استفاده از ذرات لاستیک تایر ضایعاتی و خاکستر پوسته شلتوک برنج در کامپوزیت های سیمانی

[۱] دکتر علی صدر ممتازی ، رومینا ذرشین زنوش [۲]

دانشیار دانشگاه گیلان[۱]

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران-سازه [۲]انشگاه گیلان

Romina_zarshin@yahoo.com

چکیده

رشد روز افزون وسایل نقلیه در جوامع بشری و در نتیجه افزایش لاستیک تایرفرسوده ناشی از آنها،مشکلات زیست محیطی وسیعی را به وجود آورده است. در این تحقیق سعی شده استفاده از ذرات لاستک تایر فرسوده در اندازه کوچکتراز ۱میلیمتر و خاکستر پوسته شلتوک برنج که از ضایعات کشاورزی به حساب می آید و الیاف پلی پروپیلن در کامپوزیت های سیمانی بررسی شود، استفاده از ذرات لاستیک تایر فرسوده در کامپوزیت های سیمانی ، موجب ایجاد محصولی با انعطاف پذیری و جذب انرژی زیاد می شود. ۵ نسبت حجمی از ذرات لاستیک فرسوده از ۱۰٪ تا ۵۰٪ وزنی سیمان در ماتریس کامپزیت سیمانی ،سه نسبت الیاف پلی پروپیلن شامل ٪۰/۱ و٪ ۰/۳ و٪ ۰/۵ حجمی کامپوزیت و ۲۰٪ وزنی سیمان از خاکستر پوسته شلتوک برنج ،در نمونه مکعبی با ابعاد (۵۰*۵۰*۵۰) میلیمتر آزمایش شده است. آزمایش ها شامل مقاومت فشاری،وزن مخصوص خشک ،مقاومت خمشی ، سختی خمشی ، آزمایش التراسونیک ، جذب آب می باشد. نتایج نشان میدهد که می توان از ضایعات غیر قابل استفاده کامپوزیت سیمانی و بتنی با وزن مخصوص کم و انعطاف پذیری زیاد و عایقی در برابر صوت و امواج دینامیکی به دست آورد.

واژه های کلیدی

لاستیک تایر ضایعاتی ،خاکستر پوسته شلتوک برنج ،کامپوزیت سیمانی منعطف، کامپوزیت سیمانی عایق صوت و امواج دینامیکی

۱- مقدمه

سیاست های توسعه پایداردرجهان امروزی اقتضا می کند تا راهکارهایی جهت کاهش آلاینده های زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد،.از جمله آلاینده های مهمی که در چرخه بازیافت طبیعت تجزیه نمی شود، لاستیک های مستعمل خودروها می باشند که با توجه به گسترش روزافزون صنعت خودرو سازی لازم است تا راهکار های مناسبی برای کاربرد آنها اندیشیده شود.

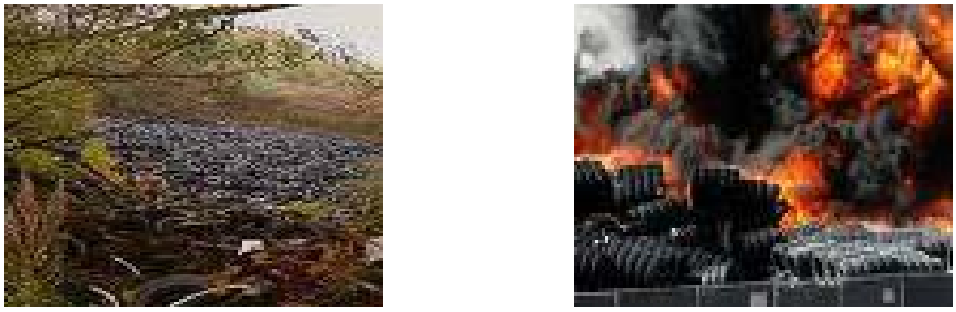
یکی از بزرگترین چالش های محیط زیستی موجود در اطراف کلان شهرها در جهان نحوه بازیافت و حذف مواد لاستیکی زائد از چرخه زیست محیطی می باشد.

امروزه فرآیندهای بازیابی با دو نگرش مهم استفاده بهینه از منابع موجود مصرف شده و حفاظت از محیط زیست، به طور جدی مورد توجه کشورهای جهان و در محدوده برنامه های توسعه آنان قرار گرفته است.

در ایران سالیانه حدود ۸ میلیون حلقه تایر مصرف می شود که این تایرها پس از فرسوده شدن به دور انداخته شده و نه تنها ایجاد مشکلات زیست محیطی می کند بلکه محیط مناسبی برای رشد انواع موش ها، حشرات و پشه ها فراهم می کند. به دلیل عدم تجزیه لاستیک دفن شده در گورستان زباله ها به وسیله واکنش های زیستی تجمع لاستیک در طی سال ها در این مکان ها بر مشکلات می افزاید. شکل(۱-۱).

برای حل این مشکل در حال توسعه راهکارهای زیر پیشنهاد می شود:

۱- استفاده از لاستیک دز مخلوط آسفالت و بتن [۱-۵]
۲- سوزاندن لاستیک برای تولید بخار
۳- استفاده مجدد از لاستیک برای تولید پلاستیک و لاستیک های جدید
علاوه بر این استفاده از لاستیک به عنوان سوخت کوره تولید سیمان و خوراک برای تولید کربن سیاه پیشنهاد شده است.



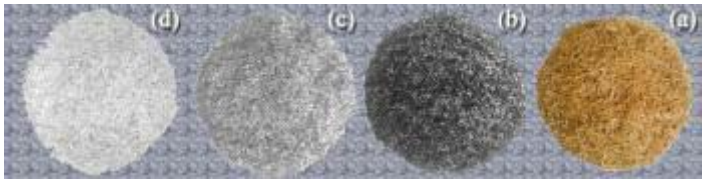
الف ب

شکل ۱-۱(الف، ب) : تجمع لاستیک تایرضایعاتی و آتش سوزی ناشی از تجمع تایرها

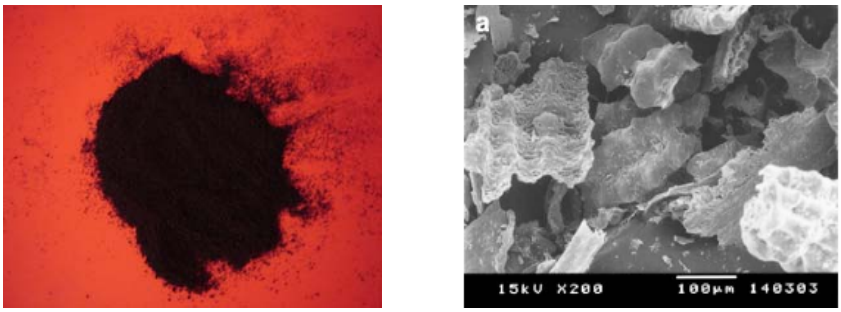
همچنین فیبر های زائد فرش در سال های اخیر بسیار در کامپوزیت های سیمانی مورد استفاده قرارگرفته است. [۶]
فیبر های طبیعی و مصنوعی به عنوان تقویت کننده ثانویه بعد از فولاد جهت کنترل افت پلاستیک بتن به آن اضافه می گردد. [۷]
پلی پروپیلن (شکل۱-۲) یکی از انواع فیبر های بکار رفته در ساخت و تولید فرش می باشد. کاربرد پلی پروپیلن و تاثیر آن بـر کامپوزیـت های سیمانی بستگی کامل به نوع و طول و درصد حجمی به کار رفته در ماتریس طرح اختلاط و طبیعت مواد مصرفی دارد.[۸-۱۰]

شکل ۱-۲(الف، ب) : الیاف پلی پروپیلن

نظر به اینکه با رشد روز افزون جمعیت در دنیا و افزایش نیازهای آدمی، روز به روز بر میزان ضایعات صنعتی و کشاورزی افزوده می شود؛ لذا یکی از صنایعی که امکان بهر ه وری از این ضـایعات را فـراهم م یکنـد، صـنعت سـاختمان مـی باشـد .براسـاس اسـتاندارد 618 - ASTM-C می توان خاکستر پوسته برنج(R.H.A) (شکل ۱-۳) از پوزولانهای مصنوعی بشمار آورد؛ چـرا کـه بـا اسـتفاده از مخلـوط پوستهٔ برنج و آهک به نسبت مساوی و پختن آنها در کور ه ای مناسب، (در دمایC 600 و زمان نگهداری 4 ساعت) مـی تـوان نـوعی ماده چسبنده هیدرولیکی مشابه سیمان تولید کرد که خود نوعی ماده پوزولان محسوب می شود .



شکل ۱-۳:روند تشکیل خاکستر پوسته ی برنج در شرایط گوناگون (a) پوسته برنج خاکستر (b) پوسته برنج با مقادیر کربن نسوخته زیاد (c) خاکستر پوسته برنج بهینه سازی شده (d) خاکستر پوسته برنج با مقادیر زیاد کریستال سیلیس



شکل ۱-۴ : الف- عکس برداری الکترونی از خاکستر پوسته شلتوک برنج ب- ذرات تایر ضایعاتی کوچکتر از ۱ میلیمتر

۲- مصالح مصرفی

ذرات لاستیک استفاده شده در این تحقیق از لاستیک تایر ضایعاتی (شکل ۱-۴ – ب) خورد شده اتومبیل در اندازه کوچکتر از ۱ میلیمترو وزن مخصوص ذرات لاستیک استفاده شده در حدود $۵۰۶kg/m^3$ می باشد. شکل ذرات لاستیک تایر ضایعاتی را نشان می دهد.

سیمان استفاده شده در این تحقیق سیمان تیپ ۱ (۴۲۵ مازندران)می باشد. که داری وزن مخصوص kg/m^3 ۳/۱۵ می باشد.

ابتدا ذرات لاستیک و سیمان به صورت خشک با هم مخلوط می شوند. ذرات لاستیک جایگزین ۱۰٪ تا ۵۰٪ حجم سیمان در ماتریس سیمانی می باشند.برای بدست آوردن کارایی ثابت و مناسب برای همه کامپوزیت ها میزان آب اضافه شده به ماتریس سیمانی با توجه به فرمول (۱- ۱) می باشد. که در این فرمول Wوزن آب و C وزن سیمان و R وزن ذرات لاستیک ضایعاتی می باشد. همچنین در کامپوزیت ها با توجه به اضافه کردن خاکستر پوسته شلتوک برنج از فوق ران کننده نیز استفاده شده است.

$$W=0.27C+.3R$$ فرمول۱-۱

نمونه ها در اندازه (۵۰*۵۰*۵۰) میلیمتر و (۵۰*۵۰*۲۰۰) میلیمتر تحت شرایط ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجه سا نتیگراد و رطوبت ۱۰۰٪ برای انجام آزمایشات در نظر گرفته شد. میانگین نتیجه ۳ نمونه برای هر آزمایش ملاک قرار گرفته شده است.

لازم به توضیح است که استفاده از پوزولان همانند خاکستر پوسته شلتوک (شکل ۱-۴- الف) برنج بیشترین تاثیر را در مقاومت فشاری و جذب آب نمونه می گذارد.

۲- نتایج آزمایش ها و بحث در مورد آن

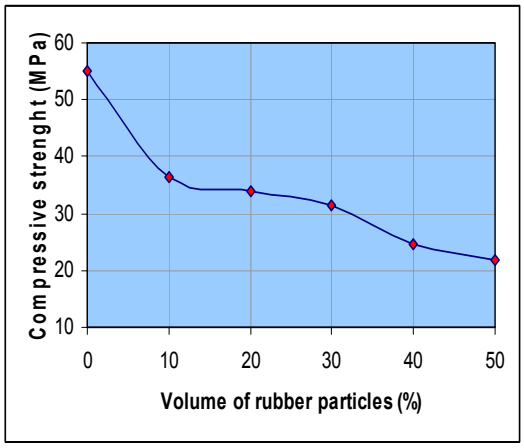
۲-۱- مقاومت فشاری (شکل ۲-۱)

افزایش محتوای ذرات لاستیک ضایعاتی، مقاومت فشاری نمونه ها یی را کاهش می دهد. (شکل ۲-۲)

کاهش در مقاومت فشاری، ریشه در خصوصیات فیزیکی ذرات لاستیک دارد. کاهش مقاومت می تواند به دلیل عملکرد لاستیک ها به عنوان مواد نرم که سبب ایجاد تمرکز تنش می شوند ، باشد. تمرکز تنش می تواند سبب جداشدن لاستیک از ماتریس سیمانی شود و همچنین میکرو ترک ها را در بتن سبب می شود.

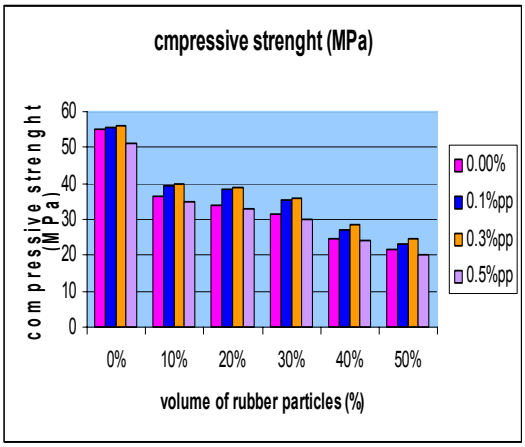
مقاومت کم کامپوزیت سیمانی به تمرکز تنش بالا در آن بر می گردد بیشترین تنش در خمیر سیمان است که سبب ترک خوردن آن می شود. در این حالت ترک ها ادامه می یابند تا به لاستیک برسد. به نظر می رسد اگر پیوند بین لاستیک و سیمان قوی باشد تا زمانی که لاستیک پاره نشود. به عنوان مانع پیشروی ترک عمل می کند. ولی نتایج نشان می دهد که پیوند لاستیک با بتن ضعیف است و قبل از اعمال تنش زیاد به لاستیک جداشدگی در این ناحیه اتفاق می افتد .

شکل ۲-۱ : بارگزاری فشاری

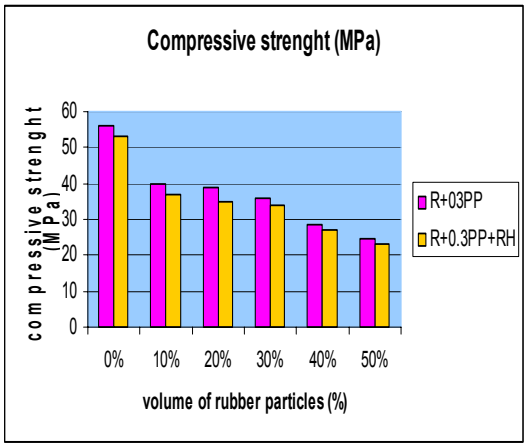


شکل ۲-۲: نمودار مقاومت فشاری بر حسب درصد ذرات لاستیک

راه حل پیشنهادی اول به منظور افزایش پیوند ذرات تایر لاستیک و سیمان در کامپوزیت استفاده از الیاف پلی پروپیلن می باشد.
استفاده از فیبر پلی پروپیلن موجب افزایش مقاومت فشاری نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی لاستیک تایر ضایعاتی می شود. البته طول الیاف و درصد جایگزینی آن در کامپوزیت نیز در میزان مقاومت تاثیر گذار است. (شکل ۲-۳)



شکل ۲-۳: نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه کامپوزیت های حاوی الیاف پلی پروپیلن اوی



شکل ۲-۴: نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه کامپوزیت های سیمانی حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج

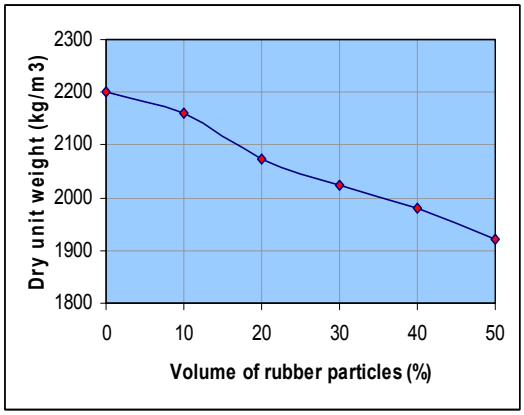
همچنین قابل ذکر است که مقاومت نمونه های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج (شکل ۲-۴) در سنین اولیه تا ۲۸ روز پایین بوده و از ۲۸ روز به بعد واکنش های پوزولانی سرعت بیشتری یافته تا در ۶۰ و ۹۰ روز به مقاومت نمونه کنترل می رسد. این مطلب نشان می دهد که خاکستر پوسته شلتوک برنج در سنین اولیه نمونه ها، چندان خاصیت پوزولانی و افزایندگی مقاومت از خود نشان نمی دهد ، خاکستر پوسته شلتوک ولی با افزایش عمر نمونه ها ، سرعت این واکنش ها افزایش چشمگیر می یابد و در سنین بالا مقاومت آن به مقاومت نمونه های کنترل بسیار نزدیک می گردد.

بر اساس نمودار مشهود است که جایگزینی ٪۲۰ خاکستر پوسته شلتک برنج بهترین درصد ممکنه است.

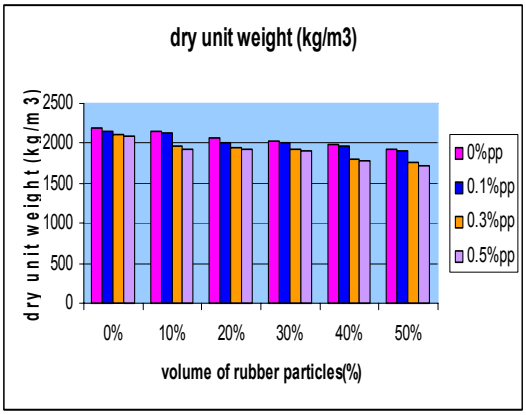
خاکستر پوسته شلتوک برنج که از جمله ضایعات کشاورزی به حساب می اید از نقطه نظر زیست محیطی قابل توجه می باشد.

۲-۲- وزن مخصوص خشک

با توجه به شکل ۲-۵ افزایش مقدار لاستیک از ۰٪ تا ۵۰٪ حجمی سیمان، وزن مخصوص نمونه های کامپوزیت سیمانی کاهش می یابد . علت کاهش وزن مخصوص نمونه ها اختلاف چگالی $3150 kg/m^3$ سیمان و $506 kg/m^3$ ذرات لاستیک می باشد. از سوی دیگر افزایش ذرات لاستیک ، مقدار هوای محبوس در بتن را زیاد می کند که سبب کاهش وزن مخصوص می شود. این امر می تواند به دلیل غیرقطبی بودن لاستیک و توانایی به دام انداختن حباب های هوا در سطح زیرش باشد. همچنین لاستیک اضافه شده می تواند با دفع آب هوا را جذب کند. بنابراین هوای محبوس شده در نمونه های کامپوزیت سیمانی زیاد شده و وزن نمونه ها کاهش می یابد.



شکل ۲-۵: وزن مخصوص خشک نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک



شکل ۲-۶ : وزن مخصوص خشک نمونه های حاوی ذرات لاستیک و الیاف پلی پروپیلن

همچنین می توان با اضافه کردن فیبر پلی پروپیلن نیز باعث کاهش مقدار وزن مخصوص به مقدار جزئی شد. و نمونه های کامپوزیتی سبک تری به دست آورد. لازم به ذکر است که درصد جذب آب الیاف پلی پروپیلن نیزصفرمی باشد. (شکل۲-۶)

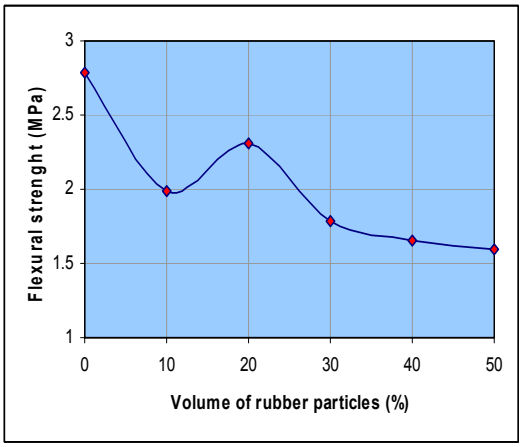
۲-۳- مقاومت خمشی

شکل ۲-۷ بارگذاری خمشی را بر روی نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک نشان می دهد. نمونه های تیری به ابعاد $50 \times 50 \times 200 mm^3$ مورد آزمایش خمشی قرار گرفته است.سرعت بارگذاری در حدود $3 mm/s$ می باشد. شکل ۲-۷ منحنی مقاومت خمشی را نشان می دهد. منحنی ابتدا کاهشی در نمونه های حاوی ۰٪ تا ۱۰٪ ذرات لاستیک تایر ضایعاتی را نشان می دهد سپس یک مقدار حداکثری را در نمونه های حاوی ۲۰٪ لاستیک تایر ضایعاتی را نشان می دهد. کاهش مقاومت خمشی را می توان با توجه به کاهش مقدار سیمان در نمونه های کامپوزیت سیمانی و همچنین کاهش چسبندگی ما بین ذرات لاستیک و سیمان در ماتریس سیمانی بیان نمود.

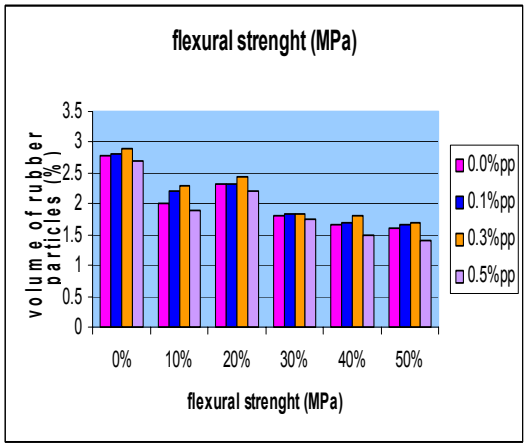
آزمایش به صورت اتومکانیک توسط کامپیوتر صورت گرفته است. و میزان تنش خمشی محاسبه شده است.

شکل۲-۷ الف و ب : شکست خمشی نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک

بر اساس اصل کلی حاکم بر خمش، در هنگام اعمال بارهای خمشی به نمونه ها ،در یک طرف تار خنثی تنش کششی و در طرف دیگر تنش فشاری ایجاد می کنند. تا با ایجاد کوپل نیروهای کششی و فشاری، ممان خمشی وارده را خنثی نمایند.
به علت کم بودن مقاومت کششی بتن در مقایسه با مقاومت فشاری آن در تنش های پایین تر و قبل از این که بتن در ناحیه فشاری به مقاومت نهایی خود برسد، خرابی روی می دهد. در نتیجه مهمترین عامل کاهش مقاومت خمشی هم مانند مقاومت کششی عدم چسبندگی خوب بین لاستیک و خمیر سیمان است. این نتیجه از آن جا ناشی می شود که بعد از شکسته شدن نمونه های مقاومت خمشی می توان خرده لاستیک ها را به سهولت و با انگشت دست از بتن جدا نمود. شکل
علل این رفتار می تواند به صورت زیر باشد:
شکل (۲- ۸) مقاومت خمشی نمونه های کامپوزیتی حاوی الیاف پلی پروپیلن را نشان می دهد.عملکرد مثبت الیاف در بهبود مقاومت خمشی را می توان چنین توجیه کرد که استفاده از الیاف پلی پروپیلن معادل ۰.۱٪ حجمی معادل همراه نمودن رشته های بیشماری از الیاف در هر متر مکعب نمونه های کامپوزیتی می باشد.



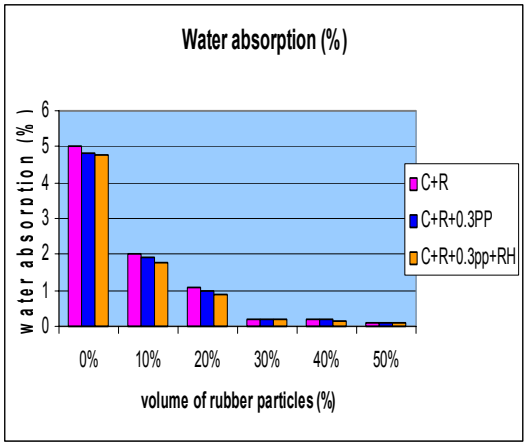
شکل ۲-۷: مقاومت خمشی نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک



شکل ۲-۸ : مقاومت خمشی نمونه های حاوی ذرات لاستیک و الیاف پلی پروپیلن

۲-۴- جذب آب

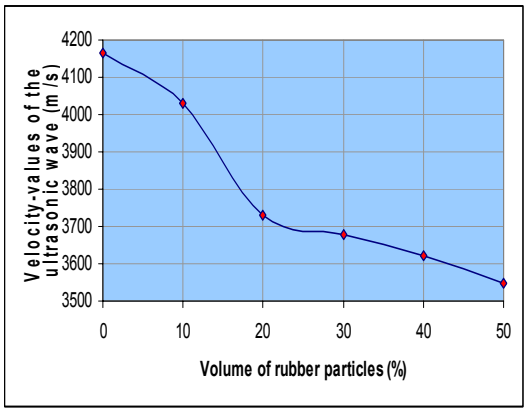
در شکل۲-۹ جذب آب در نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی درصد های مختلف ذرات لاستیک تایر ضایعاتی نشان داده شده است. جذب آب در نمونه های کامپوزیتی فاقد سیمان٪ ۵ می باشد که با افزایش ذرات لاستیک تایر ضایعاتی این مقدار به ۱٪ کاهش می یابد. این فرایند می توان به دلیل خصوصیات غیر قطبی ذرات لاستیک و افزایش هوای درون نمونه ها باشد.
نتایج نشان می دهد ه با افزایش در صد فیبر pp به ماتریس میزان درصد جذب آب نیز افزایش می یابد.
فیبر پلی پروپیلن به دلیل وجود بارهای الکتریکی و جذب الکتریکی آب در ماتریس موجب افزایش آب مصرفی و همچنین افزایش جذب آب در نمونه ها می گردد. با نگاهی اجمالی به نمودار جذب آب بدست آمده می توان دریافت که استفاده از مواد پوزولانی باعث کاهش میزان جذب اب شده است .البته استفاده از خاکستر پوسته شلتوک برنج با افزایش میزان جذب اب نسبت به نمونه کنترلی همراه است که علت ان را می توان در واکنش کند پوزولانی آن در سنین اولیه جستجو کرد. به طوری که در مراحل اولیه هیدراسیون خاکستر پوسته شلتوک برنج فعالیت پوزولانی زیادی از خود نشان نمی دهد. که موجب باقی گذاشتن حجم زیادی از فضای خالی و لوله های موئینه پر نشده با محصولات واکنش های پوزولانی می گردد.



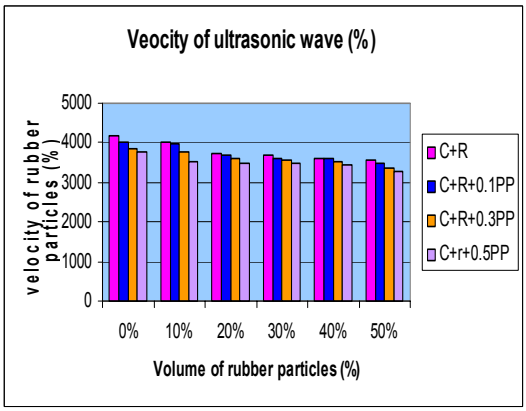
شکل۲-۹ : جذب آب نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک و الیاف پلی پروپیلن

۲-۵- جذب امواج التراسونیک

همان طور که در شکل ۴-۲۱ نشان داده شده است ، سرعت عبور امواج از ۴۱۷۰ m/s برای خمیر سیمانی بـه ۳۵۰۰ m/s برای کامپوزیت سیمانی حاوی ٪ ۵۰ ذرات لاستیکی کاهش می یابد.این کاهش در حدود ٪ ۱۵ می باشد، کـه مقـدار مناسـبی برای کاهش شدت امواج لرزشی ایجاد شده ناشی از برخورد وسایل نقلیه با موانع بتنی می باشد.



