مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنج، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۲ (۵۱-۳۹)

بررسی تغییرات ویژگی های فیزیکی کامپوزیت قیر با افزودن مواد بازیافتی

سید شرف الدین حسینی [*]

sshosseini@tvu.ac.ir

سیمین راد [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴**

چکیده

زمینه و هدف: قیر یکی از مواد پرکاربرد در صنایع، به ویژه صنعت راه و ساختمان می باشد. در این تحقیق تلاش شده است به جهت بهبود خواص قیر خالص به بررسی تغییرات خواص فیزیکی کامپوزیت قیر حاوی مواد بازیافتی از جمله موی سر، پشم گوسفند، پودر شیشه، پر مرغ، و خاک اره پرداخته و نتایج با قیر خالص مقایسه شود. استفاده از مواد بازیافتی علاوه بر کمک به محیط زیست می تواند موجب کاهش هزینه ماده نهایی گردد.

روش بررسی: بررسی خواص از جمله هدایت حرارتی، عبور صوت، لزجت، خاصیت انگمی، قابلیت نفوذ، و مقاومت فشاری در این تحقیق به صورت آزمایشگاهی در طی سالهای ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ طبق روش های معتبر و استاندارد می باشد.

یافته ها: نتایج این تحقیق نشان داده است که استفاده از خاک اره خاصیت مقاومت حرارتی و مقاومت کششی تقویت می کند و موی سر خاصیت عایق صوتی ماده خالص را تقویت می کند. به طور کلی افزودنی های مذکور تاثیر نامطلوبی روی لزجت ماده اولیه داشتند اما در مقاومت فشاری ماده اولیه تاثیر محسوسی مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق این تحقیق افزودن مواد بازیافتی میتواند برخی خواص قیر خالص را بهبود ببخشد و می توان با توجه به کاربری قیر در صنعت مورد نظر، از افزودنی هایی که خاصیت مورد نظر را تقویت می کنند استفاده نمود.

واژه های کلیدی: بازیافت، کامپوزیت های بازیافتی، کامپوزیت های قیری.

۱ - استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی امام محمد باقر (ع) ساری- دانشگاه فنی و حرفه ای استان مازندران- ایران.* (مسوول مکاتبات)

۲ - دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور- تهران- ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 1, April, 2023

Investigation of Changes in Physical Properties of Bitumen Composite by Adding Recycled Materials

S. Sharafoddin Hosseini [1 *]
sshosseini@tvu.ac.ir
Simin Rad [2]

Admission Date: January 4, 2022 Date Received:June 25, 2021

Abstract

Background and Objective: Bitumen is one of the most widely used materials in industries, especially the road and construction industry. In this research, an attempt has been made to investigate and compared the effects of changes in the physical properties of bitumen composites containing recycled materials such as Hair, Fleece, Glass powder, stuffed chicken and Sawdust with pure bitumen to improve pure bitumen features. Using recycled materials either to save the environment as well as reduce the cost of final material.

Material and Methodology This experimental research is used standard and validated methods to investigate thermal conductivity, sound transmission, viscosity, angularity, permeability, and compressive strength.

Findings: Results has shown that the use of sawdust enhances thermal and strength resistance and also use of human hair enhances sound resistance of this pure material. In general, these additives had an adverse effect on viscosity of the raw material. But no significant effect was observed in the compressive strength of the raw material.

Discussion and Conclusion: according to this investigation, adding recycled materials can improved some of properties of pure bitumen and as for type of bitumen usage in special industry, it can applied amplifier recycled additive in bitumen.

Keywords: Recycle, Recycled composite, Bituminous composites.

1-Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Emam Mohammad bagher, Sari Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran* (*Corresponding Author*)
2-.Under graduate Student, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Payame Noor University (TVU), Tehran, Iran

مقدمه

قیر بازمانده تقطیر نفت خام می باشد که شامل ترکیبات سنگین و پیچیده با وزن مولکولی بالا است. از نظر شیمیایی خنثی و دارای خاصیت چسبندگی و شکل کلوئیدی می باشد. قیر را می-توان در سه دسته نرم، جامد و مایع تقسیم بندی نمود (۱). قیر به عنوان ماده اصلی عایق های رطوبتی ساختمانی شناخته می شود. ترکیبی که امروزه به عنوان پوشش رطوبتی ساختمان شناخته می شود مخلوطی از قیر، الیاف شیشه‌ای و پلی استر و برخی مواد پلیمری می باشد (۲). با وجود این که ضخامت قیر اعمال شده روی پوسته خارجی مسطح ساختمان، خود موجب کاهش تلفات حرارتی از ساختمان می گردد، اما قیر در ساختمان به عنوان یک عایق رطوبتی شناخته می شود و برای جلوگیری از اتلافات حرارتی از موادی همچون یونولیت بین دیوار دوجداره استفاده می کنند که این امر خود موجب کاهش فضای داخلی ساختمان، افزایش بار مصالح روی سازه و همچنین افزایش هزینه مصالح و اجرای آن می شود. از طرفی پیشرفت های تحقیقاتی در زمینه کامپوزیت های نوین و پیشرفته توانسته است راه حل مناسبی برای از میان برداشتن نقص های فیزیکی و مکانیکی مواد شود. در این تحقیق تلاش کرده ایم با افزودن مواد بازیافتی و دور ریختنی به قیر خالص، تغییر ویژگی های فیزیکی کامپوزیت بوجود آمده را با نمونه خالص قیر مورد پایش قرار دهیم. استفاده از مواد بازیافتی علاوه بر امکان بهبود شرایط عملکردی ماده اصلی، می تواند کمک شایانی به سبک سازی سازه و حفظ محیط زیست بنماید. همچنین تبعیت مواد قابل بازیافت از نوسانات اقتصادی بازار بسیار کم بوده و می توانند به عنوان یک افزودنی پایدار اقتصادی و قابل دسترس محسوب گردند. به جهت فراوانی دسترسی و خواص فیزیکی مثبت، مواد بازیافتی مورد استفاده در این تحقیق موی سر، پشم بز، پر مرغ، پودر شیشه و خاک اره انتخاب شده است.

