

توسعه ماده روسازی آسفالتی ذخیره‌ساز گرمایی تغییر فاز دهنده جامد-جامد و کاربرد آن به عنوان پرکننده کاربردی برای سرمایه‌ساز روسازی آسفالتی

چکیده

در حال حاضر، مصالح کاربردی روسازی به کانون تحقیقاتی برای محققان راهسازی تبدیل شده است. هدف این پژوهش توسعه ماده روسازی آسفالتی ذخیره کننده گرما تغییر فاز دهنده و سپس طراحی مخلوط‌های این ماده با قابلیت خنک‌سازی فعال است. مواد تغییر فاز دهنده جامد-جامد مبتنی بر پلی‌یورتان ($PUSSPCM^1$) سنتز شده با دمای تغییر فاز مناسب، ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی حرارتی مطلوب و پایداری چرخه تغییر فاز عالی می‌تواند تقاضای خنک کاری فعال روسازی آسفالتی را برآورده نماید. همچنین مقاومت عالی در برابر نشت، پایداری حجمی و پایداری شیمیایی وجود دارد که مقاومت در برابر شرایط سخت روسازی آسفالت را امکان‌پذیر می‌نماید. بنابراین، $PUSPCM$ را می‌توان به عنوان پرکننده تغییر فاز دهنده امیدوارکننده در نظر گرفت. متعاقباً، مخلوط‌های آسفالتی ذخیره‌سازی گرما تغییر فاز دهنده با جایگزینی حجم مساوی پرکننده سنگ آهک با $PUSSPCM$ تهیه می‌شوند. جایگزین‌ها می‌توانند پایداری در دمای بالا و مقاومت در برابر ترک خوردگی در دمای پایین را بهبود بخشند در حالی که پایداری آب مخلوط آسفالتی را تضعیف می‌نمایند. هنگامی که مقدار جایگزینی بیش از 40 درصد حجمی نباشد، مخلوط‌های تغییر فاز دهنده می‌توانند الزامات عملکرد روسازی را برآورده نمایند. جایگزین‌ها

¹ polyurethane-based solid-solid phase change material

ظرفیت جذب گرما را افزایش می‌دهند اما سرعت انتقال حرارت را کاهش می‌دهند که منجر به کاهش نرخ افزایش دمای مخلوط آسفالتی با PUSSPCM بیشتر می‌شود.

کلمات کلیدی: پلی‌یورتان، پرکننده تغییر فاز دهنده، ذخیره گرما تغییر فاز دهنده جامد-جامد، مخلوط آسفالتی ذخیره کننده گرما تغییر فاز دهنده، خواص ترموفیزیکی، عملکرد تنظیم دما.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، PUSSPCM از طریق واکنش پلیمریزاسیون دو مرحله‌ای سنتز شد و قابلیت استفاده آن به‌عنوان ماده روسازی آسفالت ذخیره‌سازی گرما تغییر فاز دهنده با مجموعه‌ای آزمایش ارزیابی شد. مخلوط آسفالتی ذخیره گرما تغییر فاز دهنده با جایگزینی حجمی پرکننده سنگ آهک با PUSSPCM تهیه شد. آزمایش‌های عملکرد روسازی برای روشن نمودن تأثیر PUSSPCM به‌عنوان پرکننده تغییر فاز دهنده بر عملکرد مخلوط آسفالتی و تعیین محدوده محتوای مناسب PUSPCM انجام شد. عملکرد تنظیم دما مخلوط‌های آسفالتی ذخیره‌سازی گرما تغییر فاز دهنده با آزمایش‌های داخلی و خارجی خود طراحی شده مورد ارزیابی قرار گرفت و آزمایش‌های عملکرد ترموفیزیکی برای آشکار نمودن مکانیسم خنک‌سازی مخلوط‌های آسفالتی ذخیره‌سازی گرما تغییر فاز دهنده انجام شد. بر اساس آزمایش، نتایج زیر بدست آمد:

- مواد تغییر فاز دهنده جامد-جامد مبتنی بر پلی‌یورتان سنتز شده با دمای ذوب و تبلور 50.2°C و 32.3°C ، نیاز سرمایش فعال روسازی‌های آسفالتی را در روزهای گرم متوالی تابستان و با گرمای نهان 111.2 J/g برآورده می‌نماید و ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی تغییر فاز دهنده عالی را نشان می‌دهد. نتایج آزمایش خواص فیزیکی نشان می‌دهد که PUSSPCM می‌تواند حالت جامد و حجم پایدار را در طول فرآیند انتقال فاز خود و ساخت روسازی آسفالتی با دمای بالا حفظ نماید. PUSSPCM بدون تخریب در

دمای 200°C و خواص تغییر فاز دهنده پایدار پس از 50 سیکل حرارتی، پایداری ترموشیمیایی عالی و پایداری چرخه تغییر فاز را انجام می‌دهد.

- نتایج آزمایش عملکرد روسازی نقش منفی PUSSPCM را به عنوان پرکننده تغییر فاز جایگزین در پایداری آب مخلوط آسفالتی نشان می‌دهد، در حالی که بر پایداری در دمای بالا و مقاومت به ترک خوردگی در دمای پایین تأثیر مثبتی دارد. برای برآوردن الزامات عملکرد روسازی در مشخصات JTG D50-2006، بالاترین مقدار جایگزینی در مخلوط آسفالت ذخیره‌ساز گرما تغییر فاز دهنده 40 درصد حجمی تعیین می‌شود.

- جایگزینی پرکننده سنگ آهک با PUSSPCM رسانایی حرارتی مخلوط آسفالتی را کاهش می‌دهد و منجر به نرخ انتقال حرارت پایین‌تر مخلوط‌های آسفالتی ذخیره‌ساز گرمایی تغییر فاز دهنده نسبت به مخلوط آسفالتی معمولی می‌شود. مخلوط‌های تغییر فاز دهنده با مقادیر ظرفیت گرمایی ویژه بزرگ‌تر می‌توانند ظرفیت جذب انرژی حرارتی بالاتری نسبت به مخلوط معمولی داشته باشند، که در آن این تفاوت در فرآیند انتقال فاز PUSSPCM بیشتر است. این موارد می‌توانند نشان دهنده سرعت کمتر افزایش دمای مخلوط‌های آسفالتی ذخیره‌ساز گرمایی تغییر فاز دهنده نسبت به مخلوط آسفالت معمولی در شرایط دمای بالا باشد.

- در محیط 60°C ، مقادیر دامنه سرمایش در 1.7°C برای مخلوط تغییر فاز دهنده 20 درصد حجمی و 4°C برای مخلوط تغییر فاز دهنده 40 درصد حجمی در مقایسه با مخلوط معمولی به اوج می‌رسد. این نشان دهنده تأثیر آشکار محتوای PUSSPCM بر عملکرد تنظیم دما مخلوط آسفالتی ذخیره‌ساز گرمایی تغییر فاز دهنده است. به این ترتیب، افزایش محتوای PUSPCM از نظر اثر سرمایش توصیه می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش در فضای باز، دمای مخلوط تغییر فاز دهنده 40 درصد حجمی می‌تواند 3.8°C کمتر از مخلوط معمولی باشد که تأثیر خوب مخلوط آسفالت ذخیره حرارت تغییر فاز دهنده طراحی شده در این پژوهش را تأیید می‌نماید.

به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که PUSSPCM سنتز شده ماده روسازی آسفالتی ذخیره‌ساز گرمایی تغییر فاز دهنده‌ای امیدوارکننده است که می‌تواند به طور بالقوه به کاهش موثر دمای روسازی آسفالت در تابستان کمک نماید. با این حال، در این پژوهش تنها یک نوع PUSSPCM سنتز شد که طراحی ترکیب آن فاقد در نظر گرفتن عملکرد روسازی بود، که محتوای PUSSPCM سنتز شده را به دلیل اثر مضر آن بر پایداری آب مخلوط آسفالتی محدود نموده و در نتیجه اثر خنک‌کنندگی ذخیره‌سازی حرارت تغییر فاز دهنده مخلوط آسفالت را محدود نمود. مطالعات بیشتر برای کاهش آب دوستی PUSSPCM با روش‌های شیمیایی مانند درمان سطح فعال توصیه می‌شود. علاوه بر این، آزمایش‌های میدانی بیشتری مرتبط با عملکرد طولانی‌مدت برای تأیید مزایا و چالش‌های مخلوط آسفالت ذخیره‌سازی گرما تغییر فاز دهنده مورد نیاز است.

Reference

Jia, Meng, et al. "Developing a solid–solid phase change heat storage asphalt pavement material and its application as functional filler for cooling asphalt pavement." *Energy and Buildings* 285 (2023): 112935.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112935>

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیمزاده

