیکولیت ---------- ۲۷
۲-۵-۳-۳-۲ : سبکدانه مصنوعی ---------- ۲۸
۲-۵-۳-۳-۲-۱ : رس منبسط شده ---------- ۲۹
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱ : روند تولید سبکدانه لیکا در ایران ---------- ۳۰
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۲ : جذب آب لیکا ---------- ۳۱
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۳ : قابلیت رسانایی حرارتی لیکا ---------- ۳۲
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۴ : افت صوتی لیکا ---------- ۳۲
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۵ : مقاومت در برابر آتش ---------- ۳۲
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۶ : جرم حجمی و مقاومت فشاری بتن دانه سبک لیکا ---------- ۳۳
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۷ : مقاومت کششی بتن سبک لیکا ---------- ۳۵
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۸ : مقاومت کششی در خمش بتن سبک لیکا ---------- ۳۵
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۹ : مدول الاستیسیته بتن سبک لیکا ---------- ۳۶
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۰ : تغییر طول بتن سبک لیکا ---------- ۳۷

۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۱ : جمع شدگی بتن سبک لیکا ---------- ۳۷
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۲ : خزش بتن سبک لیکا ---------- ۳۷
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۳ : مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب شدن بتن سبک لیکا ---------- ۳۸
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۴ : پیوستگی آرماتور به بتن سبک لیکا ---------- ۳۸
۲-۵-۳-۳-۲-۱-۱۵ : مقدار آب مصرفی در بتن سبک لیکا ---------- ۳۹
۲-۵-۳-۳-۲-۲ : لایتگ ---------- ۳۹
۲-۵-۴ : بتن پلی استایرن منبسط شده (EPS) ---------- ۴۰
۲-۵-۵ : بتن خاک اره ای ---------- ۴۰
۲-۵-۶ : بتن (ESA) ---------- ۴۱
۲-۵-۷ : بتن (OPS) ---------- ۴۲
۲-۵-۸ : بتن سبک با استفاده از (NYT) ---------- ۴۳
فصل سوم : مروری بر بتن الیافی ---------- ۴۵
۳-۱ : مقدمه ---------- ۴۶
۳-۲ : تاریخچه پیدایش بتن الیافی ---------- ۴۷
۳-۳ : انواع مختلف الیاف ---------- ۴۸
۳-۴ : مزایای بتن الیافی ---------- ۴۹
۳-۵ : شکل ظاهری و مقاومت الیاف مورد استفاده در بتن ---------- ۵۰
۳-۶ : ساخت بتن الیافی ---------- ۵۲
۳-۷ : خواص مکانیکی و مکانیزم تقویت بتن الیافی ---------- ۵۲
۳-۷-۱ : مقاومت فشاری ---------- ۵۴
۳-۷-۲ : کشش مستقیم ---------- ۵۶

۳-۷-۳ : مقاومت خمشی ---------- ۵۷
۳-۷-۴ : سفتی خمشی ---------- ۵۹
۳-۸ : انقباض و خزش ---------- ۶۰
۳-۹ : مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن ---------- ۶۰
۳-۱۰ : مقاومت در برابر ساییدگی، کاویتاسیون و فرسایش ---------- ۶۰
۳-۱۱ : عملکرد تحت بار دینامیکی و ضربه ---------- ۶۰
۳-۱۲ : کاربرد های بتن الیافی ---------- ۶۱
۳-۱۲-۱ : دال های روی بستر ---------- ۶۲
۳-۱۲-۲ : عرشه پل ها ---------- ۶۲
۳-۱۳ : بتن پرتابی ---------- ۶۲
۳-۱۴ : کاربرد تایر ضایعاتی در بتن ---------- ۶۳
۳-۱۴-۱ : مقدمه ---------- ۶۳
۳-۱۴-۲ : الیاف فولادی بازیافتی ---------- ۶۶
۳-۱۴-۲-۱ : مقدمه ---------- ۶۶
۳-۱۴-۲-۲ : الیاف فولادی بازیافتی از تایر خودرو ---------- ۶۶
۳-۱۵-۲-۳ : تراشه های فولادی زائد صنعتی ---------- ۶۸
فصل چهارم : برنامه آزمایشگاهی ---------- ۶۹
۴-۱ : مقدمه ---------- ۷۰
۴-۲ : مصالح مورد استفاده ---------- ۷۰
۴-۲-۱ : سنگدانه ها ---------- ۷۰
۴-۲-۱-۱ : شن ---------- ۷۰