موی طبیعی از کراتین که حاوی غلظت بالای گوگرد حاصل از اسید های آمینه است تشکیل شده است (۳). موی سر تطبیق پذیر، ضد آب، نارسانا، ضد خوردگی، مقاوم در برابر آتش، سخت و بادوام است و می‌تواند با محصولات دیگری مثل تخته فیبر، فایبرگلس، پلیمر و آلومینیوم رقابت کند (۴). موی سر به‌صورت طبیعی یک بیوسورِبنت یا جاذب زیستی است. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که موی سر می‌تواند بین ۳ تا ۹ برابر وزن خود، روغن جذب کند (۵). همچنین می‌توان از موی سر برای پاک کردن فجایع زیست محیطی مانند لکه‌های نفتی استفاده کرد (۶). در تحقیق صورت گرفته توسط فواد خان و خان شاهزاده (۷) موی سر به عنوان افزودنی در سیمان نیز مورد استفاده قرار گرفته که موجب کاهش مقاومت کششی و خمشی سیمان شده است.

پشم گوسفند دارای خاصیت جعد، رنگ پذیری و ارتجاعی است و در برابر فشردگی، تغییر شکل و شستشو مقاوم است، اما استحکام شکست پایینی دارد (۸). پشم گوسفند به جز در برابر اسید سولفوریک و اسید نیتریک، در مقابل سایر اسید های متداول، مقاوم است (۹). تحقیقات پانتوجی و پول (۱۰) نشان داده است افزودن پشم گوسفند به الیاف شیشه ای توانسته است کشش، سختی، مقاومت موثر الیاف را بهبود ببخشد. از خاک اره نیز به عنوان جاذب رطوبت، سطوح پوششی، مالچ و همچنین افزودنی در کمپوست جهت کنترل دمایی و بهبود کیفیت عملکرد کشاورزی استفاده می شود (۱۱). همچنین به به صورتکارگیری خاک اره در بتن موجب ایجاد سازه های سبک تر و حفظ محیط زیست می شود (۱۲). شیشه ها نیز به عنوان یک ماده دور ریختنی با عمر بسیار بالا یک نگرانی محیط زیستی محسوب می شوند. با توجه به درصد پایین بازیافت شیشه ها، اهمیت یافتن راهکاری برای مصرف شیشه های دور ریختنی اهمیت بالایی می یابد. استفاده در کلینکر سیمان از جمله کاربردهای پودر شیشه است که در تحقیقات گزارش شده است(۱۳). پر مرغ، متشکل از فضای متخلخل پر از هوا با ساختاری از کراتین و فیبر است که یک ماده دور ریختنی سبک محسوب می شود. استفاده از پر مرغ می تواند خاصیت کامپوزیت های حاوی آن را از لحاظ حرارتی و صوتی تغییر دهد (۱۴). در تحقیق صورت گرفته توسط آدتولا و همکاران (۱۵)، استفاده از پر مرغ موجب افزایش استحکام بتن شده است. این تحقیق به صورت آزمایشگاهی انجام شده و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و هدف اصلی آن بهبود

خاصیت قیر به عنوان یک ماده عایق رطوبتی و افزایش کارایی آن با به کارگیری از مواد طبیعی افزودنی به جهت استفاده به عنوان عایق حرارتی می باشد.

روش تحقیق

این تحقیق به روش آزمایشگاهی در طی سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ انجام گرفته است که مطابق جدول ۱ دارای یک نمونه شاهد و پنج ماده افزودنی ، هرکدام در دو غلظت ماده افزودنی (مجموعا ۱۱ نمونه) است که با سه بار تکرار و در نظر گرفتن میانگین داده ها به عنوان داده نهایی، اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل ثبت می شود. ماده اصلی مورد آزمایش قیر از نوع ۶۰-۷۰ می باشد. علت انتخاب این نوع قیر، متداول بودن و همچنین مقاومت در برابر ذوب شدن ناشی از هوای گرم اعمالی بوده است.

