JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ
العدد الخامس والثلاثون
(٤٢٩) (٤٤٥)

دراسة الخواص الريولوجية والاداء الحراري للإسفلت المحور بالمواد البوليمرية

سعد صالح احمد عبيد
saad.21esp4@student.uomosul.edu.iq
سلام ججو مارزينا ججو
salamkarash@gmail.com
وفــاء محمد علي محمد سعيد
wafam4181@gmail.com
وزارة التربية
مديرية تربية نينوى

المستخلص:

تضمن هذا العمل دراسة شاملة لبحث تأثير إضافة المواد البوليمرية في الخواص الريولوجية والأداء الحراري لمخاليط الإسفلت. تم اختيار مزيج بوليمري يتكون من بوليمرين مختلفين لإضافته إلى الإسفلت: ستايرين بيوتادايين ستايرين (SBS) مع بولي ايثيلين فينايل استيت.

تم دمج مزيج البوليمر (SBS :EVA) مع الإسفلت وبنسب متساوية مع زيادة تدريجية في نسبة المادة المضافة و على النحو الآتي: (١، ٢، ٣، ٤، ٥،،6،7 ٨ ٩، ١٠)% من وزن الإسفلت.

تم تسخين الخليط إلى درجة حرارة تتفاوت ما بين (١٧٠ –١٨٠) درجة مئوية لمدة تصل إلى ٦٠ دقيقة. خضعت عينات الإسفلت المعدلة لعدة اختبارات لتحديد مدى تأثر الخواص الريولوجية للعينات الإسفلتية بالمواد البوليمرية المضافة، من خلال تحديد ثباتها عند تعرضها لظروف حرارية وبيئية مختلفة مع حركة المرور المستمرة . وشملت الاختبارات التي أجريت الاستطالة ودرجة الليونة والنفاذية وثبات مارشال، والغمر الكيميائي فضلاً عن فصل الإسفلتين من العينات الإسفلتية وتحديد نسبة الإسفلتين المفصول.

الكلمات المفتاحية: الإسفلت ،المواد البوليمرية ،الخواص الريولوجية.

Study of the Rheological Properties and Thermal Performance of Polymer-Modified Asphalt

Saad Salih Ahmed

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

saad.21esp4@student.uomosul.edu.iq
Salam Jajju Marzeena Jajju
salamkarash@gmail.com
Wafa Muhammad Ali Saeed[3]
wafam4181@gmail.com
Ministry of Education Nineveh Education Direstorate

Abstract

This work included a comprehensive study to investigate the influence of adding polymeric materials on some properties such as the rheology of the asphalt mixtures and its thermal performance. A polymeric blend consisting of two different polymers was selected for addition to asphalt: styrene butadiene styrene (SBS) with polyethylene vinyl acetate. The polymer blend (SBS: EVA) was incorporated into the asphalt in equal proportions، with a gradual increase in the percentage of the additive to the asphalt and as follows: (1، 2، 3، 4، 5، 7، 6، 8، 9، 10) % by weight. The polymer-asphalt mixture was heated between (170 -180) °C for up to 60 minutes. Different tests have been applied on modified asphalt samples to determine the changes in the rheology of the asphalt samples which show changes in presence of polymeric material additives. Accordingly، the stability of the modified asphalt was determined through exposed it to different thermal and environmental conditions with continuous traffic. Tests conducted included ductility، penetration، softening point، Marshall stability and chemical immersion، as well as separation of asphaltene from asphalt samples and determination of the percentage of separated asphaltene.

Keywords: Asphalt، polymeric materials، rheological properties.

Introduction: **١-المقدمة:**

يتكون الإسفلت بدرجة رئيسة من مركبات هايدروكاربونية بارافينية و نفثينية واروماتية متكاثفة والتي تمتاز بذوبانيتها بنسبة تتراوح بين (٧٠-٩٨ %) في سائل ثنائي كبريتيد الكاربون (CS_2) كما يحتوي تركيب الإسفلت على كميات لا يستهان بها من مركبات حلقية وغير حلقية حاوية على الكبريت والنتروجين والأوكسجين فضلاً عن تضمنه نسباً واطئة من عناصر الحديد والألمنيوم والسليكون، يعد الإسفلت مادة واسعة الاستعمال في تبليط الطرق بسبب التصاقيته العالية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

مع المعادن المختلفة وخواص اللزوجة المقبولة فضلاً عن كلفته الواطئة والإسفلت مادة تستخدم على نطاق واسع في رصف الطرق نظرًا لالتصاقه العالي بالمعادن المختلفة وخصائص اللزوجة المقبولة، بالإضافة إلى تكلفته المنخفضة.

(John ، 2028،p 7-20) (Vargas et al، 2008، 3018-3023)

إن تحوير المواد الإسفلتية من خلال إضافة مواد معينة ومن ضمنها البوليمرات لتحسين خصائصها الحرارية والميكانيكية تلعب دورًا مهما في أداء الإسفلت من خلال تعزيز مقاومة المخاليط الإسفلتية للعوامل المتزايدة المؤثرة على تشوه الإسفلت المتعلقة بحركة المرور على الطرق وكذلك الأحمال الثقيلة مع الاختلاف الكبير في درجات الحرارة اليومية فإن الأرصفة التقليدية غير قادرة على توفير الحد الأدنى من الظروف لمنع التدمير مثل التكسير في درجات الحرارة العالية، والتعب والتشقق في درجات الحرارة المنخفضة

(Arabani،et al،2019، *258*، 119729) (Hamedi، *258*،2019،et al، 04019203)

لذلك حرص الكثير من الباحثين على تحسين مواصفات الإسفلت بمعاملات كيميائية وفيزيائية مختلفة وباستخدام الكثير من المضافات وخصوصا المضافات البوليمرية لما لها من تأثير كبير في تحسين خواص الإسفلت الريولوجية وجعله أكثر ملاءمة للاستخدامات المختلفة وخاصة في مجال التبليط.