شکل ۲-۱۰: سرعت امواج التراسونک عبوری از نمونه های کامپوزیت سیمانی حاوی ذرات لاستیک



شکل ۲-۱۱: سرعت امواج التراسونک عبوری از نمونه های کامپوزیت حاوی ذرات لاستیک تایر و الیاف پلی پروپیلن

می توان با استفاده از الیاف پلی پروپیلن باز هم سرعت عبور امواج التراسونیک و در نتیجه سرعت عبور امواج را کاهش داد. (شکل۲-۱۱)

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- استفاده از ذرات لاستیک تایر ضایعاتی و خاکستر پوسته شلتوک برنج و الیاف پلی پروپیلن که از ضایعات صنعت فرش به حساب می آیند کمک شایانی به محیط زیست می کند.

۲- استفاده از ذرات تایر ضایعاتی در کامپوزیت های سیمانی و بتن موجب کـاهش مقاومـت فشـاری نمونـه هـا مـی شـود. و استفاده از الیاف پلی پروپیلن مقداری از این کاهش می کاهد.

۳- استفاده از خاکستر پوسته شلتوک برنج مقاومت نمونه های حاوی ذرات لاستیک تایر ضایعاتی را کاهش می دهد ولی در دراز مدت این کاهش تقلیل می یابد.

۴- می توان از بتن های حاوی ذرات لاستیک تایر ضایعاتی به عنوان بتن محافظ کنار و وسط جاده استفاده کرد.

۵- از کامپوزیت های سیمانی و بتن حاوی ذرات تایر ضایعاتی و الیاف پلی پروپیلن می توان به عنوان عایق صوت و امواج دینامیکی استفاده کرد.

۶- این کامپوزیت ها در مقابل ترک از نمونه های فاقد لاستیک مقاوم ترند و در زمان بیشتری منهدم می شوند.

۷- از کامپوزیت های سیمانی حاوی ذرات لاستیک تایر ضایعاتی می توان به عنوان کامپوزیتی منعطف نام برد.

مراجع

[1] N.Sergo, I.joekes.[2000]. "Use of rubber particles as addition to cement paste." Cement and Concrete Research 30 (2000) 1421-1425

[2] F.Hernandez-Olivares, G.Barluenga,M.Bollati, B.Witoszek.[2002]. "Static and dynamic behaviour of recycled tyre rubber-filled concrete." Cement and Concrete research 32 (2002) 1587-1596.

[3] Rafat Siddique,Tarun R.Naik.[2004]. "Properties of concrete containing scrap-tire rubber-an overview." Waste Management 24 (2004) 563-569

[4] A.C.MARQES, J.L.AKASAKI, A.P.M.TRAGO, M.L.MARQUES. [2008]. "Influence of the surface treatment of tire rubber residues added in mortars ."Volume 1,Number 2 (june,2008) p.113-120.ISSN 1983-4195

[5] M.Turki, E.Bretagne, M.J.Rouis, M.queneudec.[2009]. "Microstructure, physical and mechanical properties of mortar-rubber aggregates mixtures." Construction and building Materials.

[6] Wang,Y., H.C. Concrete reinforcement with recycled fibers. (2000) Journal of Materials in civil engineering.

[7] Auchey, Flynn l. Dutta, Piyush K. use of recycled high density polyethylene fibers as secondary reinforcement in concrete subjected co severe environment , Proceeding of the international offshore and polar engineering conference-(1996)

[8] Wu, H-C,Lim, Li,V.C. application of recycled tire cord in concrete for shrinking crack control , Journal of materials science letters, volume 15, issue 20, 15 October (1996), pages 1828-1831.

[9] Balagurn PN,Shah SP .Fiber reinforced cement composites. New York: McGraw-Hill, inc, (1992):367p.

[10] S.Kumar,M.B.Polk,and Y.Wang fundamental studies on the utilization of carpet waste. Presented at the SMAR (secondary materials & recycled textiles, an international association) (1994) mid-year conference July, (1994) , Atlanta, GA.