جدول ۱- نمونه های آزمایش

Table1. Experimental materials

نمونه آزمایش	ماده اصلی	ماده افزودنی	درصد غلظت اول	درصد غلظت دوم
۱	قیر	-	-	-
۲	قیر	موی سر	۲ گرم	۴ گرم
۳	قیر	پشم گوسفند	۲/۵ گرم	۵ گرم
۴	قیر	پر مرغ	۰/۵ گرم	۱ گرم
۵	قیر	پودر کروی شیشه با ابعاد (۲mm)	۴ گرم	۸ گرم
۶	قیر	خاک اره	۳ گرم	۶ گرم

آماده سازی نمونه ها

ابتدا قیر را در یک بوته چینی تحت حرارت یکنواخت تا ذوب کامل قرار می دهیم. قیر ذوب شده داخل نمونه که یک قالب چوبی مطابق شکل ۱ به ابعاد ۱۰cm × ۱۰cm است ریخته می شود و اجازه داده می شود تحت دمای محیط سرد و سفت شود. برای تهیه نمونه های دیگر، ابتدا مواد افزودنی پس از شستشوی اولیه با مواد شوینده و خشک نمودن (موی سر، پشم گوسفند و پر مرغ) یا همگن نمودن پودر (خاک اره و پودر شیشه)، آماده می شود. نصف قیر مذاب درون نمونه ریخته می شود. سپس مواد افزودنی به اندازه تعیین شده روی قیر درون نمونه به صورت یکنواخت پاشیده یا قرار داده می شود. سپس باقی قیر روی مواد ریخته می شود تا جایی که ضخامت ۲۰ mm تکمیل شود. پودر شیشه سنگین است. بنابراین باید قبل از پاشیدن کمی صبر کرد تا قیر سفت تر شود. با توجه به تعداد ماده افزودنی و غلظت های ذکر شده در جدول ۱ به همراه نمونه شاهد، تعداد ۱۱ نمونه آزمایشگاهی مطابق شکل ۲ آماده شد.

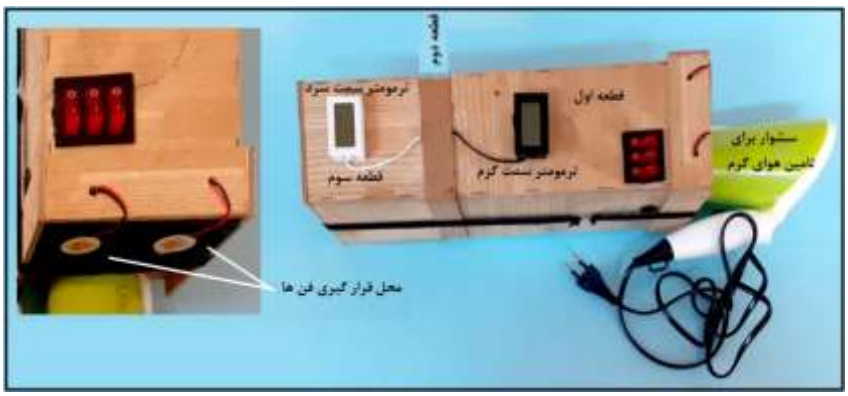
شکل ۱- قالب نمونه برداری

Figure 1. Samples Frame

شکل ۲-نمونه های آزمایش ساخته شده

Figure 2. Test samples

دستگاه آزمایش اندازه گیری هدایت حرارتی: SETUP آزمایش متشکل از سه قطعه به ابعاد مشخص شده در شکل ۳ است. قطعه شماره ۱ جهت ایجاد گرما از یک سشوار و جهت یکنواختی و خروج جریان هوای گرم و همچنین تعدیل دما از دو فن ثابت تشکیل شده است. قطعه میانی یا شماره ۲ یک قاب چوبی به ابعاد $۱۰cm \times ۱۰cm$ است که نمونه آزمایش در این قالب آماده می شود (مطابق شکل ۱). ضخامت نمونه آزمایش ۲۰ میلی متر می باشد. در دو سمت این قالب دو حسگر دمایی وجود دارد که دمای سطح دو سمت نمونه را نشان می دهد. خطای این ترمومترها ۰/۱ درجه سانتی گراد می باشد. قطعه شماره ۳ محفظه ای چوبی که از ۵ وجه مسدود است و جهت از بین بردن اثر تغییرات دمایی محیط روی سطح نمونه مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۳ - اجزای SetUp آزمایش