تمكن Azam،. (et al. 2019) تم فحص الخصائص الانسيابية لمادة رابطة الإسفلت الأساس المعدلة بمنتجات بوليمر مختلفة وشمع. المضافات هي SUPERPLAST و Showax وأكياس نفايات البلاستيك وبوليمر البولي بروبيلين. تم إجراء اختبارات الاختراق ونقطة التليين واختبارات مقياس اللزوجة الدورانية والمسح المجهري الإلكتروني (SEM) على الإسفلت الأساس والمحور . أظهرت النتائج خصائص ميكانيكية أفضل ومقاومة أفضل للتلف الناتج عن الرطوبة للخلطات المعدلة. بشكل عام ، تشير النتائج إلى أن استخدام منتجات البوليمر أو الشمع كمعدلات مفيدة في تحسين أداء الرصيف.

قام . Celauro et al،(2019) بإضافة مزيج بوليمري (LDPE و EVA). لوحظ من خلال النتائج ان المزيج المناسب يؤدي إلى انخفاض في التشوهات الدائمة وكذلك مقاومة الإجهاد.

فضلاً عن ذلك فقد تمكن الباحثانAhmed & Hamdoon) ، (2020.من دراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المحور باللاصق التجاري المكون بصورة رئيسية من [(EVA) أثيلين–فينايل اسيتيت] وعملية الأكسدة الهوائية وبوجود كلوريد الالمنيوم اللامائي. اظهرت النتائج الحصول نماذج

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

بمواصفات تؤهلها للاستخدام في مجالات مختلفة كموانع للرطوبة واعمال التسطيح فضلاً عن الاستعمال الأهم الاوهو التبليط.

قام Iqbal et al.،(2020) بدراسة تأثير إضافة مادة البولي اثيلين والكبريت إلى خصائص الإسفلت وتحسين مقاومة الإسفلت لظروف التقادم الزمني من خلال مقارنة نتائج الخصائص قبل وبعد إجراء فحص فرن الاغشية الرقيقة للعينات الإسفلتية فضلا عن اجراء اختبار النفاذية والاستطالة ودرجة الليونة واختبار اللزوجة DSR، اعطت النتائج تحسن كبير خصائص الإسفلت وفي مقاومة ظروف التقادم الزمني فضلاً عن تحسن خصائص اللزوجة للإسفلت المحور.

درس Joni)،.et al،(2022 استخدام مخلفات البلاستيك (البولي إيثيلين منخفض الكثافة) كمادة محورة للإسفلت ، لوحظ من خلال هذه الدراسة تحسين أداء الخلائط الإسفلتية عند درجات حرارة عالية مختلفة. ، باستخدام نفايات بولي إيثيلين منخفضة الكثافة بقيمة مثلى تبلغ حوالي٪ من وزن الإسفلت بالإضافة إلى تعزيز استقرار مارشال باستخدام هذه النسبة المئوية من البوليمر.

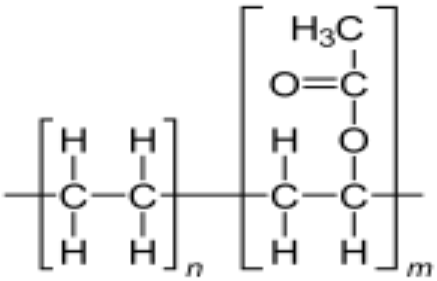
ودرس Q. S،Jarjees وآخرون تعديل الإسفلت باستخدام مزيج بوليمري مكون (PVA) و(PVC) عند درجة حرارة تقع ضمن ١٥٠-١٧٠ درجة مئوية لفترة ٦٠ دقيقة لكل عينة. اظهرت النتائج توافق كبير بين الإسفلت والمزيج البوليمري فضلاً عن زيادة ثبات الإسفلت للظروف التي قد يتعرض لها نتيجة استخدامه في رصف الطرق.

جميع الدراسات السابقة تؤكد توافق البوليمرات مع الإسفلت عند ظروف التفاعل المستخدمة مما أدى إلى تعزيز وتحسين خصائص الإسفلت الميكانيكية والحرارية وبالتالي زيادة مقاومة الإسفلت للظروف البيئية عند استخدامه كمادة أساسية في رصف الطرق ، وفي دراستنا هذه قد استخدمنا مزيجا بوليمريا يتكون من [ستايرين بيوتادايين ستايرين (SBS) مع بولي ايثيلين فينايل استيت (EVA)]في تحسين خصائص إسفلت الدورة العراقي وذلك من خلال إحداث توازن بين المرونة والصلابة وبما يلائم الأجواء الحارة والباردة عن طريق مزج المواد البوليمرية مع الإسفلت عند ظروف معينة .ومن الجدير بالذكر أن هذه البوليمرات من البوليمرات الثرموبلاستيكية (Thermo Plastics) ، إذ يتضمن هذا الصنف البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير الحرارة إذ تتحول إلى منصهرات ، فعندما تقترب درجة الحرارة من درجة انتقالها الزجاجية تصبح مرنة ثم تزداد مرونتها بتحولها إلى منصهرات لزجة وعند خفض درجة حرارة المنصهر تسترجع حالتها الصلبة القوية . أي أنها مواد بوليمرية صلبة القوام (Hard) في درجات الحرارة الاعتيادية ولكنها تلين بالحرارة