۴-۲-۱-۲ : ماسه ---------- ۷۱
۴-۲-۱-۳ : سبکدانه لیکا ---------- ۷۲
۴-۲-۱-۳-۱ : دانه بندی لیکا دانه های لیکا ---------- ۷۲
۴-۲-۱-۳-۲ : وزن فضایی و چگالی دانه های لیکا ---------- ۷۳
۴-۲-۱-۳-۳ : جذب آب دانه های لیکا ---------- ۷۴
۴-۲-۲ : فوق روان کننده ---------- ۷۴
۴-۲-۳ : سیمان ---------- ۷۵
۴-۲-۴ : میکروسیلیس ---------- ۷۵
۴-۲-۵ : آب ---------- ۷۶
۴-۲-۶ : الیاف فولادی ---------- ۷۶
۴-۲-۶-۱ : الیاف فولادی صنعتی ---------- ۷۶
۴-۲-۶-۲ : الیاف فولادی بازیافتی ---------- ۷۷
۴-۳ : ساخت نمونه های آزمایشگاهی ---------- ۷۸
۴-۴ : قالب گیری نمونه ها ---------- ۷۸
۴-۵ : آزمایش بتن تازه ---------- ۸۰
۴-۶ : آزمایش های بتن سخت شده ---------- ۸۰
۴-۶-۱ : مقاومت فشاری ---------- ۸۰
۴-۶-۲ : مقاومت کششی (شکافت) ---------- ۸۲
۴-۶-۳ : مدول گسیختگی ---------- ۸۲
۴-۶-۴ : مدول الاستیسیته ---------- ۸۳
۴-۶-۵ : مقاومت پیوستگی آرماتور به بتن ---------- ۸۳

فصل پنجم : بررسی و تحلیل نتایج آزمایشگاهی ---------- ۸۶

۵-۱ : مقدمه ---------- ۸۷

۵-۲ : تغییرات جرم حجمی با درصد جایگزینی لیکا بجای شن بر روی مقاومت فشاری ---------- ۸۷

۵-۳ : بررسی تغییرات مقاومت فشاری ---------- ۸۹

۵-۳-۱ : بررسی عملکرد سازه ای ---------- ۹۰

۵-۳-۲ : تاثیر افزایش درصد حجمی الیاف بر مقاومت فشاری ---------- ۹۲

۵-۳-۳ : مقایسه تاثیر الیاف فولادی بازیافتی و صنعتی بر مقاومت فشاری ---------- ۹۳

۵-۳-۴ : مقایسه تاثیر نسبت طول به قطر (L/d) الیاف فولادی بازیافتی بر مقاومت فشاری ---------- ۹۴

۵-۴ : بررسی تغییرات مقاومت کششی (آزمایش شکافت) ---------- ۹۵

۵-۴-۱ : رابطه بین مقاومت فشاری و مقاومت کششی ---------- ۹۶

۵-۵ : بررسی تغییرات مدول گسیختگی ---------- ۹۷

۵-۶ : بررسی نتایج مدول الاستیسیته ---------- ۹۹

۵-۷ : بررسی نتایج مقاومت پیوستگی آرماتور به بتن ---------- ۱۰۲

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات ---------- ۱۰۵

۶-۱ : مقدمه ---------- ۱۰۶

۶-۲ : نتیجه گیری ---------- ۱۰۶

۶-۳ : پیشنهاد برای کار های آینده ---------- ۱۰۸

مراجع : ---------- ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : طبقه بندی بتن سبک ---------- ۱۵

جدول ۲-۲ : خواص مهندسی بتن کفدار ---------- ۲۰

جدول ۲-۳ : تجزیه شیمیایی پومیس ---------- ۲۵

جدول ۲-۴ : عناصر تشکیل دهنده دیاتومیت ---------- ۲۶

جدول ۲-۵ : آنالیز شیمیایی ورمیکولیت ---------- ۲۷

جدول۲-۶ : حدود جرم حجمی و مقاومت انواع بتن سبک لیکا ---------- ۳۴

جدول ۲-۷ : حدود مدول الاستیسیته در بتن سبک با سبکدانه های مختلف ---------- ۳۶

جدول ۲-۸ : مقایسه خصوصیات فیزیکی سبکدانه های سیلیسی و رسی ---------- ۴۲

جدول ۲-۹ : ویژگی های دانه های OPS در مقایسه با ماسه ---------- ۴۳

جدول ۲-۱۰ : ویژگی بتن سخت شده OPS ---------- ۴۳

جدول ۲-۱۱ : برخی از ویژگی های NYT ---------- ۴۳

جدول ۲-۱۲ : برخی از خصوصیات بتن تازه و سخت شده با NYT ---------- ۴۴

جدول ۲-۱۳ : مقایسه خصوصیات بتن تازه و سخت شده بتن های حاوی لیکا و NYT ---------- ۴۴

جدول ۳-۱ : نمونه ای از خصوصیات الیاف ---------- ۴۹

جدول ۳-۲ : ترکیبات تشکیل دهنده یک نمونه تایر در آمریکا شمالی ---------- ۶۵

جدول ۳-۳ : آنالیز عناصر سازنده الیاف فولادی بازیافتی از تایر خودرو ---------- ۶۶

جدول ۴-۱ : دانه بندی شن مصرفی ---------- ۷۰

جدول ۴-۲ : دانه بندی ماسه مصرفی ---------- ۷۱

جدول ۴-۳ : کاربردهای لیکا را برای دانه بندی های مختلف ---------- ۷۳

جدول ۴-۴ : چگالی و وزن فضایی دانه های لیکا ---------- ۷۳

جدول۴-۵ : ویژگی فوق روان کننده ---------- ۷۴

جدول۴-۶ : مشخصات شیمیایی سیمان ---------- ۷۵

جدول ۴-۷ : مشخصات شیمیایی میکروسیلیس ---------- ۷۶

جدول ۴-۸ : مشخصات فنی الیاف صنعتی ---------- ۷۷

جدول ۴-۹ : جزییات طرح های اختلاط بتن ---------- ۷۹

جدول ۵-۱ : نتایج مقاومت فشاری، جرم حجمی و عملکرد سازه ای طرح های مختلف ---------- ۹۱

جدول ۵-۲ : نتایج مدول الاستیسیته بتن سبک با درصد های مختلف لیکا و الیاف فولادی صنعتی ---------- ۹۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ : معبد پانتئون ---------- ۶

شکل ۲-۲ : آمفی تئاتر کلوسئوم ---------- ۶

شکل۲-۳ : کشتی آتلانتوس به وزن ۳۰۰۰ تن ---------- ۷

شکل ۲-۴ : کشتی سلما به وزن ۷۵۰۰ تن و طول ۱۳۲ متر ---------- ۷

شکل ۲-۵ : ترمینال TWA در فرودگاه نیویورک ---------- ۸

شکل ۲-۶ : فرودگاه دالس در واشنگتن ---------- ۸

شکل ۲-۷ : سالن اطراف هتل Lake و تیر های پیش ساخته به کار رفته در آن ---------- ۹

شکل ۲-۸ : تصویر شماتیک و واقعی از نحوه اجرا عرشه پل رودخانه James ---------- ۹

شکل ۲-۹ : پل رودخانه Coleman ---------- ۱۰

شکل ۲-۱۰ : پل Jeff Danzer ---------- ۱۱

شکل ۲-۱۱ : پل رودخانه Mattaponi ---------- ۱۱

شکل ۲-۱۲ : نمونه هایی از المان پیش ساخته ---------- ۱۲

شکل۲-۱۳ : ضریب هدایت حرارتی انواع بتن های ساخته شده با سنگدانه های سبک ---------- ۱۳