Figure 3. SetUp Components

برای اندازه گیری حرارتی ابتدا نمونه ها را درون قطعه شماره ۲ در محل ثابت تعیین شده قرار میدهیم و دور تا دور آن را از سمت قطعه شماره ۳ با چسب آکواریوم درز بندی می کنیم. ترمومتر های دیجیتال را پس از کالیبراسیون اولیه در محل مناسب در دو سمت سطح نمونه قرار داده و سه قطعه setup را به هم متصل می کنیم. کالیبراسیون ترمومترها با استفاده از آب یخ خالص و آب جوش خالص صورت گرفته است. در این مرحله سشوار که نقش دمنده/ گرم کننده هوا را دارد روشن شده و هوای گرم را به داخل محفظه و سطح نمونه می دمد. هوای ورودی از سوراخ های تعبیه شده در دو سمت قطعه ۱ خارج می شود. پس از یکنواخت و ثابت شدن دمای سطح نمونه، دمای هر دو سمت نمونه ثبت می شود. در مرحله بعدی فن شماره ۱ روشن شده و اجازه داده می شود هوا با دمای محیط از طریق فن ۱ وارد شده و دمای محفظه تعدیل شود. این بار نیز پس از ثابت شدن دمای سطح نمونه، دماهای ترمومتر ها ثبت می گردد. در مرحله سوم هر دو فن ۱ و ۲ روشن شده میزان هوای آزاد ورودی افزایش می‌یابد. پس از ثابت شدن شرایط دمای ترمومتر را ثبت می شود. دبی جریان هوا نیز در سه مرحله با استفاده از دبی سنج هوا اندازه گیری میشود. این مراحل برای تمامی نمونه ها که از پیش آماده شده است، انجام می شود و دما ها در هر مرحله در جدول ثبت می گردد تا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

آزمایش عبور صوت: برای این آزمایش طبق استاندارد ANSI S1.4 یک صوت با وزن صوت ثابت ۸۰ دسیبل در محفظه ای که از تمام وجوه بسته است و از یک طرف به دیواره قیر نمونه محدود شده انتشار می یابد (قطعه ۲ و ۳ دستگاه آزمایش). وجوه این محفظه با عایق صوتی تخته ای با ضخامت ۳۰ میلی متر پوشانده شده است و فقط یک وجه آن که نمونه آزمایش در آن وجه قرار میگیرد بدون پوشش است. میزان دریافت صوت در فاصله ۲ سانتی میلی مترمتری مرکز نمونه ها در وجه آزاد آن توسط دستگاه صوت سنج بررسی می شود و با نمونه شاهد مقایسه می گردد. مطابق شکل ۴ برای این آزمایش از صوت سنج مدل Amprobe 5M-20 استفاده شد.

شکل ۴- صوت سنج مدل Amprobe

Figure 4. Sound level meter Amprobe

آزمایش قابلیت نفوذ قیر: این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM D5 به صورت میزان نفوذ یک سوزن استاندارد تحت اثر نیروی ۱۰۰ گرمی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در داخل قیر در مدت زمان ۵ ثانیه تعریف می شود. برای این آزمایش ابتدا نمونه قیری در ظرف مخصوص آزمایش نفوذ گرم شده و مخلوط می شود. سپس به مدت یک ساعت در یک حمام آب ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شده تا دمای آن در ۲۵ درجه سانتی گراد به تعادل برسد. نمونه در زیر دستگاه (مطابق شکل ۵) قرار گرفته و سوزن رها می شود و بعد از ۵ ثانیه درجه دستگاه بر حسب دهم میلی متر قرائت می گردد. میانگین سه بار تکرار این آزمایش به عنوان نتیجه نهایی ثبت می شود.

شکل ۵- دستگاه اندازه گیری درجه نفوذ قیر Perta

Figure 5. Bitumen penetration measuring device perta

آزمایش خاصیت انگمی (کشش پذیری) قیر: در آزمایشگاه برای تعیین شاخصی از چسبندگی قیر، مقدار قابلیت شکل پذیری قیر را می سنجند. بدین صورت که هر چه قیر شکل پذیرتر باشد، چسبنده تر است و بالعکس. خاصیت شکل پذیری قیر عبارتند از مقدار ازدیاد طول نمونه ها بر حسب سانتی متر که به صورت استاندارد کشیده شده (با سرعت معین و در دمای مشخص) تا به طول پارگی یا انقطاع برسد. طول نمونه درست

قبل از پاره شدن بر حسب سانتی متر به خاصیت شکل پذیری یا انگمی موسوم است. پایین بودن خاصیت انگمی موجب ترک خوردن قیر در سرما می شود. آزمایش خاصیت انگمی طبق استاندارد ASTM D113 انجام می شود و نمونه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد درون دستگاه با سرعت ۱ سانتی متر بر دقیقه کشیده می شود. برای این کار نمونه های آزمایش را به صورت مذاب را در قالب مخصوص چوبی سرد و به مدت ۹۰ دقیقه درون حمام آبگرم قرار گرفت. سپس درون دستگاه کشش مطابق شکل ۶ قرار داده شد. طول دستگاه ۱۵۰ سانتی متر می باشد. نمونه‌ها در فاصله ۳ سانتی متری کف دستگاه حاوی آب مستقر شد و نتایج ثبت گردید.

شکل ۶- تعدادی از نمونه های آزمایش که میزان کشش آنها مورد بررسی قرار می گیرد

Figure 6. Examined tensile strength samples

آزمایش مقاومت فشاری: برای آزمایش مقاومت فشاری نمونه قیر، از دستگاه CBR برقی مارشال به ظرفیت ۴۵KN که مجهز به رینگ نیرو و روانی سنج با کورس ۳۰mm و دقت ۰/۰۱ mm می باشد و در آزمایشگاه دانشگاه پیام نور موجود است (شکل ۷) استفاده شد. این دستگاه کاملا اتومات بوده و اعداد نیروی شکست را بر حسب N و نفوذ را بر حسب mm بر روی صفحه به نمایش در می آورد.

شکل ۷- دستگاه CBR

Figure 7. Device CBR

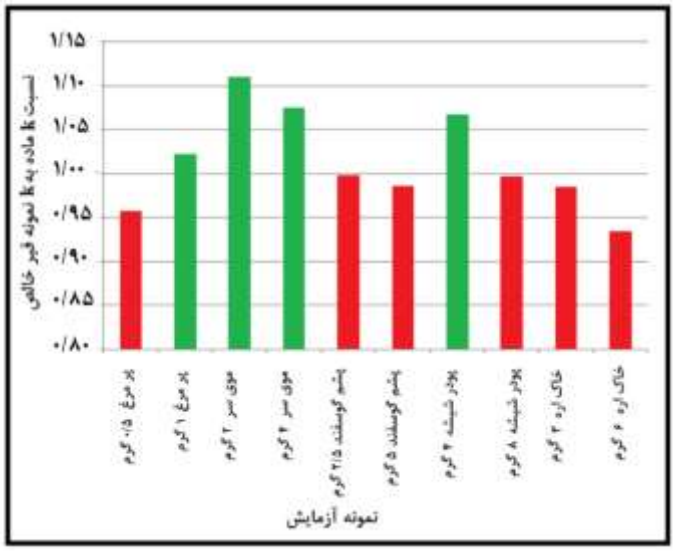
آزمایش لزجت سنجی قیر: طبق استاندارد ASTM D445 برای تعیین میزان لزجت نمونه قیر لازم است میزان عبور ۶۰ میلی لیتر نمونه از اریفیس کالیبره شده تحت شرایط و دمای ۸۰ درجه سانتی گراد معین بررسی و اندازه گیری شود. عدد گرانروی بین ۱۰ تا ۴۰ نمایش داده می شود که افزایش این عدد نشان دهنده گرانروی بالاتر خواهد بود. برای این تست از لزجت سنج دیجیتال مطابق شکل ۸ استفاده شد و نتایج آزمایش ها ثبت گردید.

شکل ۸- دستگاه لزجت سنج

Figure 8. Viscometer

نتایج و بررسی

آزمایش هدایت حرارتی: طبق اندازه گیری انجام شده میزان هدایت حرارتی نمونه های آماده شده غالبا با افزایش میزان افزودنی ها کاهش می یابد به غیر از پر مرغ که دلیل آن می تواند ذات عایقی بودن پر مرغ نسبت به حرارت باشد. با توجه به نتایج به دست آمده (شکل ۹) به کارگیری خاک اره مناسبترین گزینه برای افزایش مقاومت حرارتی قیر می باشد.

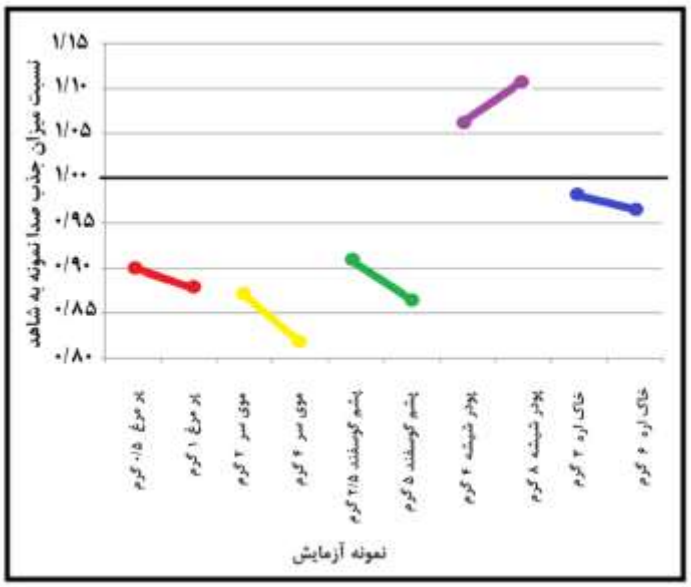


شکل ۹- نتایج آزمایش هدایت حرارتی کامپوزیت قیر

Figure 9.Results of thermal conductivity test of bitumen composite

آزمایش عبور صوت

با توجه به نتایج مقایسه ای به دست آمده استفاده از پودر شیشه انتشار صوت را در نمونه قیر تقویت می کند. همچنین افزایش غلظت آن در نمونه قیر موجب افزایش سرعت انتشار صوت می-شود. سایر افزودنی ها موجب کاهش سرعت انشار صوت می شوند و افزایش غلظت مواد افزودنی در آنها نیز میزان انتشار صوت را کمتر می کند. با توجه به نمودار شکل ۱۰ افزودن ۴ گرم موی سر به نمونه قیر حدود ۱۸/۵ درصد میزان انتشار صوت را کاهش داده است و مناسبترین گزینه در نمونه های آزمایش شده برای تقویت خاصیت عایقی قیر می باشد.

