مجلة العلوم الشاملة
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الثالث للعلوم والتقنية
المجلد (10)، العدد (37)، (نوفمبر2025)
ردمد: 3014-6266

Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (37), (NOV. 2025)
SICST2025, www.sicst.ly
ISSN: 3014-6266

دراسة تأثير درجات الحرارة والتقادم على الخلطات الإسفلتية المفتوحة

د. بشير معمر أبواروي * ، **فيصل عبد الحكيم الناكوع**

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة – الخمس، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا

* **البريد الإلكتروني (للباحث المرجعي):** Aburawi2018@gmial.com

Study of the Effect of Temperature and Aging on Open-Graded Asphalt Mixtures

Bashir M. Aburawi*, Faisal A. Alnakoa

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering - Al-Khums, Al-Merqeb University, Al-Khums, Libya

Received: 30-09-2025; Revised: 10-10-2025; Accepted: 31-10-2025; Published: 25-11-2025

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير درجات الحرارة والتقادم الزمني على أداء الخلطات الإسفلتية المفتوحة، باستخدام اختبار "كنتابرو" الذي يُعد من الاختبارات الأساسية لتحديد مقاومة الخلطات للتآكل والتفكك. تساهم هذه الدراسة في تحسين تصميم الخلطات الإسفلتية المفتوحة، مما يعزز من كفاءتها في تصريف المياه، تقليل الانزلاق، وتحسين السلامة المرورية، خاصة في المناطق ذات الظروف البيئية القاسية. تمت الدراسة على عينات مأخوذة من الطريق الساحلي في منطقة القره بوللي – قصر الأخيار بليبيا، حيث قُسمت العينات إلى ثلاث مجموعات عينات غير معرضة للتقادم. وعينات معرضة للتقادم الحراري بدرجة حرارة 85° مئوية لمدة 5 أيام. وعينات معرضة للتقادم الحراري بدرجة حرارة 85° مئوية لمدة 7 أيام. ومن أهم النتائج ان العينات الغير معرضة للتقادم أظهرت أقل نسب فقد في الوزن مقارنة بالمجموعات الأخرى، ما يشير إلى تأثير سلبي للتقادم الحراري على الخلطات الإسفلتية. قد زادت نسب الفراغات الهوائية والركامية مع ارتفاع درجات الحرارة ومدة التقادم، مما يشير إلى تفكك بنية الخلطة الإسفلتية. وانخفضت نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت مع زيادة درجات الحرارة بسبب تبخر المكونات الخفيفة للإسفلت وتأكسد، مما أدى إلى تراجع كفاءة الخلطة. التقادم الحراري يؤثر سلبًا على أداء الخلطات الإسفلتية المفتوحة، حيث يؤدي إلى زيادة التآكل، تفكك الركام، وانخفاض التماسك بين المكونات. كما أن الحرارة المرتفعة تقلل من قدرة الخلطة على مقاومة العوامل البيئية مثل الرطوبة والتشققات.

الكلمات المفتاحية: الخلطات الإسفلتية المفتوحة، التقادم، اختبار كنتابرو، درجات الحرارة، التأكسد، التجريد، الرطوبة.

Abstract: This study aims to evaluate the impact of temperature and aging time on the performance of open asphalt mixtures, using the "Cantabro" test, which is one of the essential tests for determining the resistance of mixtures to wear and disintegration. This study contributes to improving the design of open asphalt mixtures, enhancing their efficiency in water drainage, reducing slippage, and improving traffic safety, especially in areas with harsh environmental conditions. The study was conducted on samples taken from the coastal road in the Qasr al-Akhyar area of Libya, where the samples were divided into three groups: non-aged samples, samples subjected to thermal aging at a temperature of 85°C for 5 days, and samples subjected to thermal aging at a temperature of 85°C for 7 days. One of the main findings is that the non-aged samples showed the lowest weight loss compared to the other groups, indicating a negative effect of thermal aging on asphalt mixtures. The percentages of air voids and aggregate increased with rising temperatures and aging duration, indicating the disintegration of the asphalt mixture structure. The percentage of voids filled with asphalt decreased with increasing temperatures due to the evaporation of light asphalt components and oxidation, leading to a decline in mixture efficiency. Thermal aging negatively affects the performance of open asphalt mixtures, resulting in increased wear, disintegration of aggregates, and reduced cohesion among components. Additionally, high temperatures reduce the mixture's ability to resist environmental factors such as moisture and cracking.

Keywords: open asphalt mixtures, aging, Cantabro test, temperatures, oxidation, stripping, moisture.

مقدمة:

تعد الخلطات الاسفلتية المفتوحة من الحلول الهندسية المتقدمة في مجال انشاء وصيانة الطرق لما تمتاز به من خصائص فريدة تميزها عن الخلطات التقليدية واهم ما يميز هذه الخلطات احتوائها على نسب عالية من الفراغات الهوائية نتيجة استخدام ركام خشن التدرج وغياب المواد الناعمة أو التقليل منها مما يسمح بمرور المياه من خلالها بشكل فعال. هذا التصميم يجعلها مثالية للاستخدام في الطبقات السطحية للطرق خاصة في المناطق التي تشهد معدلات عالية من الامطار أو في الطرق السريعة ذات السرعات العالية حيت تساهم هذه الخلطات في تصريف مياه الامطار بسرعه ومنع تجمعها على سطح الطريق.