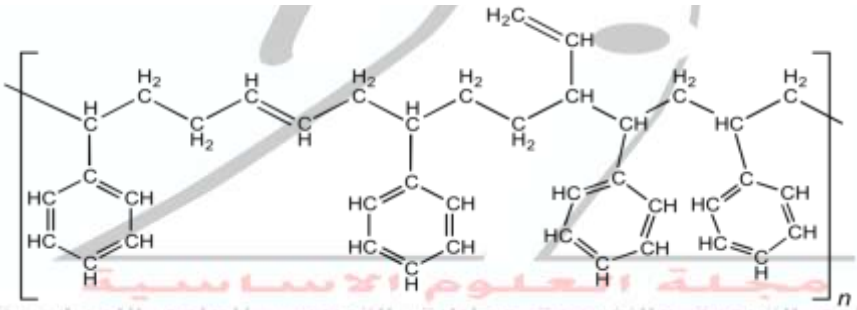
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

(Soften) وتتحول إلى ما يشبه العجينة . وعند التبريد تمر المادة بجميع المراحل السابقة إذ تتصلب تدريجياً حتى تعود ثانية لتأخذ الحالة الصلبة ولهذا السبب تدعى هذه البوليمرات أحياناً بالبلاستيكات المطاوعة للحرارة أو البوليمرات اللدنة حرارياً، إن هذه المواصفات الحرارية التي تتصف بها هذه البوليمرات يؤهلها للاستخدام في تحوير الإسفلت وتحسين خصائصه وفيما يلي التركيب الكيميائي لهذه البوليمرات

(Reyes-Labarta، 2014)، et al.، S.، 2012)(Ribeiro، A.، JA; Marcilla، (Qiu، 2024)، et al.، N.،



بولي أيثلين- فينيل أستيت (EVA)



بولي ستايرين بيوتاداين ستايرين (SBS)

٢- الجزء العملي Experimental part

اولا- المواد المستعملة Materials Used

١- إسفلت الدورة

تم الحصول عليه من مصفى الدورة الذي يمتاز بالمواصفات الموضحة في الجدول(١)

جدول (١) الخواص الريولوجية لإسفلت الدورة

المواصفات	القيمة المختبرية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

الاستطالة	150+
درجة الليونة(م°)	48
النفاذية	45.3
نسبة الإسفلتين %	19.7

٢- بولي ايثيلين فينايل استيت (EVA)

٣- بولي ستايرين بيوتادايين ستايرين (SBS)

٤-هكسان اعتيادي (n- Hexane)

مجهز من شركة VWR Chemicals

ثانيا: الأجهزة المستخدمة Instruments Used

١- جهاز قياس الاستطالة Ductility

يعمل هذا الجهاز على قياس المسافة التي تستطيل بها المواد الإسفلتية عند تعرضها لتأثير سحبٍ وبسرعةٍ ثابتة ، إلى ان ينقطع الأنموذج الإسفلتي . والجهاز ذو منشأ صيني من نوع (YUFENG)

٢-جهاز قياس النفاذية Penetrometer

يعمل هذا الجهاز على فحص نفاذية المواد البتيومينية الصلبة وشبه الصلبة . فالنفاذية هي مقياس لصلابة الإسفلت ، أو هي عبارةٌ عن قوام المادة القيرية معبر عنها بالمسافة العمودية التي تنغرس فيها إبرة القياس في الأنموذج الإسفلتي تحت ظروف معينة من درجة حرارة ، وحمولة ، وزمن، وتحسب المسافة التي قطعتها الإبرةَ في الإسفلت خلال الـ 5 ثوانٍ وتعد هذه المسافة قيمة النفاذية. والجهاز ذو منشأ صيني نوع (YUFENG) .

٣-جهاز قياس درجة الليونة Ring and Ball Apparatus

يعمل هذا الجهاز على قياس درجة الليونة للمواد الإسفلتية التي تتراوح ليونتها بين (٣٠-٢٠٠) مْ ودرجة الليونة هي الدرجة الحرارية التي ينزل عندها الأنموذج الإسفلتي مسافة (٢.٥٤) سم عند تسخينه بسرعة (٥مْ/ دقيقة) مع تجنب التسخين السريع (Fast heating)

٤- جهاز معالجة الإسفلت بالمضافات Polymer Treated Asphalt Appara

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

٥- جهاز الرج الكهربائي Electrical Shaker

وهو من نوع Hamber Ggo Shaker Germany

- جهاز اختبار المارشال Marshall Testing Apparatus

هذا الفحص يعطي دلالة عن مدى ملائمة الإسفلت للتبليط، والجهاز ذو منشأ إنكليزي نوع (WYKEHAM FARRANCE) .