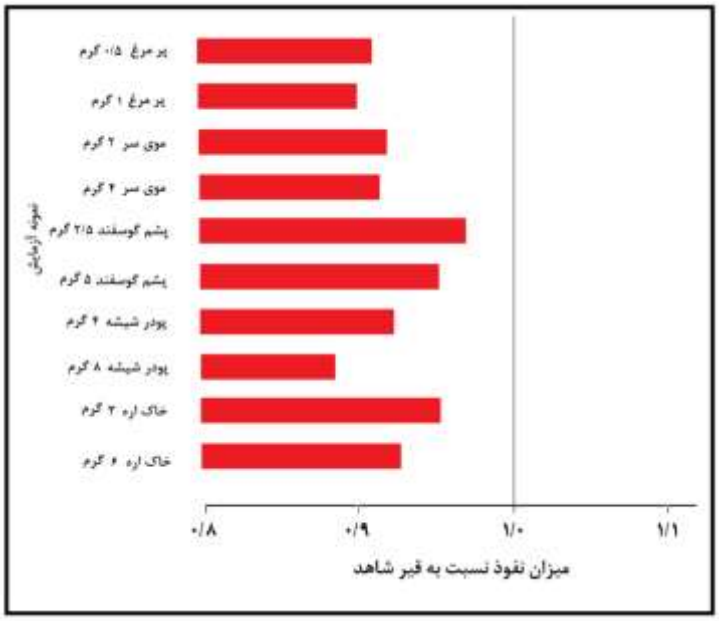


شکل ۱۰- نسبت انتشار صوت نمونه ها به نمونه شاهد

Figure 10. The ratio of the sound propagation of the samples to the control sample

آزمایش قابلیت نفوذ قیر

نتایج آزمایش نشان داد که ضریب نفوذ نمونه قیر شاهد مقدار ۹۸ دهم میلی متر بوده است. مطابق نمودار شکل۱۱، افزودنی ها داخل قیر موجب افزایش سفتی قیر می شود که می تواند به ایجاد پیوند بین ملکول های قیر و پودر مرتبط باشد. پودر شیشه با مقدار ۸ گرم بیشترین سفتی و پشم گوسفند با مقدار ۲/۵ گرم بیشترین نرمی را نسبت به سایر افزودنی ها داشته است.

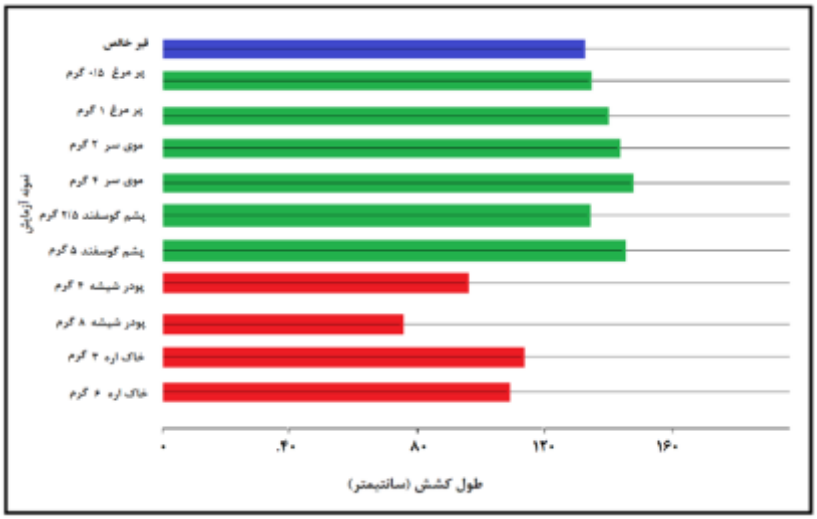


شکل ۱۱- نتایج آزمایش قابلیت نفوذ در کامپوزیت قیر

Figure 11. Results of permeability test in bitumen composite

آزمایش خاصیت انگمی (کشش پذیری) قیر

نتایج این بخش نشان داد که افزودن مواد کرک دار طویل می-تواند خاصیت کشش قیر را تقویت نماید. در میان نمونه های آزمایش، نمونه حاوی قیر به همراه ۴ گرم موی سر بیشترین تحمل در برابر کشش اعمالی را داشته است. طول گسسته شدن قیر شاهد ۱۳۱ سانتی متر بوده است. در طول ۱۵۰ سانتی متر دستگاه، نمونه حاوی ۴ گرم موی سر پاره نشد. مطابق نتایج نشان داده شده در شکل ۱۲، افزایش مواد پودری به قیر نتیجه نامطلوب در توان کشش قیر داشته است.