كما تساهم الخلطات المفتوحة في تحسين السلامة المرورية من خلال تقليل ظاهرة الانزلاق المائي وتحسين الرؤية اثناء القيادة في الظروف المطرية إلى جانب ذلك تعمل هده الخلطات على تقليل الضوضاء الناتجة عن احتكاك الاطارات بسطح الطريق مما يجعلها ملائمة في المناطق الحضرية القريبة من الاحياء السكنية. ويستخدم هذا النوع في تطبيقات مثل طبقات الربط والطبقات السطحية الممتصة للضوضاء بالإضافة الى استخدامه في انظمة تصريف المياه الذكية ضمن البنية التحتية الحديثة.

رغم مزايا الخلطات الاسفلتية المفتوحة الا ان تحدياتها تتعلق بالعمر الافتراضي والصيانة اذ ان نسبة الفراغات العالية تجعلها اكثر عرضة للانسداد بالأتربة او الترسبات مع مرور الوقت مما يؤثر على كفاءتها. كما تتطلب مواد رابطة عالية الجودة مثل البوليمرات أو الإسفلت المعدل لضمان التماسك والمتانة.

يتميز الإسفلت بخواص كيميائية فريدة تجعله مادة أساسية في انشاء الطرق ذو تصميم ممتاز غير قابل للتأثر بالأحماض والقلويات والأملاح ولخواص مكونات الخلطة الإسفلتية تأثير مهم على أداء الرصف وتعتبر الخرسانة الإسفلتية أفضل أنواع الرصف الأسفلتي ونظراً لارتفاع تكاليفها فإن الأمر يتطلب الاهتمام بتصميم الخلطة حتى تحصل على النتائج المرجوة ويتوقف سمك الطبقة على حركة المرور ونوع طبقة الأساس كذلك الحال ينبغي ان يكون سطح الرصف الأسفلتي المعرض لحركة لمرور صلباً بما فيه الكفاية لمقاومة التشوهات في نفس الوقت يجب أن يكون سطحاً أملساً لقيادة وسائط النقل كما وينبغي أن يكون له ميل جانبي لتصريف المياه السطحية الى حافات الطريق. تستخدم الخرسانة الإسفلتية على نطاق واسع في رصف الشوارع والمطارات والساحات وذلك لتوفر موادها الأولية محلياً وديمومتها الجيدة بالإضافة إلى سهولة وسرعة تنفيذ الأعمال عند استخدامها وتتم صناعة الخلطة الإسفلتية الساخنة لأغراض الرصف المرن في محطات الخلط.

إن العمر الاستثماري الطويل هو تقريباً المعنى المرادف للديمومة إلا أن هناك أكثر من تعريف لكلمة الديمومة فديمومة المواد تعرف بأنها المقدرة على البقاء طويلاً في الخدمة وتعرف أيضا بأنها التأدية الآمنة للمنشأ او لأحد أجزائه وللعمر التصميمي المقترح أو بالمقدرة على المحافظة والأداء للمنتج أو أحد مكوناته أو تركيبه وللفترة الزمنية المحددة وفقاً للتصميم. فالمنتج ذو الديمومة العالية هو الذي يستطيع البقاء مدة زمنية طويلة دون ظهور عيوب ملحوظة فيه او تلف [1].

وفي السنوات الأخيرة أظهرت بعض الطرق الإسفلتية المبنية حديثًا انه يحدث بها انهيارات سابقة لأوانها مما يترتب على ذلك من آثار سلبية على كل من سلامة الطرق والاقتصاد والسائق. وكثيراً ما يكون نمط الفشل مرتبطا بالحمل (التآكل والتعب). لتحديد أعمال الصيانة اللازمة اجريت دراسة لتقييم حالة الرصف لمجموعة من الطرق الأسفلتيه وتم استخدام طريقة (مؤشر حالة الرصف) Pavement Condition Index (PCI) لحصر العيوب المختلفة الموجودة بالطريق وتصنيفها طبقاً لمعيارASTM , وهذه الدراسة عرضت الأداء الفعلي الحالي للرصف [2].

وتمت دراسة لعيوب الرصف في الطبقة السطحية لطريق اسفلتي باستخدام طريقة لإيجاد قيم مؤشر حالة الرصف (PCI) و قد توصل الباحث إلى ان تفكك سطح الرصف وتأثير الجو هما من العوامل الرئيسية لتفاقم العيوب برصف الطريق وكان السبب هو عدم جودة الخلطة الاسفلتية للطبقة السطحية وعدم ضبط نسب مكوناتها وقلة المواد الناعمة وعدم ترابطها مما ادى إلى ظهور هذه العيوب بسطح الرصف [3]. ويعتبر الضرر الناجم عن الرطوبة هو سبب رئيسي لحدوث الفشل في الرصف بالخلطة الاسفلتية وذلك بسبب خسارة الربط أو التقشر الناتجة عن وجود الماء بين الأسفلت والركام وهي مشكلة في بعض المناطق ويمكن أن تكون شديدة في بعض الحالات فلهذا ظهرت الحاجة إلى تقييم الخلطة الاسفلتية

المصممة من ناحية حساسيتها للرطوبة. ولقد وجد أن العديد من العوامل مثل خصائص الركام وخصائص الأسفلت والبيئة والحجم المروري وطريقه التنفيذ والصرف يمكن ان تساهم في التقشر(التجريد) [4].

تتنوع أنواع الخلطات الإسفلتية وفقاً لطبيعة استخدامها وخصائصها الفيزيائية والميكانيكية. من بين هذه الأنواع تبرز الخلطات الإسفلتية ذات التدرج المفتوح Open-Graded Asphalt Mixtures كحل هندسي يستخدم لتحقيق أهداف متعددة من أهمها تحسين تصريف مياه الأمطار وتقليل مخاطر الانزلاق خاصة في المناطق ذات الأمطار الغزيرة. وأكدت الدراسات ان الخلطات الاسفلتية المعدلة باستخدام بولي ايثلين عالي الكثافة HDPE توفر افضل مقاومة ضد التشوهات الدائمة بسبب امتلاكها ثبات و صلابة عالية وقيمة اقل في تدفق مارشال [5].

ومن الأهمية أن يكون للأسفلت رابطة قوية (قوة التصاق) مع الركام وأن يكون له (قوة تماسك) بين جزيئاته وأن يكون الركام قوي وذو شكل وملمس سطحي يساعد على الالتصاق مع الاسفلت ويمكن أن تتأثر هذه الخصائص بعدة عوامل أهمها أضرار الرطوبة [6].

الخلطات الإسفلتية ذات التدرج المفتوح هي نوع من الخلطات التي تحتوي على نسبة عالية من الفراغات الهوائية نتيجة استخدام تدرج حبيبي خشن يتم فيه تقليل كمية المواد الناعمة إلى الحد الأدنى. ويهدف هذا التصميم إلى خلق شبكة من الفراغات المتصلة التي تسمح بمرور المياه من خلال سطح الرصف مما يسهم في تصريف مياه الأمطار بشكل فعال ويقلل من خطر الانزلاق على سطح الطريق.

يعتبر الركام العنصر الأكبر حجماً في الخلطات الإسفلتية ويلعب دورا حاسما في تحديد خصائص الخلطة من حيث القوة والفراغات الهوائية والنفاذية. في الخلطات ذات التدرج المفتوح يتم اختيار الركام بحيث يكون التدرج الحبيبي مفتوحاً أي أنه يحتوي على نسبة عالية من الحبيبات الخشنة مع تقليل أو غياب الحبيبات الناعمة التي تسد الفراغات. ويعتبر الأسفلت هو المادة الرابطة التي تغلف الركام وتساعد على تماسك الخلطة. ويستخدم في الخلطات ذات التدرج المفتوح أنواع خاصة من الأسفلت غالبا ما يكون عالي اللزوجة أو معدل باستخدام الإضافات وذلك لتعزيز الالتصاق بين الحبيبات ومقاومة الانفصال (Stripping) تحت تأثير المياه.

هناك الكثير من الاختبارات التي تحدد مقاومة التآكل للأسفلت والتي تُستخدم لتقييم قدرة الخلطات الإسفلتية على مقاومة التآكل والضغوط المختلفة خلال الاستخدام الفعلي على الطرق. حيث يعد اختبار كنتابرو للأسفلت من الاختبارات الأساسية المستخدمة في تقييم متانة الخلطات الإسفلتية وخاصة تلك ذات التدرج المفتوح التي تحتوي على نسبة فراغات عالية.

ويعتبر اختبار كنتابرو إجراء معياري يستخدم لقياس مقاومة الخلطة الإسفلتية للتأكل وفقدان الركام منها ويحاكي الاختبار الظروف التشغيلية الميكانيكية والبيئية التي تتعرض لها الخلطة أثناء الخدمة الفعلية مثل

حركة المرور والاهتزازات المستمرة ويعتمد على تقييم مدى قدرة الخلطة في الحفاظ على تماسكها دون أن تفقد جزءا من الركام بسبب تأثيرات الاهتزاز والاحتكاك.

كما يعد اختبار كنتابرو من الأدوات الأساسية لتحليل التماسك بين الركام (الحصى) والأسفلت في الخلطات الإسفلتية. في الخلطات ذات التدرج المفتوح يمكن أن يعاني التماسك بسبب وجود فراغات عالية مما يؤدي إلى ضعف في ثبات الخلطة تحت تأثير الأحمال العالية ويساهم الاختبار في تحديد مدى التماسك بين هذه المواد مما يساعد في تحسين الاختيارات المستقبلية المتعلقة بنسب الأسفلت أو إضافة مواد لتحسين الالتصاق.

كما يوفر اختبار كنتابرو تحليلا دقيقا حول أداء الخلطات الإسفلتية في ظل ظروف الاستخدام الفعلي للطريق مما يساعد في تحسين تصميمات الخلطات. من خلال النتائج المستخلصة من الاختبار يمكن للمهندسين تعديل تركيبة الخلطة مثل زيادة أو تقليل نسبة الأسفلت أو استخدام مواد إضافية لتحسين التماسك كما يمكن تحسين التدرج الحبيبي للركام بحيث يحقق توازنا بين النفاذية والمتانة بذلك يساهم الاختبار في تحسين أداء الخلطات الإسفلتية على المدى الطويل ويقلل من الحاجة إلى عمليات الصيانة المتكررة. في الخلطات الإسفلتية ذات التدرج المفتوح يعتبر الحفاظ على تماسك الركام أمراً بالغ الأهمية حيث قد تؤدي الفراغات العالية إلى مشاكل في التصريف وزيادة خطر تآكل السطح.

البرنامج العملي للدراسة

سيتم التوجه الى الطرق أو الالية التي تم اتباعها للحصول على النتائج الخاصة للعينات وسيتم عرض كيفية اعداد العينات واخضاعها لظروف التقادم لإنجاز الاختبارات والتركيز على اختبار كنتابرو وهو المحور الرئيسي لهذه الدراسة.

أماكن أخذ العينات

في هذه الدراسة تم استخدام الخلطة الاسفلتية المفتوحة المستخدمة في صيانة الطريق الساحلي الواقع في منطقة القره بوللي – قصر الاخيار ودراسة تأثير التقادم عليها باختلاف درجات الحرارة.

جهاز تسوية وقص العينات

يوضح الشكل رقم (1) طريقة استخراج العينات والتي تم الحصول عليها من الموقع. والعينات هي عباره عن عينات ذات أشكال أسطوانية ذات قطر 100 mm أخذت باستخدام جهاز القص الأسطواني في الموقع.

الشكل 1 طريقة قطع العينات الأسطوانية

تحضير العينات

مواصفات العينة هي عينات أسطوانية أخذت من الطبقة للطريق الساحلي وتحاكي الاشتراطات لتحقيق اختبار كنتابرو ويوضح الشكل رقم (2) العينات بعد عمليه القص والتسوية.

الشكل 2 العينات بعد عمليه القص والتسوية

طريقة إجراء الاختبار

في هذا الاختبار تم تقسيم العينات الى ثلاث مجموعات الاولى أ عينات غير معرضه للتقادم مجموعه الثانية عينات معرضة للتقادم عند درجه حراره 85 درجه مئوية لمدة خمسه ايام والمجموعة الثالثة معرضه للتقادم عند درجه حراره 85 درجة مئوية لمدة سبعة أيام والشكل رقم (3) يوضح شكل العينات في الفرن. ويتم إجراء الاختبار على هذا العينات لمعرفه تحمل الخلطة الإسفلتية المفتوحة للظروف الواقعة عليها والشكل رقم (4) يوضح شكل جهاز الاختبار.

الشكل 3 العينات في الفرن

الشكل 4 الجهاز المستخدم لأختبار كنتابرو

اختبار كنتربرو

لقد تم تطوير العديد من الاختبارات المعملية لتقييم الطرق ويعتبر أختبار كنتربرو من الاختبارات السهلة والسريعة للحصول على النتائج لتقييم الخلطات الاسفلتية والطرق. حيث يتم في هذا الاختبار تعريض العينة للأحمال المتكررة بعد ذلك يتم وزن العينة وليكن (M_0) ثم توضع العينة في جهاز الاختبار لوس انجلوس بدون الكرات الحديدية وتكون سرعة دوران الجهاز 30 دورة في الدقيقة وعدد الدورات 300 دورة ثم توزن العينة بعد الاختبار وليكن (M_1). والشكل رقم (5) يوضح مراحل الاختبار. تحسب نسبة الفقد في الوزن للعينة من خلال المعادلة رقم (1).

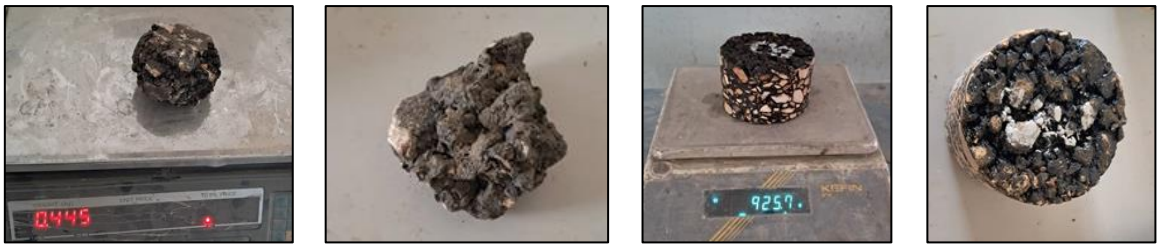
$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} * 100 \qquad (1)$$

حيث:

L = نسبة الفقد في الوزن

M_0 = وزن العينة قبل الاختبار

M_1 = وزن العينة بعد الاختبار



1 **2** **3** **4**

الشكل 5 مراحل الاختبار من بداية وزن العينة إلى مرحله التشوه

الخواص الحجمية لمارشال

تعد الخواص الحجمية لاختبار مارشال من اهم المعايير المستخدمة في تصميم وتقييم الخلطات الإسفلتية حيث تساهم في فهم سلوك الخلطة تحت الاحمال المرورية والظروف البيئية المختلفة من خلال هذه الخواص يتم تحديد الكثافة ونسبه الفراغات الهوائية والفراغات بين الركام ونسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت أو الأسفلت والتي تؤثر حجميا بشكل مباشر على اداء الرصف من حيث المتانة ومقاومة التشققات والانسياب.

الخطوات العملية لإيجاد خواص مارشال الحجمية

يتم وزن العينات عند إجراء اختبار مارشال لتحديد الخواص الحجمية مثل (الفراغات الهوائية الفراغات المملوءة بالإسفلت نسبة الفراغات في الركام) يتم اتباع خطوات دقيقة تشمل وزن العينة في ثلاث حالات رئيسية وذلك لحساب الكثافة والفراغات الحجمية.

1. وزن العينة الجافة (W_{dry}):

يُسجل الوزن الجاف الكامل للعينة والشكل رقم (6) يوضح عملية وزن العينة جافة.

الشكل 6 الوزن الجاف الكامل للعينة

2. وزن العينة مغمورة في الماء (W_{water}):

تُغمر العينة في الماء (بدرجة حرارة الغرفة) باستخدام شبكة سلكية دقيقة. ويُسجل الوزن أثناء الغمر وهو وزن العينة في الماء (الوزن المغمور) والشكل رقم (7) يوضح كيفية وزن العينة وهي مغمورة في الماء.

3. وزن العينة المشبعة جافة السطح (W_{ssd}):

بعد إخراج العينة من الماء تُجفف بمنشفة حتى تزول آثار الماء السطحي فقط دون تجفيف داخل المسام. ويُسجل الوزن وهو ما يعرف بـ الوزن المشبع جاف السطح (SSD) كما هو موضح في الشكل رقم (8)

الشكل 7 العينة مغمورة في الماء (الوزن المغمور) الشكل 8 وزن العينة مشبعة جافة السطح

ثم يتم حساب الخصائص الحجمية التالية:

1. الكثافة الظاهرية (Gmb)
2. الكثافة النظرية القصوى (Gmm)
3. الفراغات الهوائية (Va)
4. نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت (VFA)
5. الفراغات بين الحبيبات (VMA)

تحليل ومناقشة النتائج

تم تحليل ومناقشة النتائج التي تم الحصول عليها من اختبار كنتابرو Cantabro والذي أُجري لتقييم مقاومة الخلطات الإسفلتية للتفكك بفعل الأحمال والعوامل البيئية. يُعد هذا الاختبار مؤشراً مهماً على جودة الخلطة الإسفلتية ومدى تحملها للتآكل والتفتت خصوصًا في الخلطات المفتوحة أو شبه المفتوحة المستخدمة في الطبقات السطحية للطرق.

من خلال تحليل نسب الفقد في الوزن بعد تعرض العينات للدوران داخل جهاز التآكل يتم تقييم فعالية التصميم ومدى توافق الخلطة مع المعايير الفنية المعتمدة. كما يتم مقارنة النتائج مع الحدود المسموح بها ومناقشة الأسباب المحتملة لأي انحراف مثل تأثير محتوى الأسفلت نوع الركام ودرجة الدمك بهدف تحسين الأداء المستقبلي للخلطات.

الشكل الظاهري للعينات بعد الاختبار

الشكل رقم (9) يوضح العينات بعد اخضاعها لظروف التقادم وتم ملاحظة التغير في لون الاسفلت بعد التقادم وقد تغير الي اللون الاسود القاتم مما يدل على التغير في خواص مادة الاسفلت بعد التقادم في ظروف درجات حرارة 85 درجة مئوية وتم تقسيم العينات الى ثلاث مجموعات المجموعة الأولى والتي

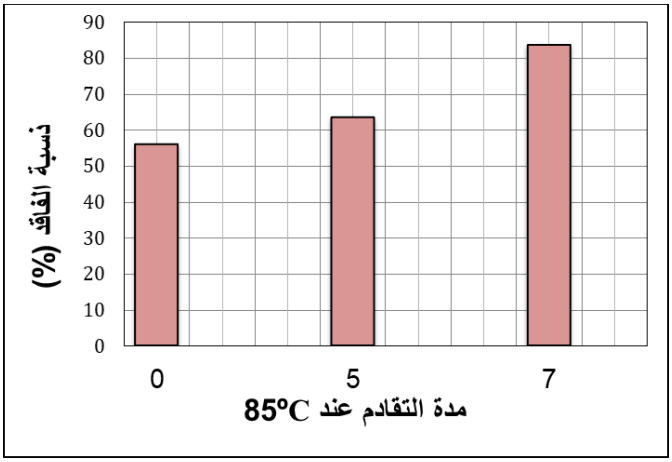
تمثل العينات 1,2,3 غير معرضة للتقادم. المجموعة الثانية والتي تمثل العينات 4,5,6 معرضة للتقادم لمدة 5 أيام. المجموعة الثالثة والتي تمثل العينات 7,8 معرضة للتقادم لمدة 7 أيام.

الشكل 9 مظهر العينات بعد التقادم

نتائج اختبار كنتابرو

1. نتائج اختبار كنتابرو للعينات الغير معرضة للتقادم :

يوضح الشكل رقم (10) نسب الفقد للعينات الغير معرضة للتقادم وللمجموعة الاولى للعينات المعرضة لتقادم الحراري بدرجة حرارة 85 درجة مئوية لمدة 5 أيام و7 أيام ومن خلال النتائج نلاحظ ان التقادم لم يحسن من خصائص التماسك في الخلطة مقارنة مع نتائج المجموعة الاولى حيث زادت نسبة الفقد في



الشكل 10 نسب الفاقد للعينات الغير معرضة للتقادم المعرضة للتقادم 5 و 7 أيام

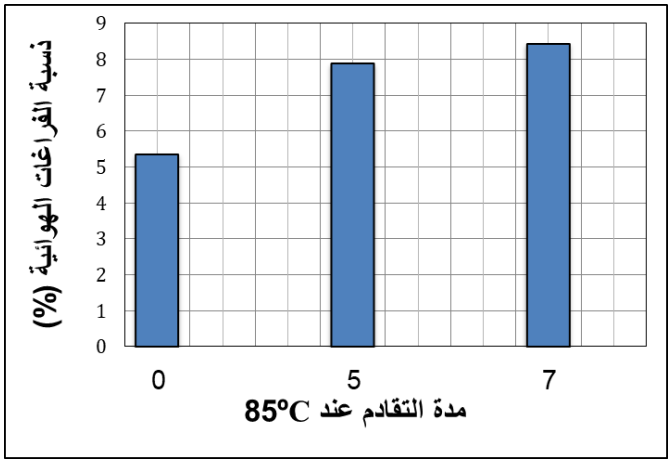
العينة وكان انهيار كامل لاحد العينات التي تعرضت الي 7 ايام من التقادم. للعينات المعرضة لتقادم الحراري بدرجة حرارة 85 درجة مئوية لمدة 7 أيام نلاحظ ارتفاع نسب الفقد أيضا مما يدل على عدم تماسك الخلطة بعد التقادم لمدة 7 أيام وهذه العينات تظهر أسوأ أداء بين جميع العينات السابقة وهذا

يشير إلى أن الخلطة الإسفلتية لا تقاوم آثار التقادم الحراري مقارنةً بالمجموعات الأخرى وبالتالي كلما زادت مدة التقادم كلما زادت نسبة الفقد كنتابرو.

نتائج خواص مارشال الحجمية

1. نتائج نسبة الفراغات الهوائية في الخلطة (VA)

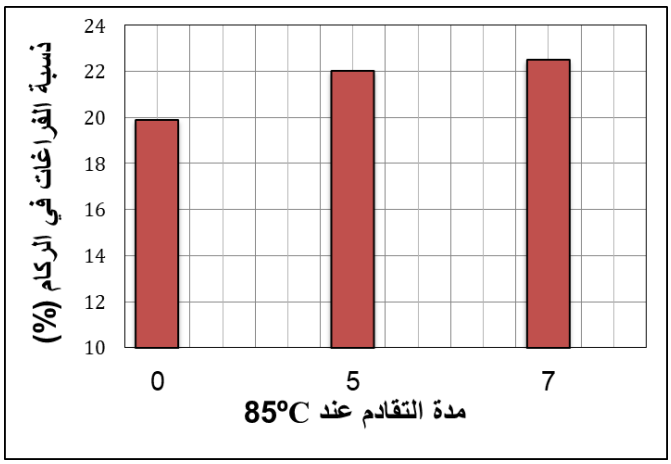
من خلال الشكل رقم 11 نجد ان نسب الفراغات الهوائية في عينات المجموعة الأولى الغير معرضة للتقادم والمجموعة الثانية المعرضة لتقادم الحراري لمدة 5 ايام والمجموعة الثالثة المعرضة لتقادم الحراري 7 أيام عند درجة حرارة 85 درجة مئوية ومن خلال النتائج نلاحظ ان درجة الحرارة تزيد من نسبة الفراغات الهوائية مع مرور الزمن وتسبب في انفصال الحبيبات وهذا كلة يؤدي الى ارتفاع نسبة الفراغات الهوائية في العينة وبالتالي يؤدي الى تدهور أداء الخلطة الإسفلتية وعدم تماسكها.



الشكل 11 العلاقة بين نسب الفراغات الهوائية ومدة التقادم

2. نسبة الفراغات في الركام (VMA)

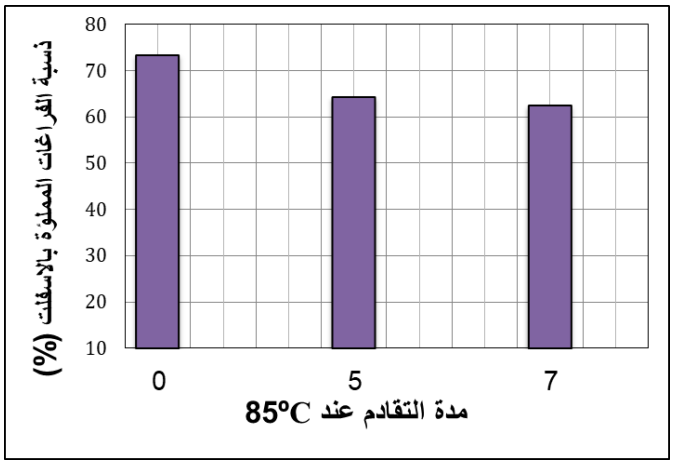
يوضح الشكل رقم 12 نسب الفراغات في الركام في عينات المجموعة الاولى الغير معرضة للتقادم والمجموعة الثانية المعرضة لتقادم الحراري لمدة 5 ايام والمجموعة الثالثة المعرضة لتقادم الحراري 7 أيام ومن خلال النتائج نلاحظ ان العينات الغير معرضة للتقادم اقل نسبة من العينات الاخرى المعرضة للتقادم التي سبق ذكرها وهذا بسبب فقدان الاسفلت بالتبخر وضعف قدرة الاسفلت على ملء الفراغات نتيجة التقادم مع انخفاض التماسك بين المكونات بزيادة درجة الحرارة.



الشكل 12 العلاقة بين نسب الفراغات في الركام ومدة التقادم

3. نتائج نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت (VFA)

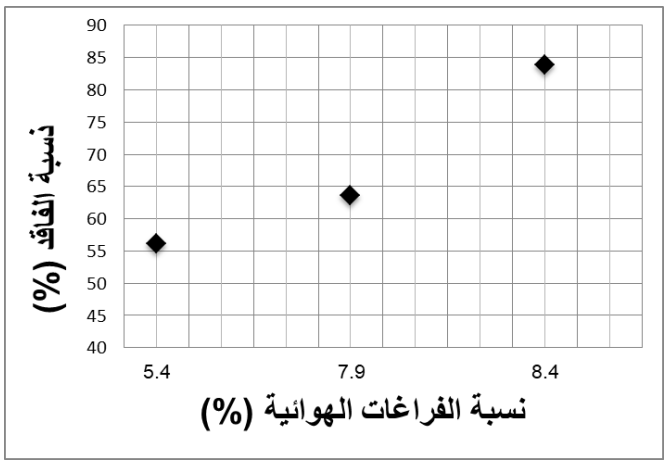
يوضح الشكل رقم (13) نسب الفراغات في الركام في عينات المجموعة الاولى الغير معرضة للتقادم والمجموعة الثانية المعرضة لتقادم الحراري لمدة 5 ايام والمجموعة الثالثة المعرضة لتقادم الحراري 7 أيام ومن خلال النتائج نلاحظ ان العينات الغير المعرضة للتقادم تكون نسبتها اكبر من العينات الاخرى المعرضة للتقادم يعني ذلك انه كلما زادت درجة الحرارة والعمر الافتراضي قلة نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت ويرج ذلك للتغيرات الفيزيائية والكيميائية وتشمل تأكسد الاسفلت وتصلبه وتأكل السطح بفعل حركة المرور والعوامل البيئية.



الشكل 13 العلاقة بين نسب الفراغات المملؤة بالأسفلت ومدة التقادم

4. نتائج العلاقة بين نسبة الفراغات الهوائية (VA) في الخلطة ونسبة الفقد كنتابرو

من خلال الشكل رقم (14) نجد ان نسب الفقد كنتابرو تزيد بزيادة الفراغات الهوائية في العينات هذا بسبب كثرة الفراغات وتباعد حبيبات الركام عن بعضها وعدم تماسكها.



الشكل 14 العلاقة بين نسب الفراغات الهوائية ونسبة الفقد كنتابرو

الخلاصة والتوصيات

الخلاصة

هذا البحث يدرس تأثير التقادم الحراري على مقاومة الخلطات الاسفلتية المفتوحة باستخدام اختبار كنتابرو الذي بدوره يقيس نسبة الفقد في الوزن نتيجة التأكل والاحتكاك.

