

بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی ذرات لاستیک ضایعاتی در راستای توسعه پایدار

حسن سوسنی^{۱*}، امیر محمودزاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۶ آبان ۹۲ تاریخ پذیرش: ۳ بهمن ۹۲

چکیده

یکی از ایده های مطرح جهت رسیدن به ترکیب بتنی بهتر، ارزان تر و با خواص مناسب تر استفاده از لاستیک تایر ضایعاتی است که بازیافت آن کمک زیادی به حفظ محیط زیست و توسعه پایدار می کند است. در این تحقیق به منظور بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی ذرات لاستیک ضایعاتی تحقیقات آزمایشگاهی انجام گرفت که با مینا قرار دادن طرح اختلاطی که مقاومت فشاری نمونه مکعبی آن ۴۰ مگاپاسگال بود و سپس جایگزینی ۱۰ درصد وزنی ماسه مصرفی با ذرات لاستیک تایر ضایعاتی (بدون تغییر سایر پارامترها)، آزمایش های لازم جهت تعیین مقاومت فشاری و کششی و درصد جذب آب انجام و با استفاده از میکروسلیس روند تغییرات پارامترهای مذکور بررسی گردید. بر اساس نتایج به دست آمده. مشخص شد که با استفاده از ذرات لاستیک ضایعاتی در بتن می توان ضمن حرکت در راستای توسعه پایدار، با کاربرد میکروسلیس می توان بتن سازه ای مناسبی تولید نمود.

واژگان کلیدی: بتن، طرح اختلاط، مقاومت فشاری، مقاومت کششی، ذرات لاستیک تایر، میکروسلیس.

۱. مقدمه

بازیافت فرآیندی است که در نتیجه ی آن مواد زائد جدا شده و به عنوان ماده ی خام برای تولید محصولات جدید به کار گرفته می شود. در نتیجه فرآیند بازیافت، حجم زباله های ورودی به محیط زیست و آلودگی ناشی از آن کاهش خواهد یافت. لاستیک های مستعمل زباله های خاصی هستند و از لحاظ شیمیایی، اندازه، حالت و شکل با بقیه زباله ها متفاوت می باشند. لاستیک از مواد پلیمری تشکیل شده است که به راحتی در طبیعت تجزیه نمی شوند. در ادامه به روش های مختلف رایج در دفع لاستیک های تایر ضایعاتی اشاره و

مشکلات ناشی از آن ها بررسی شده است.

الف) روش دفن زباله های لاستیکی: چنین روشی در گذشته متداول بوده و رو به کاهش است زیرا یکی از دلایل آن عدم تجزیه آن و دیگری شکل و حالت خاص بازیافت لاستیک های ضایعاتی و کاربرد آن ها در بتن می افزاید عبارتند از:

الف) قیمت تمام شده ی پایین جهت تهیه آن ب) خواص مناسب ج) راه حل مناسب و بدون آثار سوء دفع محصولات زائد د) کمک به حفظ محیط زیست ممکن است در تمام نقاط کشور امکان لازم فراهم نباشد و نیز جهت بهبود عملکرد توصیه می شود در

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشگاه مهندسی بحران های طبیعی شاخص پژوه: hasan.sosani@yahoo.com

۲. استادیار، پژوهشگاه مهندسی بحران های طبیعی شاخص پژوه، اصفهان.

در این پژوهش آزمایشگاهی هدف بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی ذرات لاستیک تایر ضایعاتی همچون مقاومت فشاری، مقاومت کششی، چگالی و درصد جذب آب بتن می باشد. لیکن با رجوع به مطالعات گذشته مبنی بر افت برخی از پارامترهای مذکور در اثر کاربرد ذرات لاستیک به جای درصدی از ماسه، با استفاده از میکروسلیس به عنوان ماده پوزولانی روند جبران افت پارامترهای مطرح شده بررسی شده است