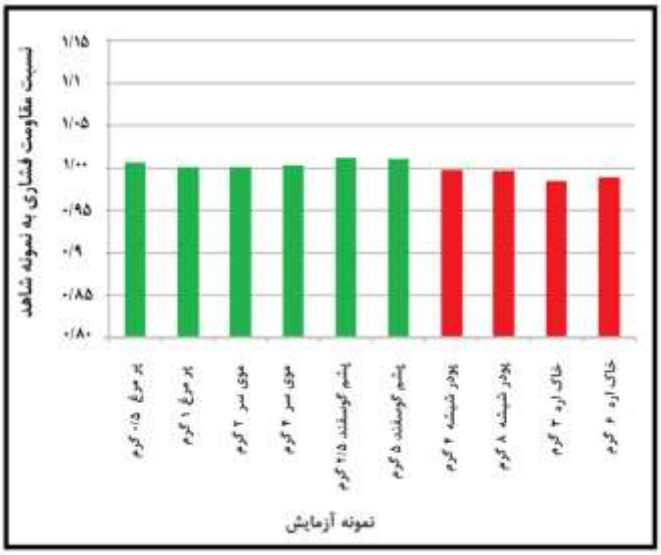


شکل ۱۲- نتایج آزمایش خاصیت انگمی نمونه های قیر

Figure 12. Results of Ductitlity properties test of bitumen samples

آزمایش مقاومت فشاری

مطابق شکل ۱۳ نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری روی نمونه های قیر تغییر محسوسی را برای نمونه ها نشان نمی دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت استفاده از افزودنی های بازیافتی تاثیر قابل ذکری در مقاومت فشاری قیر ندارد. مقاومت نمونه شاهد طبق اندازه گیری انجام شده برابر با ۳۰/۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بوده است.

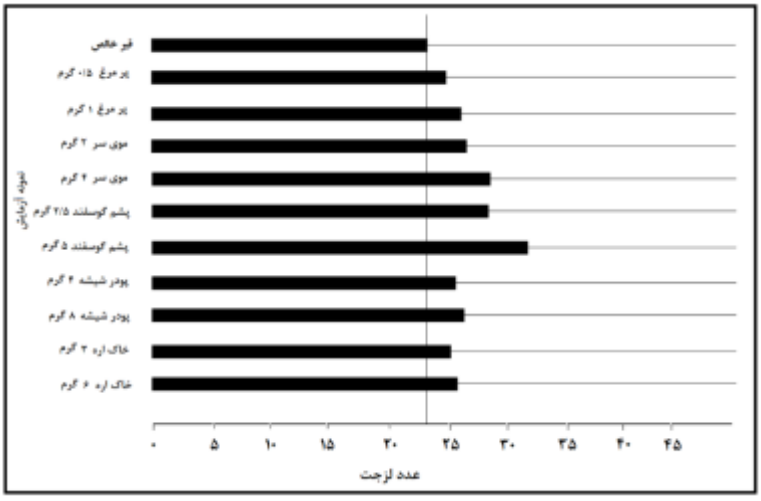


شکل۱۳- نتایج آزمون مقاومت فشاری کامپوزیت قیر

Figure 13.Compressive strength test results of bitumen composite

آزمایش لزجت سنجی قیر

مطابق نمودار شکل ۱۴، نتایج تحقیقات نشان داده است که با اضافه نمودن افزودنیها، میزان لزجت ماده افزایش می یابد. عدد لزجت قیر خالص که به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفته بود ۲۳/۷ بوده است. بیشترین تغییر لزجت مربوط به افزودنی پشم گوسفند با ۳۶ درصد افزایش و کمترین تغییر مربوط به افزودن پرمرغ ۰/۵ گرم به میزان ۴/۵درصد افزایش می باشد. به طور کلی افزودن مواد به داخل قیر خالص روی لزجت نامطلوب دارند.



شکل۱۴- نتایج آزمون مقاومت لزجت قیر

Figure 14.Results of bitumen viscosity resistance test

جمع بندی

در این تحقیق با افزودن برخی مواد بازیافتی در غلظت های گوناگون به بررسی تاثیر افزودن این گونه مواد روی خواص فیزیکی ماده خالص از جمله هدایت حرارتی، عبور صوت، لزجت، خاصیت انگمی، قابلیت نفوذ، و مقاومت فشاری پرداخته شده است. این مواد بازیافتی شامل موی سر، پشم گوسفند، پودر شیشه، پر مرغ، و خاک اره بوده است. خلاصه نتایج حاصل به شرح زیر است.

۱) در اغلب نمونه ها میزان هدایت حرارتی نمونه های آماده شده افزایش میزان افزودنی ها کاهش می یابد. به کارگیری خاک اره مناسبترین گزینه برای افزایش مقاومت حرارتی قیر می باشد.

۲) استفاده از پودر شیشه انتشار صوت را در نمونه قیر تقویت می‌کند. سایر افزودنی ها موجب کاهش سرعت انشار صوت می شوند. افزودن ۴ گرم موی سر به نمونه قیر حدود ۱۸/۵ درصد میزان انتشار صوت را کاهش داده است و مناسبترین گزینه در نمونه های آزمایش شده برای تقویت خاصیت عایقی قیر می‌باشد.