٧- جهاز اختبار الفرن لأغشية الإسفلت الرقيقة:Thin Film Oven Test(TFOT)

يُبين هذا الفحص مدى تأثر إسفلت التبليط المُحور بظروف التقادم الزمني(Aging)، والجهاز ذو منشأ ياباني موديل٧١٠٨١٢

ثالثا: الطرائق العملية Experimental

تم أخذ وزن (١٠٠) غم من الإسفلت ووضع في جهاز معالجة المادة الإسفلتية، ثم تم إضافة نسب مختلفة من مزيج(SBS:EVA) ومُزجت المواد المتفاعلة بصورة جيدة عند درجة حرارة ١٧٠- ١٨٠ مْ مع الرج المستمر لمدة ٦٠ دقيقة، وبعدها تم إجراء قياسات الاستطالة (ASTM D113-99) ،Jarjees)،et la(2025p499-509)

درجة الليونة (ASTM D 36-95)

النفاذية (ASTMD5-97) ،Ahmed)،et la2024، p1055-1064)

فصل الإسفلتين (ASTM D 6560-17) والغمر الكيميائي(Speight،J.G.،(2015 ، فضلاً عن قياس المارشال لبعض النماذج (ASTM D 1559- 89)

٣- النتائج والمناقشة Results and Discussion

تلعب المواد الرابطة الإسفلتية المتمثلة بالمضافات البوليمرية دورًا مهما في أداء وخصائص مخاليط الإسفلت. إذ إنَّ إسفلت الرصف يتأثر بالكثير من العوامل المتعلقة بحركة المرور المتكررة على الطرق بالإضافة إلى الأحمال الثقيلة والتباين الكبير في درجات الحرارة اليومية والموسمية للرصيف والتي تكون مسؤولة عن التشقق الذي يحدث في أرصفة الإسفلت وكذلك تكون الأخاديد ومن ثم فشل أرصفة الإسفلت لذلك دعت الحاجة إلى تعديل المواد الإسفلتية من خلال إضافة بوليمر لتحسين خصائصها الروموجية والفيزيائية إذ إنَّ مزج البوليمر بشكل صحيح مع المادة الرابطة الإسفلتية يسهم في تحسين خصائص الإسفلت نتيجة التغير الذي يحدث في السلوك اللزج

JOBS مجلة العلوم الأساسية Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

المرن للإسفلت والتغيير في البنية الداخلية لمواد الربط الإسفلتية وبالتالي يؤدي إلى تحسين مقاومة الإسفلت للظروف البيئية والاحمال المتكررة.

إن تحوير الإسفلت (أحد المكونات الرئيسية لخليط رصف الإسفلت باستخدام مواد مضافة مختلفة ومزجها مع الإسفلت لتحسين اداء الإسفلت وتغيير مواصفاته، مما يجعله مؤهلاً للاستخدامات المختلفة ولا سيما مجال التبليط ، لذلك حرص الباحثون على تحوير الإسفلت باستخدام المضافات البوليمرية المختلفة.

وفي دراستنا هذه تم استخدام مزيج بوليمري مكون من اثيلين فنيل استيت مع ستايرين بيوتادايين ستايرين . تمت دراسة تحوير المادة الإسفلتية من خلال الكثير من الخطوات

اولاً: مزج المواد البوليمرية مع الإسفلت

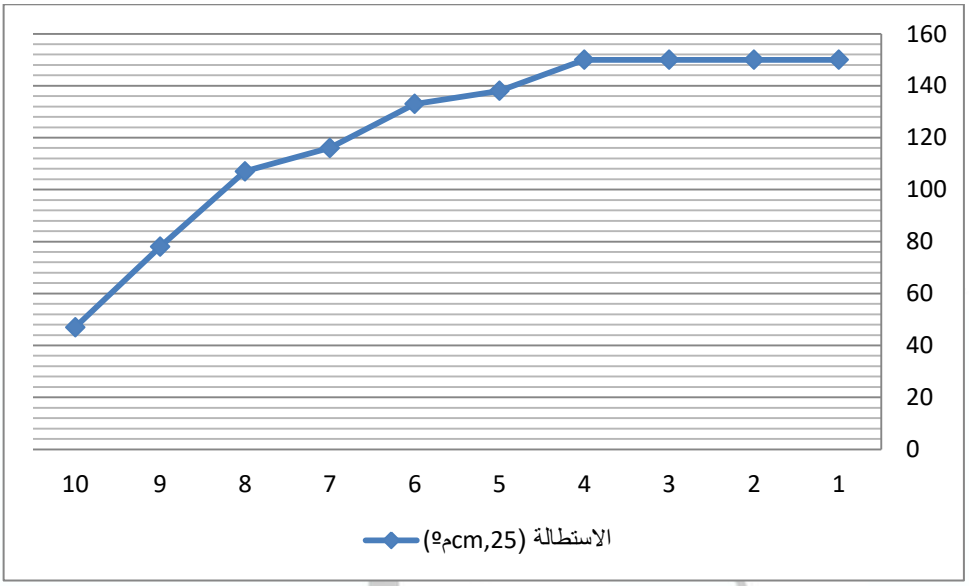
عوملت المادة الإسفلتية مع نسب مختلفة تراوحت بين (١ –١٠)% من المزيج البوليمري. والجدول (٢) والاشكال (١، ٢ ،٣) توضح النتائج التي تم الحصول من عملية معالجة المادة الإسفلتية مع مزيج (SBS : EVA) وبنسب مختلفة.