۲. مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد لاستیک

ضایعاتی در بتن

گنجیان و همکاران در سال ۲۰۰۸ مقاله ای با عنوان «جایگزین نمودن لاستیک ضایعاتی به جای سنگدانه و سیمان در بتن» ارائه نمودند. در نتایج آن ها جایگزین نمودن ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد سیمان با پودر لاستیک به ترتیب باعث کاهش حدود ۱۶، ۲۳ و ۳۷ درصد مدول الاستیسیته بتن گردیده است. همچنین جایگزین نمودن ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد سیمان با پودر لاستیک به ترتیب باعث کاهش ۱۰، ۱۳ و ۲۹ درصد مقاومت خمشی بتن گردیده است. [۲]

نوری و همکاران در سال ۲۰۱۰ با مقاله ای با عنوان «مطالعه آزمایشگاهی تأثیر افزودن درصدهای مختلف تایر فرسوده اتومبیل بر روی کارایی بتن» به مواردی همچون افزایش کارایی در بتن اشاره و آن را در راستای حفظ محیط زیست ارزیابی کرده اند. [۳]

باتاینه و همکاران در سال ۲۰۰۸ مقاله ای با عنوان «ترویج استفاده از بتن حاوی خرده لاستیک در کشورهای در حال توسعه» ارائه نمودند. در تحقیقات آن ها جایگزین نمودن ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد حجم ماسه با ذرات لاستیک باعث کاهش به ترتیب حدود ۳۰، ۴۴/۵، ۶۲/۵، ۷۹ و ۸۳ درصد مقاومت خمشی بتن می گردد. همچنین آن ها در مقاله‌ی خود آورده اند: بتن حاوی درصدهای زیاد ذرات لاستیک دارای چقرمگی بالایی می باشد زیرا انرژی ایجاد شده عمدتاً پلاستیک است. [۴]. ایکانامو و ماوریدو در سال ۲۰۰۹ مقاله ای با عنوان «بهبود مقاومت در برابر نفوذ یون

سازه های دریایی و ساحلی که در مجاورت مداوم آب می باشند از این نوع بتن استفاده شود. برای ساخت هر ماده‌ای جنبه های مختلف بایستی مدنظر قرار گیرد. به طور مثال در ساخت بتن علاوه بر دانش مهندسی عمران، بایستی نیم نگاهی هم به علوم دیگر نظیر محیط زیست و مدیریت انرژی داشت. می توان استفاده از مواد ضایعاتی در بتن را در همین راستا توجیه نمود. همچنین بایستی یادآور شد همان گونه که در شکل آن است. ب) روش نگهداری در محیط باز (تل انبار): علاوه بر اینکه نیازمند به مکان مناسب بوده ولی به هر حال محیط مناسبی را برای لانه گزینی حشرات و جانوران موذی فراهم می کند که منشا انواع بیماری های خطرناک می باشد. ج) سوزاندن آنها، که بدترین روش و قاتل محیط زیست می باشد. دود غلیظ شامل هیدروکربن های سوخته شده می باشد علاوه بر آلودگی محیط زیست حاوی گازهای سمی خطرناک است. از جمله دلایلی که بر اهمیت و حفظ سلامتی اجتماع با جلوگیری از روش های نادرست دفع آنها و بهبود خواص بتن نیز نتیجه ای چون افزایش بهره‌وری را به دنبال خواهد داشت. بنابراین میتوان گفت: « استفاده از مواد ضایعاتی در بتن گامی موثر در راستای توسعه پایدار خواهد بود. » [۱].



شکل (۱): دفع نامناسب لاستیک تایر ضایعاتی [۱]

کلراید برای بتن های حاوی لاستیک حاصل از تایرهای فرسوده اتومبیل ها» ارایه نمودند. نتایج تحقیقات آن ها نشان داده است: افزایش درصد لاستیک در بتن باعث کاهش جریان عبور کرده (کولمب) و به عبارت دیگر کاهش نفوذ یون کلراید (افزایش مقاومت در برابر نفوذ یون کلراید) می گردد. در این تحقیقات جایگزین نمودن ۲/۵ تا ۱۵ درصد وزنی ماسه با ذرات لاستیک باعث کاهش نفوذ یون کلراید در بتن از ۱۴/۲۲ تا ۳۵/۸۵ درصد شده است. [۵].

سوکتاسوکول در سال ۲۰۰۹ مقاله ای با عنوان «استفاده از خرده لاستیک برای بهبود خواص حرارتی و صوتی پانل های بتنی پیش ساخته» ارایه نمود. نتایج تحقیقات او نشان داده است: همه بتن های حاوی ذرات لاستیک نسبت به بتن های معمولی دارای نرخ انتقال حرارت کمتر و مقاومت ویژه گرمایی بیشتر هستند. نرخ انتقال حرارت آن ها به اندازه و مقدار ذرات لاستیک موجود در مخلوط بستگی دارد. کاهش اندازه ذرات لاستیک در مخلوط باعث کاهش نرخ انتقال حرارت می گردد. [۶].

تورگوت و سیلاتا در سال ۲۰۰۸ مقاله ای با عنوان «عملکرد فیزیکی - مکانیکی و حرارتی آجرهای جدید حاوی لاستیک» ارایه نمودند. نتایج این تحقیق نشانگر آن است که استفاده از لاستیک در آجرهای بتنی باعث بهبود خاصیت عایق بین ۵ تا ۱۱ درصد بسته به مقدار لاستیک می شود. [۷].

آلبانو و همکاران در سال ۲۰۰۵ با مقاله ای با عنوان «تأثیر افزودن لاستیک ضایعاتی به بتن با سیمان پرتلند نوع I آزمایشات مخرب و غیرمخرب» ارایه نمودند. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از ذرات لاستیک در بتن باعث کاهش سرعت انتشار امواج آلتراسونیک در بتن و به عبارت دیگر افزایش مقاومت بتن در برابر صوت می گردد. همچنین افزایش درصد لاستیک در بتن از ۵ درصد به ۱۰ درصد باعث افزایش بیشتر مقاومت بتن در برابر صوت گردیده است [۸].

۳. روش تحقیق

مصالح مصرفی برای ساخت نمونه های بتنی در این تحقیق شامل درشت دانه، ریز دانه، سیمان، ذرات لاستیک تایر ضایعاتی آب و فوق روان کننده می باشد. سنگدانه های شن و ماسه از نوع تجاری بر اساس آیین نامه ASTM C33 استفاده شده و منبع آن هم از معدن اصفهان شن می باشد. درشت دانه ها از نوع شکسته نامنظم با حداکثر اندازه ذرات ۲۵ میلیمتر، چگالی ظاهری ۲/۶۸، جذب آب (SSD) ۰/۵ درصد و ریزدانه از نوع مخلوط طبیعی و شکسته با چگالی ظاهری ۲/۶۴، جذب آب ۰/۷ درصد تهیه شده است. سیمان مصرفی از نوع تیپ II اردستان، و ذرات لاستیک به کار رفته حاصل خرد کردن ضایعات تایر های اتومبیل با مدول الاستیسته ۲۲ و مقاومت کششی ۲۸ مگاپاسکال و از صنایع لاستیک سازی اطلس تهیه شده اند. آب مصرفی از نوع شرب می باشد. همان گونه که در جدول (۱-۳) مشاهده می شود، ابتدا طرح اختلاط بتن بر اساس ACI که دارای مقاومت فشاری نمونه مکعبی ۴۰ مگاپاسکال باشد به عنوان مبنا در نظر گرفته شد و سپس برای بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی ذرات لاستیک تایر ضایعاتی (جایگزینی ۱۰ درصد وزنی ماسه با ذرات لاستیک تایر ضایعاتی با دانه بندی مشابه) تعداد ۳۰ نمونه مکعبی (۱۵۰*۱۵۰*۱۵۰ میلی متر) و ۱۲ نمونه استوانه ای استاندارد (۱۵۰*۳۰۰ میلی متر) ساخته شد.

نمونه های مذکور پس از خروج از قالب در حوضچه آب با دمای استاندارد قرار گرفته و در فواصل زمانی ۷ و ۲۸ روزه، تعیین مقاومت فشاری نمونه های مکعبی طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۲۰۲ انجام شده است و تعیین مقاومت کششی یا دو نیم شدن نمونه های استوانه ای مطابق با استانداردهای ASTM_{c192}، ASTM_{c39}، ASTM_{c31}، ASTM_{c42} انجام پذیرفته است.

