

University of Mosul
College of Engineering



**Effect of Sulfur Waste as Sustainable Filler on
Some Properties of Hot and Warm Asphalt
Mixtures**

Hussam Taha Mahmood

M. Sc. Thesis

In

The Science Civil Engineering / Highway and Transportation

Supervised by

Prof. Dr.

Abdul-Rahim I. Al-Hadidi

2023 AD

1445 AH

ABSTRACT

Addressing the urgent demand for sustainable construction, recent research has focused on using waste materials as alternatives in asphalt production, offering both cost-effective and environmentally sustainable enhancements.

The objective of this study is to evaluate the potential of using sulfur waste (SW) as a substitute for the conventional mineral filler (CaCO_3) in hot and warm asphalt mixtures. To formulate Warm Mix Asphalt, synthetic zeolite was incorporated into the bituminous binder at a concentration of 5% by weight. Eight mixtures were crafted: For the hot mixtures, one utilized the conventional filler (CaCO_3), while the other three incorporated sulfur waste at proportions of 4%, 5%, and 6% by weight of aggregate. A parallel approach was adopted for the warm mixtures, with one using the traditional filler and three others containing varying proportions of SW. conducting evaluations through a series of performance and durability tests including Marshall Properties, static indirect tensile strength, tensile strength ratio, semi-circular bending (SCB) at 25°C, and permanent deformation (Kim test) at 60°C for both hot mix asphalt and warm mix asphalt.

The findings from the study indicate that the inclusion of sulfur waste in varying proportions (4%, 5%, and 6%) has a multifaceted impact on the mechanical properties of asphalt mixtures. Notably, certain blends, particularly those incorporating 6% sulfur waste, exhibit enhanced performance across various parameters such as moisture damage, deformation strength, fracture energy, Marshall Stability. These positive outcomes suggest the potential of these mixes,

especially those with a 6% sulfur waste content, to offer improved compactibility and durability.

Examining specific data, it is evident that WMASW6 stands out with superior Marshall Stability at 60°C, registering a value of 14.71 kN, closely followed by HMASW6 at 14.65 kN. This implies that a 6% sulfur waste content may indeed contribute to the improved stability of both Warm Mix Asphalt (WMA) and Hot Mix Asphalt (HMA) mixtures. Deformation strength also exhibits an increasing trend with the inclusion of sulfur waste, peaking in WMASW6 at 8.80 MPa, surpassing its counterparts in HMA mixtures.

Additionally, the Inherent Tensile Strength (ITS) benefits from sulfur waste in both types of asphalt, with the highest performance observed in HMASW6 at 60°C (1.015 MPa), closely followed by WMASW6 at 60°C (0.96 MPa). Turning our attention to the Tensile Strength Ratio (TSR) results, the resistance of asphalt mixtures to moisture-induced damage becomes a critical aspect of analysis. The TSR criterion, set at 0.8, serves as a reference for evaluating the performance of the mixtures under consideration. In the case of hot mixtures, both HMA and HMASW6 excel in moisture resistance, exceeding the TSR threshold with values of 0.817 and 0.89, respectively. However, HMASW4 and HMASW5 exhibit heightened sensitivity, recording TSR values of 0.65 and 0.785, respectively. In warm mixtures, WMA and WMASW4 exhibit TSR values of 0.568 and 0.778, respectively. Remarkably, SW5 and SW6 mixtures surpass the 0.80 threshold, boasting values of 0.857 and 0.877, indicative of their robust resistance to moisture damage. Notably, these warm mixtures incorporating sulfur waste showcase an enhancement in TSR values

compared to the reference WMA. Specifically, the TSR values in sulfur waste mixes increased by 36.94%, 50.84%, and 54.46% for SW4, SW5, and SW6, respectively, emphasizing the positive influence of sulfur waste on moisture resistance.



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تأثير استخدام مخلفات الكبريت كمادة مائة مستدامة على

بعض خواص الخلطات الاسفلتية الساخنة والدافئة

حسام طه محمود

رسالة ماجستير

علوم في الهندسة المدنية/طرق ومواصلات

بإشراف

الأستاذ الدكتور

عبدالرحيم إبراهيم جاسم

٢٠٢٣ م

١٤٤٥ هـ

الخلاصة:

في ظل تصاعد القلق البيئي وزيادة الضغوط الاقتصادية، أصبح البحث عن مواد مستدامة وفعالة من حيث التكلفة أمراً بالغ الأهمية. يمثل إدراج مواد المخلفات في هذه الخلطات منهجاً فعالاً لتعزيز الفوائد، هذه الاستراتيجية تقلل من استخراج الموارد الطبيعية وتوفر وسيلة مستدامة لإدارة المخلفات. يكتسب هذا النهج أهمية كبيرة وخاصة في بلدان مثل العراق، حيث يترتب على إنتاج مخلفات الكبريت تكاليف التخلص الباهظة. وفي هذا الاتجاه.

تقيم الدراسة الحالية إمكانية استخدام مخلفات الكبريت كبديل للمواد المائلة المعدنية التقليدية (كربونات الكالسيوم) في الخلطات الإسفلتية الساخنة والدافئة. تم تضمين الزيولايت الصناعي في الخلطات الدافئة. تم إعداد ثماني خلطات: أربع خلطات ساخنة وأربع دافئة. بالنسبة للخلطات الساخنة، استخدمت في أحدها المواد المعدنية التقليدية بنسبة ٥٪، بينما تضمنت الثلاث خلطات الأخرى مخلفات الكبريت بنسب ٤٪ و ٥٪ و ٦٪ من وزن الركام. تم اتباع منهج مماثل للخلطات الدافئة، حيث تضمنت أربع خلطات، استخدمت في أحدها المادة المائلة التقليدية بينما تضمنت الثلاث خلطات الباقية ثلاث نسب متفاوتة من مخلفات الكبريت، أظهرت الاختبارات تحسناً في عدة خصائص ميكانيكية للخلطات التي تحتوي على مخلفات الكبريت.

علاوة على ذلك، تبين من خلال النتائج أن إدراج مخلفات الكبريت في كلا الخلطات الساخنة والدافئة أظهر تأثيراً معقداً على الخواص الميكانيكية لهذه الخلطات حيث أظهرت معظم هذه الخلطات وخاصة تلك التي تحتوي على مخلفات الكبريت بنسبة ٦٪ تحسناً في الأداء من حيث مقاومة ضرر الرطوبة و قوة التشوه وطاقة الكسر و استقرار مارشال مما يشير إلى جدوى استخدام نفايات الكبريت كمادة مائلة في الخلطات الإسفلتية، لاسيما بنسبة ٦٪ لما حققته من تحسينات في معظم الخصائص لكل من المزجات الساخنة والدافئة.