وفي هذا الاختبار تم تجهيز ثماني عينات اسطوانية في الموقع وتم تقسيمها الى ثلاث مجموعات حسب حالة التقادم وهي عبارة عن المجموعة الاولى عينات غير معرضة للتقادم والمجموعة الثانية عينات معرضة لتقادم حراري لمدة 5 أيام في الفرن بدرجة حرارة 85 درجة مئوية والمجموعة الثالثة معرضة لتقادم حراري لمدة 7 أيام في الفرن ايضا بدرجة حرارة 85 درجة مئوية.

أظهرت النتائج أن العينات في المجموعة الاولى غير المعرضة للتقادم سجلت نسب فقد اقل في الكتلة مقارنة بالمجموعات الثانية والثالثة المعارضات لتقادم الحراري باعتبار أن نسب الفقد كانت أكبر وذلك يرجع نتيجة تأثير درجات الحرارة والعوامل البيئية والعامل الزمني على الخلطة الاسفلتية المفتوحة باعتبار ان هذه العوامل تزيد من تصلب وهشاشة الاسفلت مما يجعل مقاومته للاحتكاك اقل.

أما بالنسبة الى دراسة خواص مارشال الحجمية اظهرت النتائج ان نسب الفراغات الهوائية ارتفعت مع ارتفاع دراجات الحرارة ومدة التعرض لها ويشير هذا الى أن الحرارة تؤدي الى تمدد وتفكك في بنية الخلطة الاسفلتية مما يخلف فراغات اضافية داخلها وبالمثل فان نسبة الفراغات في الركام ارتفعت في العينات المعرضة للتقادم بنسبة اكبر وهذا يدل على ان البنية الهيكلية للركام داخل الخلطة اصبحت اقل تماسكا مما يزيد من حجم الفراغات في الركام.

في المقابل اظهرت نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت سلوكا معاكسا حيث انخفضت تدريجيا مع زيادة دراجات الحرارة بفعل التبخر والاكسدة مما يقلل من قدرتها على ملء الفراغات المتزايدة ويرجع هدا السبب الى التفاعل الكيميائي والفيزيائي للإسفلت مع الحرارة حيث يتبخر جزء من مكوناتها الخفيفة وتزداد لزوجته

مما يقلل من قابليتها للتغلغل داخل الخلطة كما ان تمدد الفراغات غير كافي لملء جميع الفراغات فتتدنى كفاءة الخلطة.

هذه النتائج تؤكد ان تعرض الخلطات الاسفلتية للحرارة المرتفعة لفترات طويلة يؤثر سلبا على بنيتها الفراغية ويقلل قدرتها على مقاومة العوامل البيئية مثل الرطوبة والتشققات والتحميل وغيرها.

التوصيات

① تجنب تعريض الخلطات الاسفلتية المفتوحة لدراجات الحرارة العالية لفترات طويلة خاصة اثناء التخزين او النقل لتقليل تأثير التبخر.

② اختيار مواد رابطة مقاومة للتقادم الحراري مثل (الاسفلت المعدل بالبوليمر او الاسفلت المحسن) لتحسين أداء وثبات الخلطة عندا درجات الحرارة المرتفعة.

③ زيادة محتوى الاسفلت قليلا عند توقع تعرض الرصف لظروف حرارية قاسية لتعويض الفقد المتوقع في المادة الرابطة.

④ استخدام اضافات مانعة للأكسدة او مثبطات التقادم لتحسين عمر الخلطة الإسفلتية.

⑤ مراقبة وتعديل محتوى الفراغات (VA,VMA,VFA) بدقة اثناء التصميم لتحقيق التوازن المطلوب بين الثبات والمقاومة للرطوبة.

⑥ إجراء اختبارات تقادم حراري على الخلاطات الاسفلتية اثناء التصميم لضمان أداء مستقر على المدى الطويل.

المراجع

1) Magdi M.E. Zumrawi, Survey and Evaluation of flexible Pavement Failures, University of Khartoum, Department of Civil Engineering, Khartoum, Sudan, 2013

2) Abdelbary A. ElbasherM A. Yousse /Optimal Maintenance Works for Aborshada Road in Libyan Western Region/جامعة القدس / 33 P1, pp.9-25, 2013.

3) جاسم علون. Asphaltic Pavement Distresses and The possibility of repair. مجلة القادسية للعلوم الهندسية المجلد 8 العدد1. 2015

4) Meor Othman Hamzah, Muhammad Rafiq Kakar and Sayed Abulhasan Quadri, Application of image analysis technique to analyze the adhesion failure of warm mix asphalt, Universiti Sains Malaysia, 2013.

5) Nahla Yassoub Ahmed, Effect of Density of the Polyethylene Polymer on the Asphalt Mixtures, Journal of Babylon University, Engineering Sciences/ No. (4)/ Vol. (22): 2014.

6) Aburawi B., Morad H. and Alhawari M., Study Strength of Bonding between Components of Asphalt Mixtures Using Image Analysis Technology, The 4th International Conference on Science and Technology,2021.