آزمایش دانه بندی سنگدانه ها مطابق استاندارد انجام شده است. شکل های (۱-۳) و (۲-۳) منحنی دانه بندی ماسه و شن مصرفی را نشان داده است.

جدول (۱): طرح اختلاط مینا (کیلوگرم بر متر مکعب)

مواد تشکیل دهنده	شن	ماسه	سیمان	آب	W/C
طرح اختلاط مینا	۷۳۱	۱۰۴۶	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۰/۴۵

ب) لاستیک ریزدانه^۲: در جایگزینی با ماسه استفاده شده و قطر دانه ها بین ۰/۵ تا ۴/۷۶ میلیمتر است.

ج) لاستیک درشت دانه^۳: برای جایگزینی با شن به کار می رود. قطر دانه های آن معمولا بین ۲ تا ۷۶ میلیمتر است.

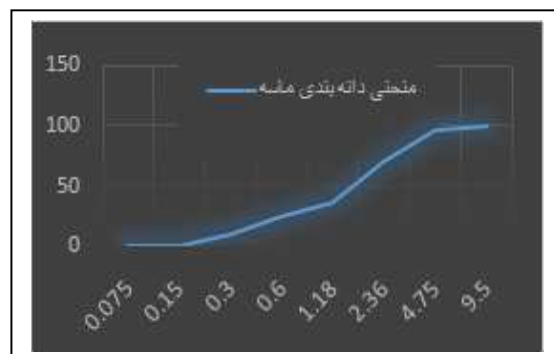
د) لاستیک الیافی شکل: برای جایگزینی به جای شن به کار می رود. عرض و ضخامت آن ها کمتر از ۵ میلیمتر و طولی حدود ۲۵ تا ۷۶ میلیمتر دارد.^۴

جهت ساخت بتن از میکسر سیار با طرح های در نظر گرفته شده استفاده شد. همچنین از قالب های مکعبی ۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰ میلی متر و استوانه ای ۳۰×۱۵۰ میلی متر جهت تهیه نمونه ها استفاده شده است. نمونه ها ۲۴ ساعت پس از ساخت بتن از قالب ها خارج و به مدت ۷ و ۲۸ روز در حوضچه آب تا زمان آزمایش نگهداری شدند.

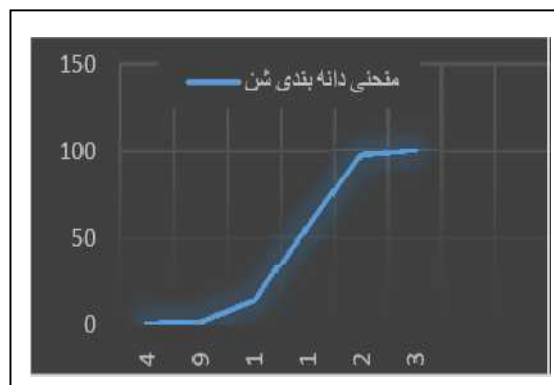
۴. نتایج آزمایشگاهی و تفسیر آن ها

۴.۱ معرفی طرح های اختلاط و کدگذاری آن ها:

در این پژوهش با طرح های اختلاط مشخصی نمونه های بتن ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. در جدول (۴-۱) کدگذاری طرح اختلاط های این پژوهش معرفی شده است. نکته قابل توجه در این پژوهش این است که اگرچه با جایگزینی ذرات ماسه در طرح اختلاط مینا حجم مینا تغییر می کند. لیکن تغییر حجم بسیار اندک و تاثیر آن هم در نتایج آزمایش ها قابل چشم پوشی است.



شکل (۲): منحنی دانه بندی ماسه



شکل (۳): منحنی دانه بندی شن

لاستیک های ضایعاتی را می توان در ۴ نوع طبقه بندی کرد:

الف) پودر لاستیک^۱: معمولا در جایگزین کردن با سیمان استفاده می شود. قطر دانه های آن معمولا کمتر از ۰/۵ میلیمتر می باشد.