۳) افزودنیها داخل قیر موجب افزایش سفتی قیر می شود. پودر شیشه با مقدار ۸ گرم بیشترین سفتی و پشم گوسفند با مقدار ۲/۵ گرم بیشترین نرمی را نسبت به سایر افزودنی ها داشته است.

۴) افزودن مواد کرک دار طویل در تقویت خاصیت کشش قیر موثر است. نمونه حاوی قیر به همراه ۴ گرم موی سر بیشترین تحمل در برابر کشش اعمالی را داشته است به طوری که در طول ۱۵۰ سانتی متر دستگاه، نمونه حاوی ۴ گرم موی سر پاره نشد. اما افزایش مواد پودری به قیر نتیجه نامطلوب در توان کشش قیر را نشان می دهد.

۵) آزمایش مقاومت فشاری روی نمونه های قیر تغییر محسوسی را برای نمونه ها نشان نداده است.

۶) با اضافه نمودن افزودنیها، میزان لزجت ماده افزایش می یابد که تاثیر مطلوبی نیست. بیشترین تغییر لزجت مربوط به افزودنی پشم گوسفند با ۳۶ درصد افزایش و کمترین تغییر مربوط به افزودن پرمرغ ۰/۵ گرم به میزان ۴/۵درصد افزایش می باشد.

References

1. Emami S.H., Afshari Gh., Sharifzadeh A., Rezaei E., (2008), Improving the properties of bitumen and increasing its efficiency by polymer modifiers, 4th Iranian Bitumen and Asphalt Conference, Tehran. (In Persian)
2. Sadrodini M.R., Yousofi A.A., Kavousi A., (2002), Improve the properties of bitumen with polymeric materials, Journal of Polymer Science and Technology, Vol 15, No 2. (In Persian)
3. Valeria M., Velasco R., Dias T.C., Zanardi A., Junior N., Pinto C., Kaneko T., Baby A., (2009) Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties, Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, vol 45, No 1, P 153-162.
4. Yang Y., Wen Y., Bin W., Meyers M.A., (2017), Structure and mechanical behavior of human hair, Materials Science and Engineering , Vol 73, P 152–163.
5. Chennakkattu K., Sadasivan P., Chandra P. S., (2010), Absorbable Polymeric Surgical Sutures: Chemistry, Production, Properties, Biodegradability, and Performance, Journal of Biomaterials Applications, Vol. 25, No 4, P 291-366.
6. Chokkalingam M.E., Vengatesan K.J., Prasanth T., (2017), Experimental Investigation on Mechanical Properties of Human Hair Fiber Reinforced Epoxy Composites, International Conference on Emerging trends in Engineering, Science and Sustainable Technology, P 52-56.
7. Khan F., Shahzada Kh., (2018), Mechanical Properties of Human Hair Concrete, International Journal of Advance Engineering and Research Development, Vol 5, No 3, P 120-127.
8. Jankowska D., Wyrostek A., Patkowska–Sokoła B., Czyz K.,

(2019), Comparison of Physico-mechanical Properties of Fibre and Yarn Made of Alpaca, Sheep, and Goat Wool, Journal of Natural Fibers, , DOI: 10.1080/15440478.2019.1691126.

9. Shahabinezhad H., Safapour S., Bastam J., (2018), Study of three properties of Iranian fleece for use in hand-woven carpets, National Conference on Carpets and Contemporary Needs, Tabriz, Iran. (In Persian)
10. Sangamesh B., Pantoji, A., Pol S., (2018), Experimental Study on Mechanical Properties of Sheep Wool and E-glass, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol 5, No 12, P 1032-1036.
11. Yousefi J., Yousefi H., (2014), Investigation of the effect of different amounts of sawdust on the physical and chemical properties of compost from municipal waste, Quarterly Journal of Environmental Science and Technology, Vol 16, No 4 . (In Persian)
12. 12. Nozohour S., Foroughi -Asl A., (2017), Consideration of the Mechanical Properties of Sawdust Concrete, Quarterly Journal of Structural Analysis – Earthquake, Vol 14, No 2. (In Persian)
13. Ortega J.M ., Letelier V., Solas C., Miro M., Moriconi G., Climent M.A., Sanchez I., (2018), Influence of Waste Glass Powder Addition on the Pore Structure and Service Properties of Cement Mortars, Sustainability, Vol 10, P 842.
14. Srivatsav V., Ravishankar Ch., Ramakarishna M., Jyothi Y., Bhanuparakash T.N., (2018) Mechanical and Thermal Properties of Chicken Feather Reinforced Epoxy Composite, International Conference on Renewable Energy Research and Education, USA.
15. Adetola S.O., Yekini A.A., Olayiwola B.S., (2014), Investigation into Physical and Mechanical Properties of Few Selected Chicken Feathers Commonly Found In Nigeria, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, Vol 11, No 3, P 45-50.