شکل ۲-۱۴ : ارتباط بین وزن مخصوص با نوع بتن سبک و سبکدانه مصرفی ---------- ۱۶

شکل ۲-۱۵ : نمودار ارتباط بین حجم سبکدانه ها و مقاومت فشاری ---------- ۱۸

شکل ۲-۱۶ : بتن با ساختار باز ---------- ۲۱

شکل ۲-۱۷ : سنگ پا ---------- ۲۴

شکل ۲-۱۸ : نمونه ای از معادن پومیس ایران ---------- ۲۴

شکل ۲-۱۹ : سبکدانه طبیعی پومیس ---------- ۲۵

شکل ۲-۲۰ : سبکدانه طبیعی دیاتومیت ---------- ۲۶

شکل ۲-۲۱ : سبکدانه طبیعی ورمیکولیت ---------- ۲۸

شکل ۲-۲۲ : نمونه ای از دانه های لیکا ---------- ۲۹

شکل ۲-۲۳ : کوره تولید لیکا در ایران ---------- ۳۱

شکل ۲-۲۴ : نمودار میزان جذب آب دانه های لیکا با گذشت زمان ---------- ۳۱

شکل ۲-۲۵ : نمودار مقایسه مقاومت های حرارتی مصالح گوناگون ---------- ۳۳

شکل ۲-۲۶ : نمونه های از بتن EPS ---------- ۴۰

شکل ۳-۱(الف) : مقاومت وسختی بتن الیافی و بتن معمولی در خمش ---------- ۴۷

شکل ۳-۱(ب) : افزایش سختی در بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی ---------- ۴۷

شکل ۳-۲ : نمودار تنش-کرنش الیاف مختلف ---------- ۴۸

شکل ۳-۳: چند نمونه از اشکال الیاف فولادی صنعتی ---------- ۵۰

شکل ۳-۴ : اثر درصد حجمی الیاف بر تنش-کرنش فشاری ---------- ۵۴

شکل ۳-۵ : اثر نسبت طول به قطر بر منحنی تنش-کرنش ---------- ۵۴

شکل ۳-۶ (الف) : تاثیر انواع مختلف الیاف فولادی بر منحنی تنش–کرنش بتن مقاومت بالا---------- ۵۵

شکل ۳-۶ (ب) : تاثیر مقدار مختلف الیاف فولادی بر منحنی تنش– کرنش بتن مقاومت بالا---------- ۵۵

شکل ۳-۷ : مقایسه منحنی های تنش-کرنش بتن های دارای الیاف فولادی، شیشه ای و پلی پروپیلن ---------- ۵۶

شکل ۳-۸ : منحنی تنش–کرنش کششی برای ملات های مسلح به الیاف فولادی ---------- ۵۶

شکل ۳-۹ : مشخصات مهم منحنی بار– تغییر مکان ---------- ۵۷

شکل ۳-۱۰ : منحنی بار– تغییر مکان که محدوده رفتار محتمل چهار نوع مختلف حاوی مقادیر و انواع مختلف الیاف ------ ۵۸

شکل ۳-۱۱ : نمونه هایی از (a) پیست اسب دوانی ، (b) پیاده رو پارک ، (c) زمین بازی و (d) کف پوش ورزشی ------- ۶۴

شکل ۳-۱۲ : معبر آسفالت لاستیکی ساخته شده در Eco-Park در هنگ کنگ ---------- ۶۴

شکل ۳-۱۳ : یک واحد صخره دریایی ساخته شده از تایر پیش از به آب انداختن(a) و پس از غرق در آب در هنگ کنگ (b) - ۶۴
شکل ۳-۱۴ : مقطع عرضی ساختمان تایر استاندارد ۶۵
شکل ۳-۱۵ : دستگاه خرد کن لاستیک در سمت چپ و درام های دوار مغناطیسی در سمت راست ۶۷
شکل ۳-۱۶ : الیاف بازیافت شده ۶۷
شکل ۳-۱۷ : الیاف بازیافتی از تایر خودرو، استفاده شده در پروژه در نسبت های طول به قطر ۳۷/۵ (a) و ۵۰ (b) ۶۷
شکل ۳-۱۸ : تراشه های فولادی بازیافتی ۶۸
شکل ۴-۱: نمودار دانه بندی شن مصرفی ۷۱
شکل ۴-۲ : نمودار دانه بندی ماسه مصرفی ۷۲
شکل ۴-۳: نمودار دانه بندی لیکای مصرفی ۷۳
شکل ۴-۴ : الیاف بازیافتی در دو نسبت طول به قطر (a) ۳۷/۵ و (b) ۵۰ ۷۷
شکل ۴-۵ : اسلامپ در سه حالت صحیح، برش و فروریختگی ۸۰
شکل ۴-۶ : دستگاه آزمایش مشخصات مکانیکی بتن ۸۲
شکل ۴-۷ : دستگاه کشش آرماتور و نمونه آزمایشی ۸۴
شکل ۴-۸ : قالب چوبی و صفحه اتصال ۸۵
شکل ۵-۱ : طریقه نام گذاری اختلاط ها ۸۷
شکل ۵-۲ وزن مخصوص بتن در ترکیب های مختلف به تفکیک درصد جایگزینی لیکا ۸۸
شکل ۵-۳ : تغییرات وزن مخصوص بتن با مقاومت فشاری در درصدهای متفاوت جایگزینی لیکا و الیاف فولادی صنعتی ۸۸
شکل ۵-۴ : تغییرات وزن مخصوص بتن با مقاومت فشاری در درصدهای متفاوت جایگزینی لیکا و الیاف فولادی بازیافتی ۸۹
شکل ۵-۵ : تغییرات مقاومت فشاری با میزان الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی در درصدهای متفاوت جایگزینی لیکا ۹۰
شکل ۵-۶ : عملکرد سازه ای نمونه های حاوی ۱/۵٪ الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی ۹۲
شکل ۵-۷ : مقاومت فشاری در سنین مختلف برای ترکیب های با ۲۵ درصد جایگزینی لیکا در درصد الیاف صنعتی متفاوت - ۹۲

شکل ۵-۸: مقاومت فشاری در سنین مختلف برای ترکیب های با ۷۵ درصد جایگزینی لیکا در درصد الیاف صنعتی متفاوت - ۹۳

شکل ۵-۹: مقایسه مقاومت فشاری الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی ---------- ۹۴

شکل ۵-۱۰: تاثیر نسبت طول به قطر الیاف بر مقاومت فشاری ---------- ۹۴

شکل ۵-۱۱: تغییرات مقاومت کششی با میزان الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی در درصدهای متفاوت جایگزینی لیکا ----- ۹۵

شکل ۵-۱۲: تغییرات مقاومت کششی در مقایسه با مقاومت فشاری ۲۸ روزه حاوی الیاف فولادی صنعتی ---------- ۹۶

شکل ۵-۱۳: تاثیر متقابل مقاومت فشاری و کششی در نمونه های حاوی الیاف فولادی صنعتی ---------- ۹۷

شکل ۵-۱۴: نحوه توزیع الیاف در نمونه حاوی ۱٪ الیاف فولادی صنعتی با ۲۵٪ جایگزینی لیکا ---------- ۹۷

شکل ۵-۱۵: نتایج مدول گسیختگی ترکیبات با درصد های متفاوت جایگزینی لیکا با الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی ----- ۹۸

شکل ۵-۱۶: تغییرات مدول گسیختگی در مقایسه با مقاومت فشاری ۲۸ روزه ---------- ۹۹

شکل ۵-۱۷: ارتباط بین مدول الاستیسیته بتن حاوی الیاف فولادی صنعتی و مقاومت فشاری ۲۸ روزه و حدود آیین نامه CEB -- ---------- ۱۰۰

شکل ۵-۱۸: ارتباط بین مدول الاستیسیته بتن حاوی الیاف فولادی صنعتی و مقاومت فشاری ۲۸ روزه و حدود آیین نامه ACI318 ---------- ۱۰۱

شکل ۵-۱۹: ارتباط بین مدول الاستیسیته بتن حاوی الیاف فولادی بازیافتی و مقاومت فشاری ۲۸ روزه ---------- ۱۰۱

شکل ۵-۲۰: مقایسه بتن شاهد با بتن سبک فاقد الیاف و بتن حاوی ۱/۵٪ الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی---------- ۱۰۲

