University of Mosul

College of Engineering

Effect of Carbon-Sulfur Residues on Unmodified and SBS-Modified Asphalt Mixtures as a Filler Replacement

Mohammed Adnan Abdullah

M.Sc. Thesis

in

The Science of Civil Engineering/ Highway and Transportation

Supervised by

Prof. Dr. Abdul-Rahim I. Jasim

2024 A.D. 1444 A.H.

ABSTRACT

Iraq faces environmental challenges associated with waste management, particularly the increasing production of solid waste and the decreasing space available in landfills. One significant issue is the disposal of blowdown, which are carbon-sulfur residues from sulfur thermal purification that are present in large quantities in the Al-Mishraq sulfur plant. This study evaluated the effects of blowdown as a mineral filler replacement on both unmodified and Styrene-Butadiene-Styrene (SBS)-modified asphalt mixtures. Three different blowdown concentrations (4, 5, and 6 percent by weight of aggregate) were evaluated as potential calcium carbonate ($CaCO_3$) replacement. Laboratory tests and parameters, including the Marshall stability and flow, indirect tensile strength, moisture susceptibility, deformation strength, and Semi-circular bending test, were conducted, and the data were statistically analyzed using Minitab version 21.1 software to conduct the analysis of variance (ANOVA) and Fisher's least significant difference (LSD). The use of blowdown in asphalt mixtures at different rates showed varied results, but overall, using 6% blowdown for unmodified asphalt mixtures increased the indirect tensile strength of unconditional specimens, deformation strength, Marshall stability, and Marshall quotient values by 41.85, 67.52, 59.76, and 68.72 percent, respectively, while using 5% blowdown in SBS-modified asphalt mixtures improved these values by 0.21, 51.23, 14.27, and 31.44 percent, respectively. Furthermore, there are a decrease in some values, such as the Marshall flow, the resistance to moisture, and air voids, compared to the mixtures with $CaCO_3$ filler.

Furthermore, the analyses of the results show that the performance of SBS-modified asphalt mixtures is significantly better when compared to unmodified mixtures, such as improving the indirect tensile strength of unconditional specimens, deformation strength, and tensile strength ratio by 62.62, 94.87, 14.17 percent, respectively, indicating a better cracking, rutting and moisture damage resistance. The thesis also recommends conducting future studies on blowdown, such as its effect on the aging of asphalt mixtures, its environmental and economic suitability, and encouraging the use of byproduct and waste materials in pursuit of a more sustainable environment.

جامعة الموصل

كلية الهندسة

تأثير مخلفات كربون–كبريت على المزجات الاسفلتية غير المعدلة والمعدلة بمادة ستايرين–بيوتادين–ستايرين كمادة مالئة بديلة

محمد عدنان عبدالله

رسالة ماجستير

علوم في الهندسة المدنية / طرق ومواصلات

باشراف

الأستاذ الدكتور عبد الرحيم إبراهيم جاسم

1444 هـ

2024 م

الخلاصة

يواجه العراق تحديات بيئية مرتبطة بإدارة النفايات، لا سيما زيادة إنتاج النفايات الصلبة وتناقص المساحة المتوفرة في مدافن النفايات. إحدى القضايا المهمة هي التخلص من مادة البلوداون، وهي مخلفات كاربون–كبريت الناتجة من عمليات تنقية الكبريت بالطريقة الحرارية وموجودة بكميات كبيرة في معمل كبريت المشراق. قيمت هذه الدراسة آثار مادة البلوداون كمادة مالئة بديلة على كل من مزجات الاسفلت الغير معدلة ومزجات الاسفلت المعدلة بمادة ستايرين – بوتادين – ستايرين (SBS). تم تقييم ثلاثة تراكيز مختلفة من مادة البلوداون (4، 5، و6 بالمائة من وزن الركام) كبديل محتمل لكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). تم إجراء عدة فحوصات مختبرية، بما في ذلك اختبار ثبات مارشال، اختبار مقاومة الشد غير المباشر، نسبة مقاومة الرطوبة، اختبار كيم للتشوه الدائم، واختبار الانحناء شبه الدائري، وتم تحليل البيانات الناتجة إحصائيًا باستخدام برنامج Minitab اصدار 21.1 لإجراء تحليل التباين (ANOVA) واختبار أقل فارق معنوي لفيشر (LSD). أظهر استخدام مادة البلوداون في المزجات الاسفلتية بنسب مختلفة نتائج متنوعة، ولكن بشكل عام، أدى استخدام نسبة 6٪ للمزجات الاسفلتية غير المعدلة إلى زيادة قوة الشد غير المباشرة في درجة حرارة 25 مئوية، مقاومة التشوه في اختبار كيم، قيم استقرار مارشال، ومحصلة مارشال بمقدار 41.85، 67.52، 59.76، و68.72 في بالمئة، على التوالي، في حين ان استخدام 5٪ من مادة البلوداون في المزجات الاسفلتية المعدلة بواسطة SBS أدى إلى تحسين تلك القيم بنسبة 0.21، 51.23، 14.27، و31.44 بالمئة، على التوالي. كما لوحظ انخفاض في بعض القيم مثل سحب مارشال ومقاومة الرطوبة والفراغات الهوائية

مقارنةً بالمزجات الاسفلتية التي تحتوي على كربونات الكالسيوم كمادة مالئة. علاوة على ذلك، أظهر تحليل النتائج ان أداء مزجات الاسفلت المعدلة بمادة ستايرين – بوتادين – ستايرين كان أفضل بشكل ملحوظ عند مقارنتها بمزجات الاسفلت الغير معدلة، مثل تحسين قوة الشد غير المباشرة في درجة حرارة 25 مئوية، مقاومة التشوه في اختبار كيم، ومقاومة الرطوبة بنسبة 62.62، 94.87، 14.17 بالمئة، على التوالي، مما يشير إلى مقاومة أفضل للتشقق والتخدد والرطوبة. كما وتقترح الرسالة إجراء دراسات مستقبلية عن المادة، كتأثيرها على تقادم المزجات الاسفلتية وصلاحيتها البيئية والاقتصادية، والتشجيع لاستخدام المواد البديلة سعياً نحو بيئة أكثر استدامة.

.