^۲Crumb rubber

^۳Chipped rubber

^۴Fiber

^۱Powdered or ground rubber

جدول (۲): طرح های اختلاط برحسب (kg/m³)

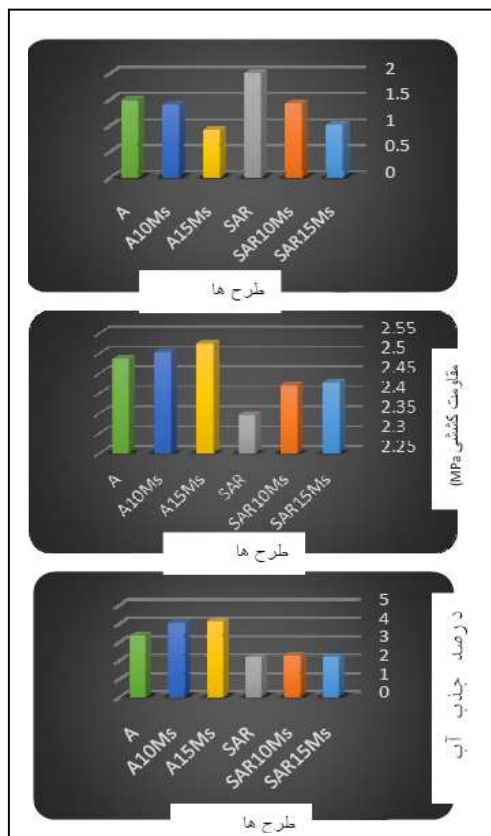
کد طرح	سیمان	آب	شن	ماسه	میکرو سیلیس	ذرات لاستیک
A	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۱۰۴۶	۰	۰
A10 Ms	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۱۰۴۶	۴۲/۵	۰
A15 Ms	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۱۰۴۶	۶۳/۷۵	۰
SAR	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۹۴۱/۴	۰	۱۰۴/۶
SAR10Ms	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۹۴۱/۴	۴۲/۵	۱۰۴/۶
SAR15Ms	۴۲۵	۱۹۱/۲۵	۷۳۱	۹۴۱/۴	۶۳/۷۵	۱۰۴/۶

میکروسیلیس افزوده و A15Ms نامگذاری شد. کد SAR بیانگر طرحی است که به طرح مبنا ۱۰ درصد وزنی ماسه با ذرات لاستیک تاثیر ضایعاتی که دانه بندی آن ها در حد و اندازه ذرات ماسه است جایگزین شده است. کد SAR10Ms بیانگر همان طرح SAR بوده ولی به اندازه ۱۰ درصد وزنی سیمان میکروسیلیس به آن افزوده شده است. کد SAR15Ms نیز طرح SAR که به اندازه ۱۵ درصد وزنی سیمان میکروسیلیس به آن افزوده شده است.

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می گردد نتایج آزمایش ها بر روی نمونه های مکعبی (مقاومت فشاری و درصد جذب آب) و استوانه ای (مقاومت کششی) آمده است. با توجه به شکل (۵) نمودار مقایسه ای نتایج مذکور نیز ترسیم گردیده است.

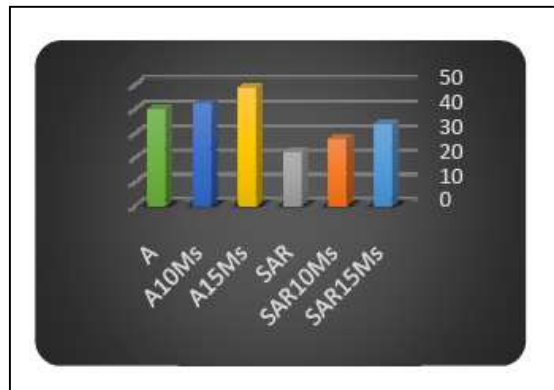
جدول (۳): نتایج آزمایش ها

طرح	چگالی	مقاومت فشاری (نمونه مکعبی) F _{c7} (MPa)	مقاومت فشاری (نمونه مکعبی) F _{c28} (MPa)	مقاومت کششی (نمونه استوانه ای) F _{c28} (MPa)	درصد جذب آب (نمونه مکعبی)
A	۲/۴۸۵	۳۴/۱۵	۴۰	۳/۳۵	۱/۴۹
A10Ms	۲/۵۰۳	۳۹/۳۲	۴۲/۲	۴/۰۲	۱/۴
A15Ms	۲/۵۲۴	۴۴/۶۶	۴۸/۸	۴/۱۳	۰/۹۲
SAR	۲/۳۴۵	۱۹/۱۰	۲۲/۲	۲/۱۸	۲
SAR10 Ms	۲/۴۲۰	۲۴/۴۰	۲۸	۲/۲۹	۱/۴۳
SAR15 Ms	۲/۴۲۶	۲۸/۸	۳۳/۷	۲/۲۲	۱/۰۱



شکل (۴): طرح ها

همانطور که در جدول (۲) مشخص می باشد در مرحله اول، ابتدا طرحی که دارای مقاومت فشاری نمونه مکعبی ۴۰ مگاپاسکال باشد به عنوان طرح مبنا انتخاب شده است (طرح A). سپس به طرح مبنا ۱۰ درصد وزنی سیمان میکروسیلیس اضافه شد که A10Ms کد گذاری شده است. همچنین به طرح مبنا ۱۵ درصد وزنی سیمان



شکل (۵): نمودار مقایسه ای نتایج آزمایش ها

۵. نتیجه گیری

- ۱- کاربرد ضایعات لاستیک در بتن باعث حفظ محیط زیست و گام مهمی در تحقق توسعه پایدار خواهد بود.
- ۲- کاربرد لاستیک در بتن باعث افزایش درصد جذب آب بتن و کاهش مقاومت فشاری و کششی می شود.
- ۳- کاربرد میکروسیلیس در بتن (۱۰ درصد وزنی سیمان) باعث افزایش مقاومت فشاری و مقاومت ششی بتن و جبران کاهش ناشی از کاربرد ضایعات لاستیک می شود.
- ۴- کاربرد میکروسیلیس در بتن باعث کاهش درصد جذب آب بتن می شود.
- ۵- کاربرد میکروسیلیس در بتن باعث افزایش چگالی بتن

مراجع:

- [۱] بهفرنیاءک، حسن زاده، م، اعتمادی، م، «بررسی خصوصیات مکانیکی بتن حاوی زئولیت»، اولین کنفرانس ملی بتن، انجمن بتن ایران، تهران، مرداد ماه ۱۳۸۸.
- [2] Ganjian, E. , Khorami, M., Maghsoudi, A., “Scrap-tyre-rubber replacement for aggregate and filler in concrete” , Construction and Building Materials, ELSEVIER, 2008
- [۳] نوری، م، سالخورده، س، «مطالعه آزمایشگاهی تاثیر افزودن درصد های مختلف خرده های تایر فرسوده اتومبیل بر روی کارایی بتن»، سومین کنفرانس بین المللی مقاوم سازی لرزه ای، تبریز، ۲۰۱۰
- [4] Batayneh , M. K., Marie, I., Asi, I., “Promoting the use of crumb rubber concrete in developing couilfries”, Waste Management, ELSE VIER, 2008.
- [5] Oikonomou, N., Mavridou, S., “Improvement of chloride ion penetration resistance in cement mortars modified with rubber from worn automobile tires”, Cement and Concrete Composites, ELSE VIER, 2009
- [6] Sukontasukkul, F., “Use of crumb rubber to improve thermal and sound properties of pre-cast concrete panel” Construction and Building Materials, ELSEVIER, 2009.
- [7] Turgut, P., Yesilata, B., “Physico-mechanical and thermal performances of newly developed rubber added bricks”, Energy and Buildings, ELSEVIER, 2008
- [8] Albano, C., Camacho, N., Reyes, J., Feliu, J.L., Hernandez, M., “Influence of sscrap rubber addition to portland I concrete composites: destructive and nondestructive testing” Composite Structures, ELSEVIER,2005.