جدول (٢): الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من مزيجEVA/SBS

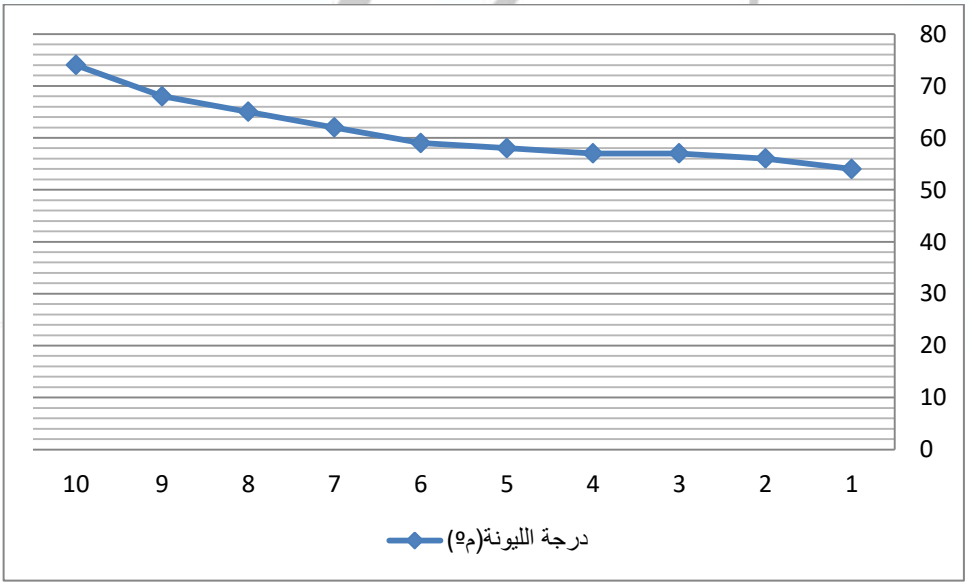
الأنموذج	نسبة المزيج البوليمري %	الاستطالة (cm،٢٥مº)	درجة الليونة(مº)	النفاذية،ملم (100غم،5ثا،25مº)	نسبة الإسفلتين%
AS_0	0	+150	٤٨	٤٥.٣	١٩.٧
AS_1	1	+150	54	٤٤.٦	٢٠.٢
AS_2	2	+150	56	44.2	٢٢.٤
AS_3	3	+150	٥٧	٤٣.٨	٢٣.٦
AS_4	4	+150	57	41.7	٢٤.٥
AS_5	5	١٣٨	58	41.3	26.7
AS_6	٦	١٣٣	٥٩	٤٠.٨	٢٨.٦
AS_7	٧	١١٦	٦٢	٣٨.٣	٢٩.٤
AS_8	٨	١٠٧	٦٥	٣٦.٢	٣٢.٤
AS_9	٩	٧٨	٦٨	٢٩.٤	٣٣.٥

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

AS_{10}	١٠	٤٧	٧٤	٢٧.٨	٣٥.٠

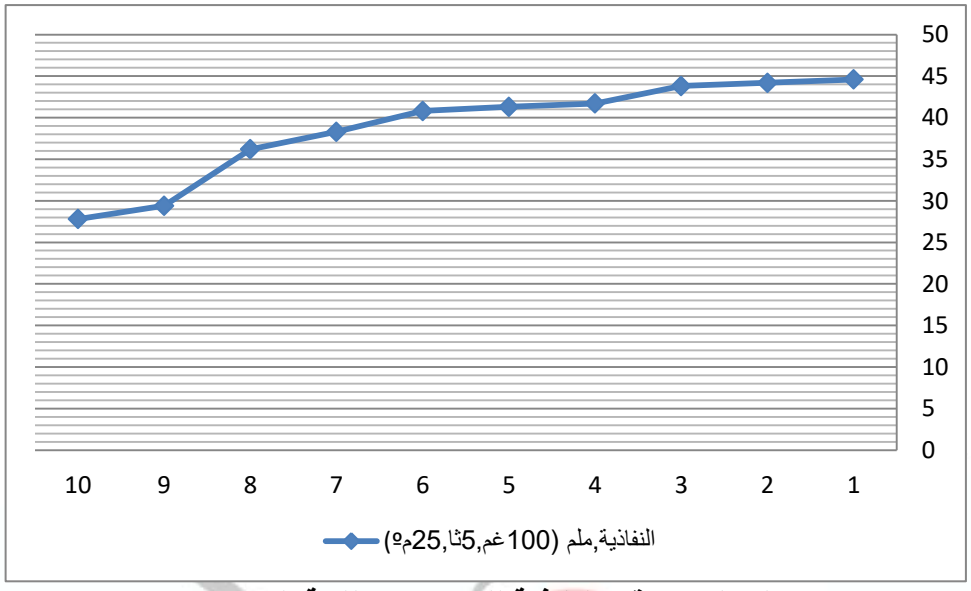


الشكل(١) قيم الاستطالة للعينات الإسفلتية المحورة



الشكل(٢) قيم درجة الليونة للعينات الإسفلتية المحورة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ



الشكل (٣) قيم النفاذية للعينات الإسفلتية المحورة

يتضح من الجدول (٢) والاشكال (١،٢،٣) أن إضافة خليط البوليمر إلى الإسفلت أدى إلى الحصول على نماذج إسفلتية ذات خواص ريولوجية جيدة إلى حد النسبة٦٪ من الخليط البوليمري، اذ كانت جميع قيم الاستطالة عند هذه النسب أكثر من ١٠٠ وكذلك قيم الليونة والنفاذية ضمن القيم المطلوبة لإسفلت الرصف وحسب المواصفات القياسية العراقية الموضحة في الجدول (٣) اما عند النسبة ٧% وزنا من المضاف البوليمري إلى الإسفلت فان نسبة الاستطالة كانت مقبولة اذ بلغت ١١٦ ولكن نقطة الليونة والنفاذية فحصل تدهور واضح في القيم اذ كانت خارج مواصفات إسفلت التبليط نتيجة زيادة صلابة المادة الإسفلتية عند النسب العالية من المزيج البوليمري المضاف، كذلك نلحظ من الجدول ان نسبة الإسفلتين تزداد بصورة عامة بزيادة نسبة المضاف البوليمري ويعود السبب في ذلك إلى ان زيادة نسبة المضاف البوليمري إلى المادة الإسفلتية نتيجة الزيادة في الوزن الجزيئي للمادة الإسفلتية.