شکل ۵-۲۱: منحنی بار- لغزش در آزمایش مقاومت پیوستگی ---------- ۱۰۳

شکل ۵-۲۲: نحوه شکست چهار نمونه آزمایشی ---------- ۱۰۴

شکل ۵-۲۳: مقاومت پیوستگی آرماتور به بتن در چهار طرح آزمایشی ---------- ۱۰۴

چکیده

بررسی خواص مهندسی بتن سبک حاوی فیبر فولادی برگرفته از تایرهای ضایعاتی

رضا عبداله زاده

بتن سبک با مزایایی نظیر کاهش وزن سازه ها و به دنبال آن کاهش سطوح مقاطع اعضاء شناخته شده است. بنابراین هنگامی که در سازه هایی نظیر پل های با دهانه های بلند و ساختمان های با ارتفاع زیاد مورد استفاده قرار گیرد می توان با استفاده از بتن سبک در هزینه های ساخت صرفه جویی کرد. اخیراً برخی تحقیقات به استفاده از گرانول لاستیک و الیاف فولادی بازیافت شده از ضایعات تایر در بتن اختصاص داده شده است. به طور خاص، با اضافه کردن الیاف فولادی بازیافت شده به بتن، بهبود رضایت بخشی در ماتریس شکننده بتن از لحاظ مقاومت و رفتار پس از ترک خوردگی به دست آمده است. در نتیجه به نظر می رسد بتن حاوی الیاف فولادی بازیافتی مصالح مناسبی برای کاربردهای سازه ای و غیر سازه ای می باشد.

با توجه به اینکه هدف، بدست آوردن بتن سبک سازه ای با مقاومت فشاری بالای ۱۷ مگاپاسکال و محدوده تغییرات جرم حجمی ۱۶۰۰ تا kg/m^3 ۲۱۰۰ است، در این مطالعه، تاثیر الیاف فولادی بر روی خواص مکانیکی بتن حاوی سبکدانه لیکا مورد بررسی قرار می گیرد. به منظور تعیین تاثیر نسبت الیاف فولادی بر خواص مکانیکی بتن سبک، سبکدانه لیکا به مقدار ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به صورت حجمی جایگزین درشت دانه شده و همچنین الیاف فولادی به میزان ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد حجم نمونه، مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج آزمایشات نشان می دهد که با افزایش لیکا، جرم حجمی و دیگر خواص مکانیکی بتن کاهش می یابد. همچنین با مقایسه نمونه های حاوی الیاف با نمونه های شاهد فاقد الیاف؛ جرم حجمی، مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مدول گسیختگی بترتیب؛ ۵٪ ، ۵/۵٪ ، ۳۲٪ و ۸۰٪ افزایش می یابد. با افزایش میزان لیکا در مخلوط مدول الاستیسیته ۴۱/۳٪ نسبت به بتن نرمال کاهش می یابد. همچنین جهت تعیین پیوستگی آرماتور به بتن آزمایش بیرون کشیدگی انجام گرفته که نتایج آزمایشات کاهش ۹/۸٪ مقاومت پیوستگی آرماتور در بتن سبک فاقد الیاف را نسبت به بتن نرمال نشان می دهد.

کلید واژه : خواص مهندسی بتن سبک، سبکدانه لیکا، الیاف فولادی بازیافتی از تایر، مقاومت پیوستگی، مدول الاستیسیته

Abstract

The Assesment of Engineering Properties of Lightweight Concrete Containing Steel Fibers Recovered From Waste Tires

Reza Abdolahzadeh

Lightweight concrete is known with its advantage of reducing the self-weight of the structures, and hence reducing the cross sectional area of members as well as making the construction convenient. Thus, the construction cost can be saved when applied to structures such as long-span bridge and high-rise buildings. Recently some researches have been devoted to the use of granulated rubber and steel fibers recovered from waste tires in concrete. In particular, the concrete obtained by adding recycled steel fibers evidenced a satisfactory improvement of the fragile matrix, mostly in terms of toughness and post-cracking behavior. As a consequence RSFRC (recycled steel fibers reinforced concrete) appears to be a promising candidate for both structural and non-structural applications.

Because, the objective of this study is to produce structural lightweight concrete with compressive strength above 17 MPa with a varying density between 1600 to 2100 Kg/m^3 , the effect of steel fibers on the mechanical properties of Leca aggregate concrete was investigated. In order to determine the effect of steel fiber ratio on the mechanical properties of concrete, 25%, 50% and 75% Leca ratios were used instead of natural coarse aggregate by volume, 0.5%, 1.0%, and 1.5% steel fiber ratios were used by volume of the sample. The test results showed that the increasing Leca aggregate ratio decreased the unit weight and the mechanical properties of the concretes. When compared to the control sample that contains no fiber, with the increase of steel fiber ratio in the mixtures unit weight, compressive strength, splitting-tensile strength and flexural strength of concretes increased up to 5%, 5.5%, 32% and 80%, respectively. Modulus of elasticity was decreased with increase of Leca aggregate ratio in the mixture. Also experimental results of the bond stress-slip relationship of reinforcing bars embedded in lightweight fiber reinforced concrete with expanded clay aggregates are presented.

Keywords: Lightweight Concrete, Mechanical Properties, Steel Fibers Recovered From Waste Tires, Bond Stress, Modulus of Elasticity

فصل اول

پیشگفتار

مقدمه

امروزه در دنیا احداث ساختمان و سازه های زیر بنایی با سرعت زیادی در حال انجام است. استفاده از مصالح قدیمی و روش های سنتی ساخت، دیگر جوابگوی سرعت مورد نظر و نیاز های طراحی نمی باشد. از این رو استفاده از مصالح جدید و کارا به همراه تکنیک های نوین در ساخت و ساز، امر اجتناب ناپذیری محسوب می شود. بتن سبکدانه سازه ای از جمله این مصالح کارا محسوب می شود که استفاده از آن در اروپا و آمریکا به حدود ۵۰ سال پیش بر می گردد. با توجه به گذشت چندین سال از شروع استفاده از این نوع بتن در دنیا و کسب تجارب گوناگون، امروزه استفاده از بتن سبکدانه متداول شده است. از طرفی نیاز گسترده و روز افزون جامعه به ساختمان، مسکن و ضرورت استفاده از روش ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان ها نیازمند ارائه راهکار هایی به منظور استفاده عملی از روش های نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن و کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتاً کاهش هزینه اجراست. سبک سازی یکی از مباحث نوین در علم ساختمان است که روز به روز در حال گسترش و پیشرفت می باشد. این فن آوری عبارتست از کاهش وزن تمام شده ساختمان با استفاده از تکنیک های نوین ساخت، مصالح جدید و بهینه سازی روش های اجرا.

کاهش وزن ساختمان علاوه بر صرفه جویی در هزینه زمان و انرژی، زیان های ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله را کاهش داده و صدمات ناشی از وزن زیاد ساختمان را به حداقل می رساند. این در حالی است که آمار قابل توجه تلفات جانی در زلزله های اخیر توجه به رویکرد سبک سازی را ضروری می سازد. بر مبنای مطالعات انجام گرفته، علت اصلی عدم استقبال دست اندرکاران ساخت و ساز کشور از بتن سبک را می توان به کم بودن مقاومت بتن های سبکدانه ساخته شده نسبت داد. از این رو در این رساله سعی بر آن است که با استفاده از الیاف فولادی خواص مکانیکی بتن سبک را ارتقاء بخشید. البته تاثیر دیگر الیاف بر بتن سبک افزایش همگنی و یکنواختی بتن تازه است در واقع الیاف با تشکیل شبکه ای مانع از آن می شوند که سبکدانه ها که سبکتر از بقیه عناصر بتن هستند از ملات جدا گردند که به این ترتیب مخلوط همگن تری حاصل می شود. البته این امر در صورتی صحیح است که مقدار الیاف بسیار زیاد و بسیار کم نباشد. مقدار کم الیاف تاثیر زیادی بر همگنی ندارند در حالیکه مقدار زیاد الیاف در هم گیر کرده و خود باعث ناهمگنی بتن می شوند.

هدف از تحقیق

بکار گیری بتن سبک به عنوان یک نوع از مصالح ساختمانی نوین ضمن کاهش بار مرده ساختمان سرعت در اجرا را نیز افزایش می دهد. مزایای استفاده از بتن سبک سازه ای عبارتست از: بر خورداری از امتیاز سرعت در نصب، انطباق با هر نوع نقشه ساختمانی و جرم مخصوص کمتر نسبت به بتن معمولی می باشد. همانطور که انتظار می رود با کاهش جرم مخصوص بتن، مقاومت بتن نیز کاهش می یابد لذا در این رساله برای جبران این کاهش مقاومت و ارتقاء خواص مکانیکی بتن سبک از ۲ دسته الیاف فولادی صنعتی و بازیافتی استفاده شده است. لازم به ذکر است که هدف استفاده از الیاف فولادی بازیافتی امکان استفاده