(Joohari٢٠٢٢،.p4357-4371) (Zhang،et la.2024. 137283)

والجدول(٣) يوضح المواصفات القياسية للإسفلت المستخدم في التبليط

المعايير الريولوجية	الحدّ الأدنى الممكن	الحدّ الأقصى
درجة الليونة (°م)	٥٤	٦٠
النفاذية ، ملم (١٠٠غم ، ٥ثا ،٢٥°م)	٤٠	٥٠
الاستطالة (سم ، ٢٥°م)	100	---

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

ثانيا: اختبار مارشال

بعد معرفة مواصفات العينات الإسفلتية المحورة بالمزيج البوليمري كما تم توضيحها في الجدول(١) ارتئينا ان نعرف مدى ثبات العينات الإسفلتية المحورة بالمزيج البوليمري لحركة المرور المستمرة والاحمال المتكررة عن طريق قياس ثبات العينات الإسفلتية باستخدام فحص مارشال . يتم أخذ قياس الاستقرارية (الثباتية) (Stability) والزحف (Flow) من خلال قياس المارشال(Zoorob،et la،2000،242-233p).

والجدول (٤) يوضح قيم الاستقرارية والزحف للعينات المحورة تم الحصول عليها AS_1،AS_2،AS_3،AS_4،(AS_5) ومقارنة قيم مارشال مع الإنموذج الاصل والقياس اجري حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.C.R.B)

الجدول (٤) قيم الإستقرارية والزحف للإسفلت الأصل والمحوَر بالمضاف، ومواصفات هيئة الطرق والجسور (S.C.R.B)

الانموذج	نسبة الإسفلت المضاف إلى الركام%	الإستقرارية (KN)	الزحف (mm)
AS_0	4.5	10.7	٤.٦
AS_1		١٤.٣	3.4
AS_2		١٥.٣	٢.٨
AS_3		١٤.٧	٣.٦
AS_4		16.2	٢.٧
AS_5		١٥.٨	٣.١
AS*	AS* مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية.	(7) الحد الأدنى	2-4

يتبين من الجدول أعلاه أن جميع النماذج المحورة أفضل من الأنموذج الأصلي في حال استخدامه كإسفلت تبليط ، وهذا يدل على أن الإسفلت المحور أكثر مقاومة للتشوه الدائمي من الإسفلت الأصلي .

ثالثا: اختبار الغمر الكيميائي (الانسلاخ):

وهذا النوع من القياسات يبين مدى مقاومة الإسفلت بعد مزجه بالركام للأمطار الحامضية ودرجة الحرارة العالية ولهذا عملنا على اختيار عينات الإسفلت المحورة لأجل معرفة مدى تأثرها فيلا الأمطار الحامضية ودرجات الحرارة المرتفعة والجدول(٥) يبين النتائج التي تم الحصول عليها

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

جدول (٥) : نتائج انفصال (انسلاخ) الإسفلت عن الركام بالنسبة للإسفلت الأصل والمقارنة مع المُحورة .

(R)and(W) No. للإسفلت المُحور	(R)and(W) No.. للإسفلت الأصل	(R)and(W) No.	نسبة Na_2CO_3	الأنموذج
----	----	1	0.025	------
----	----	2	0.041	_------
----	3	3	0.082	AS_0
----	----	4	0.164	_------
5	---	5	0.328	AS_3،AS_1
6	----	6	0.656	AS_5،AS_4
7	----	7	1.312	AS_2
----	----	8	2.624	------

نلحظ من الجدول(٥) ومن خلال القيم أن النماذج المحورة بالمزيج ستايرين بيوتادايين ستايرين (SBS) مع بولي ايثيلين فينايل استيت (EVA) بدأت بالإنسلاخ عند كمية أكبر من كاربونات الصوديوم مقارنة بالإسفلت الأصل . إذ تشير الأرقام من (٠) إلى (٨) إلى (R&W) Riedel and Weber number ،. إذ يشير رقم (١) إلى كمية كاربونات الصوديوم والتي هي (٠.٠٢٥) غرام في (٥٠) مل من الماء المقطر والرقم (٨) يشير إلى أعلى كمية من كاربونات الصوديوم والتي هي (2.624) غرام.. إن امتلاك الإسفلت المحور قيم انسلاخ أعلى من الإسفلت الأصل تُمكن الإسفلت المحور من الالتصاق مع الركام بصورة أكبر مما هو عليه في الإسفلت الأصل مما يعطي مقاومة أكبر للأمطار الحامضية ولدرجات الحرارة العالية ، وبالتالي فان المزيج البوليمري حسن من خواص الإسفلت الريولوجية وجعلها أكثر مقاومة للظروف البيئية والأحمال المتكررة وكذلك مقاومة الاختلاف في درجات الحرارة.

رابعاً: تأثير التقادم والتجوية في المواصفات الريولوجية لكل من النماذج الإسفلتي المُحور والإسفلت الأصل(الدورة) باستعمال اختبار الفرن الأغشية الإسفلت الرقيقة (TFOT):

عملية اختبار مدى مقاومة النماذج الإسفلتي لظروف التقادم الزمني والتجوية لها من الأمور المهمة التي يجب أن تأخذ بالحسبانَ ويتم دراستها وبالتحديد بالنسبة للإسفلت الذي يتم تحويره، إذ إنَّهُ من المعروف ان الإسفلت يعاني من تغيرات في خواص الريولوجية بعد مرور فترة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

من زمن عند تعرضهِ للعوامل الجوية كأشعة الشمس وهذهِ الأمور المتوقعة وتكون غير المستبعدة الحدوث حيث أن الإسفلت مادة هايدروكاربونية يكون لها القابلة على التأكسد،وعند تعرض المادة إلى درجات حرارة مع وجود أوكسجين الهواء الجوي ستؤدي هذه العوامل إلى تحفيز تفاعلات الأكسدة (Oxidation reactions)، حيث تحدث خلال ميكانيكية الجذور الحرة حيث تؤدي إلى تكوين مواد ذات أوزان جزيئية تكون أكبر من الجزيئة الأصلية مما يؤثر في صلابة المواد الإسفلتية، حيث نلاحظ زيادة في الليونة المادة وانخفاضاً في قيم النفاذية وكذلك الاستطالة.

أجرى اختبار التقادم على كل من النموذج الأصل وبعض النماذج المُحورة الاخرى، وقد أُجريَ الفحص على وفق المواصفات القياسية الأمريكية ASTM،(D1754-97R2002) .

إذ تم الفحص كما هو مُبين في الجزء العملي، حيث كانت النتائج المحصل عليها على وفق الجدول (٦) وحيث يوضحُ التغيير المواصفات الريولوجية للنماذج التي تم تحويرها وإسفلت الأصل بعد ان تمَ إخضاعهما لفحص الفرن لأغشية الإسفلت الرقيقة (TFOT) .

الجدول (٦):تغيير المواصفات الريولوجية لإسفلت المحور وإسفلت الأصل بعد فحص (TFOT)

رقم النموذج	الصفات الريولوجية	قبل الفحص	بعد الفحص
As_0	درجة الليونة	48	50
	النفاذية	45.3	42.3
	الاستطالة	+150	+130
	نسبة الفقدان بالوزن %	--------	0.071
As_1	درجة الليونة	54	58
	النفاذية	44.6	43
	الاستطالة	+150	+150
	نسبة الفقدان بالوزن %	--------	0.035
AS_2	درجة الليونة	56	63
	النفاذية	44.2	42.1
	الاستطالة	+150	+150
	نسبة الفقدان بالوزن %	--------	0.026

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

AS_3	درجة الليونة	57	62.3
	النفاذية	43.8	40.6
	الاستطالة	+150	+150
	نسبة الفقدان بالوزن %	--------	0.036

من الجدول(٦) نلحظ أن درجة تأثر النماذج التي تم تحويرها بظروف التقادم من درجة حرارة وأوكسجين وبشكل عام تكون قليلة ويُعد هذا الأمر إيجابياً وأيضا نستدل على أن النماذج المُحورة تتميز بمقاومتها الكبيرة للإجهادات وتشققات فضلاً عن العمر التشغيلي يكون أطول، وأن عدم تأثر النماذج التي تم تحويرها بظروف التقادم الزمني يُعزى إلى ما يتمتع به المزج البوليمري المستعمل الذي يعمل على تحسين الخواص الميكانيكية والمتمثلة بزيادة متانة النماذج الإسفلتية المحورة والتقليل من التكسير الحراري وتحمله للإجهادات والتشققات وزيادة مقاومتهِ لتكوين الأخاديد. (Beckir،et la (Navaro، et al، 2001. P 39-50) 2004.p2041-2049)

أما الإسفلت الأصل فكان التأثير أكبر بالظروف التقادم وخاصةً من حيث قيمة النفاذية ونسبة الفقدان في الوزن.

٤-الاستنتاجات: Conclusion

١. أدى استخدام المزيج البوليمري (SBS:EVA) كمواد محورة للإسفلت في ظروف التفاعل المثبتة من درجة الحرارة والوقت إلى عينات إسفلتية ذات خصائص ريولوجية متوافقة مع المواصفات القياسية لرصف الإسفلت.

٢. أظهرت نتائج اختبار مارشال أن عينات الإسفلت تتمتع بثبات عالٍ ومقاومة عالية للتغيير في درجات الحرارة فضلا عن الثبات عند التعرض للأحمال المتكررة.

. أظهرت نتائج اختبار الغمر الكيميائي (النزع) أن عينات الإسفلت تتمتع بمقاومة عالية للأمطار الحمضية عند مقارنتها بالإسفلت الاصل.

المصادر: References:

1- Ahmed، S.، Hamdoon، A. A.، & Abdulla، M. (2024) . ''Residues from The Mishraq Sulfur Mine and The Nano_Sulfur Derived from Them as Modifiers for The Mechanical and Thermal Properties of Iraqi Asphalt''. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*، *11*(3)، 1055-1064.

2- Ahmed،S.S.،Hamdoon،A.A.، (2020). "The Rheological Properties of Asphalt by Commercial Adhesive (Ethylene-Vinyl Acetate) and Air Blowing Process" Journal of Education and Science ، Vol.29،No.3، pp.102- 118، ISSN 1812-125X.

3- Arabani، M.، Shabani، A.، and Hamedi، G. H. ،(2019). Experimental investigation of effect of ceramic fibers on mechanical properties of asphalt mixtures. Journal of Materials in Civil Engineering ،31(9)، 04019203.

4- ASTM D1754-97R (2002)، "Standard test method for effect of heat and air on asphaltic materials (Thin Film Oven Test)"، Roade and paving materials–vehicle–pavement systeems، New york، Ny. Section (4)،Vol .(04 .03)،

5- ASTM D 1559- 89، " Test method for resistance of plastic flowak Bituminous mixtures using marshal Apparatus"، (With draw standards until 2006)، (With drawn standards until 1998)، New York، Ny.

6- ASTM D 6560- 17 ."Standard test method for determination of asphaltens (heptane in soluble) in crude petroleum and petroleum production.

7- ASTM D [36-95] Reapproved 2000، "Standard test method for softening point of bituminous materials (Ring and Ball Apparatus)" ،Section 4 ، Vol .04 ،Roofing and waterproofing ،New york،Ny.

8- ASTM D5- 97 ."Standard test method for penetration of bituminous materials"، Section 4، vol. 04. 03 Road and paving materials- vehicle- pavement systems New York، Ny.

9- Azam، A. M.، El-Badawy، S. M.، & Alabasse، R. M.، (2019). Evaluation of asphalt mixtures modified with polymer and wax. Innovative Infrastructure Solutions، 4(1)، 1-12.

10-Beckir Y.; Mendarz M.P. and Rodrigoez Y.، (2001)، "Polymer modified Asphalt". Vesion Technolugical، Vol. (9)، No. (1)،pp (39–50) .

11-Celauro، C.، Bosurgi، G.، Sollazzo، G. ،& Ranieri، M. (2019). Laboratory and in-situ tests for estimating improvements in asphalt concrete with the addition of an LDPE and EVA polymeric compound. Construction and Building Materials، 196، 714-726

12-Hamedi، G. H.، Shamami، K. G.، & Pakenari، M. M. (2020). Effect of ultra-high-molecular-weight polyethylene on the performance characteristics of hot mix asphalt. *Construction and Building Materials*، *258*، 119729.

13-Hobson،G. D.، (1973) "Modern Petroleum Technology". 4th ed، Ltd. Britain، PP. 804 – 806.

14-Iqbal، M.، Hussain، A.، Khattak، A.، & Ahmad، K. ،(2020). ''Improving the aging resistance of asphalt by addition of polyethylene and sulphur''. Civ. Eng. J، 6(5)، 1017-30.

15-Jarjees، Q. S. ،Ahmed، S. S.، & Hamdoon، A. A. (2025). Enhancing Asphalt Performance with Polymer Blends: A Rheological Study. *Journal of Nanostructures*، *15*(2)، 499-507.

16-John B.Johnston.، (2008)، "Using Polymer Modified Asphalt Elumlsion in Surface Treatmentes" . AFedral Lands High Way Interim Report p.7،8،20.

17-Joni، H. H.، & AL-Rubaie، A. H. (2022) . ''Enhancement of the Rutting Resistance of Asphalt Mixtures at Different High Temperatures Using Waste Polyethylene Polymer'' . Engineering and Technology Journal، 40 (11)، 1-9.

18-Joohari، I. B.، & Giustozzi، F. (2022). Waste tyres crumb rubber as a sustainability enhancer for polymer-modified and hybrid polymer-modified bitumen. *International Journal of Pavement Engineering*، *23*(12)، 4357-4371.

19- Navaro F.J.، Parteal P. and Martinez–Bozae F.،(2004) ، "Thermo-Rheological behavior and storage stability of groung tire rubber- modified bitumens"، Fuele، (2041–2049).

20-Qiu، N.، Sun، Z.، Yu، F.، Wang، K.، Long، C.، Dong، Z.، ... & Chen، Z. R. (2024). Chain shuttling polymerization for cycloolefin block copolymers: from engineering plastics to thermoplastic elastomers. *Macromolecules*، *57*(12)، 5729-5738.

21-Reyes-Labarta، J. A.، & Marcilla، A. (2012). Thermal treatment and degradation of cross-linked ethylene vinyl acetate–polyethylene–azodicarbonamide–ZnO foams. Complete kinetic modeling and analysis. *Industrial & engineering chemistry research*، *51*(28)، 9515-9530.

22-Ribeiro، S.، Costa، P.، Ribeiro، C.، Sencadas، V.، Botelho، G.، & Lanceros-Méndez، S. (2014). Electrospun styrene–butadiene–styrene elastomer copolymers for tissue engineering applications: Effect of butadiene/styrene ratio، block structure، hydrogenation and carbon nanotube loading on physical properties and cytotoxicity. *Composites Part B: Engineering*، *67*، 30-38.

23-Speight،J.G.،(2015)،"Asphalt Materials Science and Technology" Butterworth-Heinemann. PP.232-233.

24-State Cooperation of Road and Bridges (S.C.R.B.)(2003)."Hot Mix Asphaltic Concrete Pavements". Iraqi Standard Specification، Ministry of Housing and Construction.Department of Design and Study، Section R9.

25-Vargas، X. A.، Afanasjeva، N.، Álvarez، M.، Marchal، P. H.، & Choplin، L. (2008). Asphalt rheology evolution through thermo-oxidation (aging) in a rheo-reactor. *Fuel*، *87*(13-14)، 3018-3023.

26-Zhang، M.، Yuan، D.، & Jiang، W. (2024). Effects of TLA on rheological، aging، and chemical performance of SBS modified asphalt. Construction and Building Materials، 438، 137283.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الخامس والثلاثون
٢٠٢٦م /١٤٤٧هـ

27-Zoorob، S. E.، & Suparma، L. B. (2000). Laboratory design and investigation of the properties of continuously graded Asphaltic concrete containing recycled plastics aggregate replacement (Plastiphalt). *Cement and concrete composites*، *22*(4)، 233-242.

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية