International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

Received	2025/03 /10	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/04/12	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/04 /15	تم نشر الورقة العلمية في

تصميم خلطة التكسية السطحية الإسفلتية

أ. عبد الله علي الربيب[1]، أ. إبراهيم العارف حسن[2]، أ. زهرة محمد الذهبي[3]

[1،3] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة – صبراتة، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا

[2] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة – رقدالين، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا

ibrahimhassan8283@gmail.com

الملخص

الخلطة الإسفلتية هي عبارة عن كتلة متماسكة من الركام بتدرجات مختلفة ومغلفة بالإسفلت العادي أو المعدل مع وجود فراغات هوائية. تُستعمل الخلطة الإسفلتية في رصف الطرق وصيانتها والساحات والمطارات ومواقف السيارات وغيرها، ويعتبر الركام عنصرًا رئيسًا في تكوين الهيكل الإنشائي للخلطة والإسفلت مادة رابطة لمكونات الخلطة. وفي هذه الدراسة تم تصميم خلطة التكسية السطحية (Surface dressing) الإسفلتية، وهي عبارة عن خلطة متجانسة من الركام بتدرجات مختلفة ونسب محددة من المواد المالئة مغلفة بالإسفلت باستخدام طريقة مارشال التي تطبق على خلطات الرصف الإسفلتية على الساخن باستخدام الإسفلت الصلب، وتعتبر هذه الطريقة من أشهر الطرق المستخدمة في تصميم الخلطة الإسفلتية، وذلك لسهولتها وتوفر المعدات الخاصة بها. وتم استخدام تدرجين من الركام ذات حجم (10 mm – 5 mm) والإسفلت وفق متطلبات الخلطة الإسفلتية السطحية المعتمدة من مصلحة الطرق والجسور الليبية. حيث تم إجراء كافة الاختبارات المعملية على الركام للتأكد من جودته ثمّ أجريت خلطات تجريبية ذات سبع محتويات بيتومينية مختلفة (4.50 ، 5 ، 5.50 ، 6 ، 6.50 ، 7 ، 7.50 %) وتم اختبارها بطريقة مارشال وذلك للحصول على المحتوى البيتومينى (O.B.C) الأمثل والمستخدم في تصميم خلطة التكسية السطحية ،التي أعطت نتائج جيدة طبقًا للمواصفات ، وتعتبر هذه الخلطة ملائمة للاستخدام في أرصفة المشاة بدلًا من الخرسانة الاسمنتية العادية و ممرات الدراجات الهوائية و أكتاف الطرق وبعض المحطات والممرات ذات المرور الخفيف إذ تفرش آليا بسمك 5 سم على طبقة من الأساس الحُبيبي

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

يتراوح سمكها ما بين 15 سم إلى 20 سم وذلك لسرعة تنفيذها وتكلفتها الاقتصادية غير الباهظة.

الكلمات المفتاحية: الخلطة الأسفلتية، المحتوى البيتومينى الأمثل (O.B.M)، تدرجات الركام.

Design of Asphalt Surface Dressing Mixture

Abdullah Ali Al-Rabib[1], Ibrahim Al-Arif Hassan[2], Zohra Mohammed Al-Dhahabi[3]

[1,3] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Sabratha, Sabratha University, Libya
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Raqdalin, Sabratha University, Libya

ibrahimhassan8283@gmail.com

Abstract

The asphalt mixture is a cohesive mass of aggregates with different grades, coated with ordinary or modified asphalt with air voids. The asphalt mix is used in paving and maintaining roads, squares, airports, car parking, etc. Aggregates are a major element in forming the structural structure of the mixture, and asphalt is the binding material for the mixture components. In this study, the asphalt surface dressing mixture was designed. It is a homogeneous mixture of aggregates with different grades and specific ratios of aggregates coated with asphalt using the Marshall method, which is applied to hot asphalt paving mixes using solid asphalt. This method is considered one of the most effective methods used in designing the asphalt mixture, due to its ease and the availability of its equipment. Two grades of aggregates with sizes (5mm-10mm) and asphalt were used according to the requirements of the surface asphalt mixture approved by the Libyan Roads and Bridges Authority. All laboratory tests were conducted on the aggregate to ensure its quality, and then experimental mixtures with seven different bituminous contents (4.50, 5, 5.50, 6, 6.50, 7, 7.50%) were conducted and tested using the Marshall method in order to obtain the optimal bituminous content (O.B.C) used in designing the surface dressing mix, which gave good results according to the

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

specifications, and this mixture is considered suitable for use in pedestrian sidewalks instead of ordinary cement concrete, bicycle lanes, road shoulders, some stations, and light-traffic lanes, as it is spread automatically to a thickness of 5cm on a layer of granular base ranging in thickness from 15cm to 20cm, due to its rapid implementation and low economic cost.

Keywords: Asphalt mixture, Optimal bituminous content (O.B.C), Aggregate grades.

المقدمة

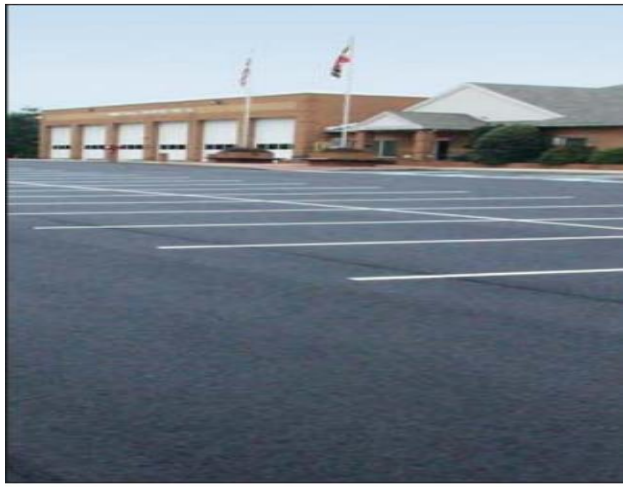
خلطة التكسية السطحية الإسفلتية هي عبارة عن خلطة متجانسة من الركام بتدرجات (10mm −5 mm) ونسب محددة من المواد المالئة مغلفة بالإسفلت الذي يعمل كرابط لحبيبات الركام لتكوين كتلة كثيفة متماسكة عندما تلتصق مع بعضها البعض وهذا يؤدي إلى زيادة متانة الخلطة وتتأثر جودة الخلطة الإسفلتية بخصائص مكوناتها. وتستعمل خلطة التكسية الإسفلتية في أرصفة المشاة والساحات ذات أحمال مرورية خفيفة كما موضح في كل من الشكل 1. والشكل 2.

الشكل 1. رصيف مشاة منفذ بخلطة التكسية السطحية الإسفلتية

(Hot Mix Asphalt Pavement Design Guide,2008)

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050



الشكل 2. ساحة منفذه بخلطة التكسية السطحية الإسفلتية

(Hot Mix Asphalt Pavement Design Guide,2008)

ويتم تصميمها لمعرفة جودة المواد الأساسية الداخلة في تكوين الخلطة الإسفلتية المتمثلة في الركام بأحجامه المختلفة والمادة الرابطة والتحقق من مدى مطابقتها للمواصفات، وأيضا تحديد المحتوى الإسفلتي الأمثل وتحديد نسب الخلط مع الأخذ في الاعتبار العامل الاقتصادي. ويتم تنفيذ الخلطة الإسفلتية بعد رش طبقة التشريب الأولى (MCO) ثم تفرش فوقها الطبقة الإسفلتية بواسطة ألة فرش الإسفلت كما موضح في الشكل 3.، وتقوم المداحل مباشرة بعملية الدمك بعد انتهاء الفرش للحصول على سطح مدموك بدون أي تشوهات.

الشكل 3. فرش طبقة التكسية السطحية الإسفلتية

(Hot Mix Asphalt Pavement Design Guide,2008)

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

وخلال الزيارات الميدانية لبعض أرصفة المشاة المنفذة محليًا اتضح جُلّها منفذه بالخرسانة الاسمنتية العادية والتي يوجد بها بعض المشاكل الفنية من أهمها التشققات نتيجة للعوامل الجوية بعد مرور فترة من الزمن كما موضح في الشكل 4. إضافة إلى وجود بعض العيوب الفنية بتنفيذ فواصل التمدد وصعود حشوة الفواصل التي تحتوي على مادة البيتومين كأحد مكوناتها خاصة أثناء فصل الصيف بسبب ارتفاع في درجة الحرارة.

الشكل 4. التشققات وصعود حشوة الفواصل بأرصفة المشاة المنفذة بالخرسانة الاسمنتية العادية

تتمثل أهمية الدراسة في التعرف على كيفية تصميم خلطة التكسية السطحية الإسفلتية، ونسب المواد الداخلة فيها والاستفادة من المواد المحلية كالركام بتدرجاته المختلفة وسرعة تنفيذها كسطح مستوي ملائم للسير عليه وخاصة لذي الاحتياجات الخاصة عند استخدامها في تنفيذ أرصفة المشاة وذات مقاومة للانزلاق في تنفيذ أكتاف الطرق والساحات . كما تعتبر ذات تكلفة اقتصادية جيدة ومقاومة للظروف الجوية.

الدراسات السابقة

التكسية السطحية هي عملية فعّالة بسيطة اقتصادية لمعالجة أضرار الطرق وصيانتها، وتنفيذ أرصفة المشاة وممرات الدرّاجات الهوائية والسّاحات وغيرها.

وهي عبارة عن طبقة إسفلتية رقيقة مكونة من الركام والبيتومين يتم تنفيذها بعدّة طرق طبقًا للحالة المراد تنفيذها وموضوع هذه الدراسة تكسية سطحية إسفلتية ذات تدرج حُبيبي محدد ومحتوى بيتومين مناسب يتم تنفيذها بدون طبقة إسفلتية رابطة، ويوجد العديد من الدراسات السابقة ذات العلاقة بتصميم الخلطة الإسفلتية لغرض تحسين أدائها والتغلب على العيوب التي تظهر أثناء الخدمة والتي نخصّ بالذكر منها ما يلي:

- دراسة عن تأثير درجة الحرارة على خواص مارشال للخلطة الإسفلتية، والهدف من هذه الدراسة هو استقصاء مدى تأثير درجة حرارة الخلط والدمك للركام والمادة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

الرابطة الإسفلتية على خواص مارشال. نتائج الدراسة أفادت أن زيادة درجة الحرارة وخاصة درجة حرارة المادة الرابطة الإسفلتية لها تأثير سلبي على خواص الخلطة **(عادل الحمادي وأحمد الرابطي، 2014)**.

- دراسة عن تقنية التكسية الرقيقة للصيانة الوقائية للطرق، والهدف من هذه الدراسة هو إجراء دراسة مقارنة لعدد من المواصفات القياسية حيث تمّ اختيار عدد من المواصفات الأمريكية وبالإضافة إلى المواصفة الليبية لأجل إنشاء التكسية الرقيقة وإمكانية استخدامها كأحد الطرق الواعدة لصيانة والحفاظ على الرصف في ليبيا، وقد توصّلت هذه الدراسة إلى عدّة نتائج أهمّها: إمكانية استخدام التكسية الرقيقة لصيانة وحفظ الرصف في ليبيا ووجود تشابه كبير بين المواصفات التي تمّ دراستها **(زينب حشاد وأحمد الرابطي، 2020)**.
- دراسة عن تحديد الخواص الحرارية للخرسانة الإسفلتية في ليبيا، والهدف من هذه الدراسة هو تطوير طريقة اختبار جديدة بالاعتماد على طريقة قرص لي، حيث تمّ إجراء سلسلة من الاختبارات المعملية لعينات من الخرسانة الإسفلتية المختارة لقياس الموصلية الحرارية. أظهرت نتائج الدراسة أن قيم الموصلية الحرارية المتحصل عليها من الاختبارات المعملية تتناسب عكسيًا مع نقص المحتوى الإسفلتي للخرسانة الإسفلتية **(هوزان السكبي وآخرون، 2021)**.
- دراسة عن تأثير تعديل البوليمر على أداء الرصف المرن في المناطق الحارة في ليبيا، والهدف من هذه الدراسة هو تقييم فعالية تعديل البوليمر بواسطة طريقة الخلطات الإسفلتية عالية الأداء بالطريقة الحجمية والطرق الأوروبية لتصميم الخلطة بالإضافة إلى توصيف المادة الرابطة، ولقد تبين من الدراسة أنه كلما زادت كمية المادة المحسنة المضافة كلما زاد معدل الأداء الإسفلتي عند درجات الحرارة المرتفعة وقلّت ظاهرة التخدد **(حسن سالم، 2023)**.
- دراسة عن تصنيف وتقييم أداء لبعض الخلاطات الإسفلتية بليبيا، تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح أسلوب علمي لمراقبة وتقييم محطات الخلط وكذلك شملت الدراسة تقييم المواد المستخدمة في انتاج الخلطات الإسفلتية ومشاكل ضبط الجودة للخلاطات الإسفلتية واقترحت الدراسة أسلوبًا لإعادة تأهيل وتقييم وتصنيف مصانع إنتاج الخلطات الإسفلتية مع إعداد دليل مقترح يتضمن الأسس والطرق والمعايير لتصنيف وتقييم أداء الخلاطات الإسفلتية **(معاذ مصباح وآخرون، 2024)**.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

التجارب العملية والمواد المستخدمة

تمثل الجانب العملي في إحضار الركام بتدرجاته المطلوبة من المصدر(كسارات وادي الحي بالجبل الغربي) وإجراء الاختبارات عليه للتأكد من مدى مطابقته للمواصفات الفنية الخاصة بتنفيذ الخلطات الإسفلتية ، كما تم توريد البيتومين (60 / 70) من مصفاة الزاوية ، ثم تصميم خلطة التكسية السطحية الإسفلتية بطريقة مارشال ذات المواصفات المطلوبة وهي (الكثافة ، الثبات ، الانسياب ، التماسك ، المرونة ، قابلية التشغيل ، مقاومة الانزلاق) و بمحتويات إسفلتية مختلفة لتحديد المحتوى الأسفلتي الأمثل (O.B.C) وتم إتباع المنهج الوصفي باستخدام الأسلوب العلمي الهندسي لوصف طريقة تصميم خلطة التكسية السطحية والمنهج التجريبي لتحديد المحتوى البيتومينى الأمثل (O.B.M) وكذلك المنهج القياسي لمقارنة النتائج المتحصل عليها بحدود مواصفات **(ASTM,2022)**، ثم إعداد الخلطة النهائية بالمحتوى الإسفلتي الأمثل.

النتائج والمناقشة

- **الاختبارات المعملية على الركام:**

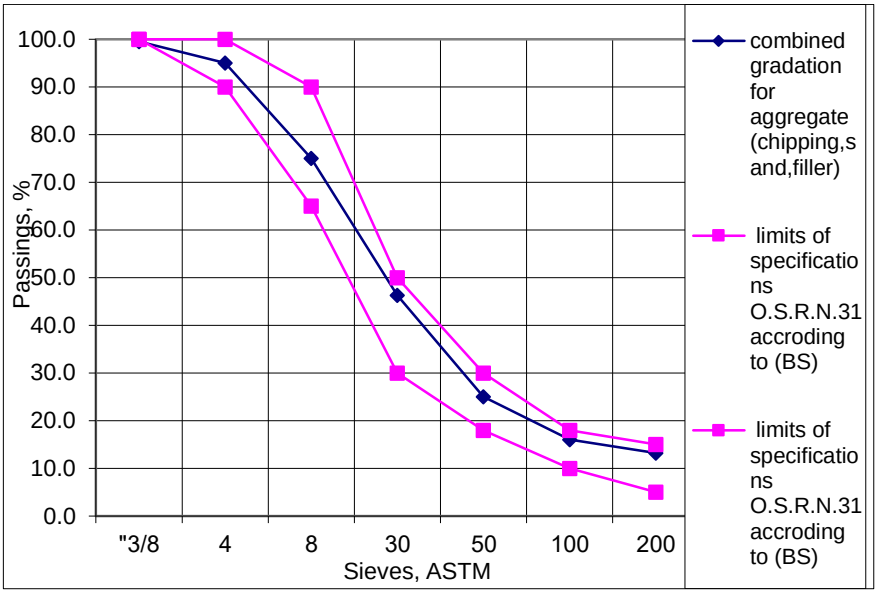
تم إجراء الاختبارات على الركام لمعرفة الخواص الطبيعية والميكانيكية حسب مواصفات **(ASTM,2022)** وكانت نتائجها على النحو التالي: اختبار التحليل المنخلي (التدرج) Sieve Analysis Test (ASTM C-117) ، الغرض من هذا الاختبار تحديد التدرج الحبيبي للركام الخشن والناعم باستخدام مناخل ذات مناخل قياسية وفق المواصفات الفنية المدرجة بالجدول 1. والشكل 5. يبين التدرج داخل المواصفات.

جدول 1. مواصفات التدرج الحبيبي للركام المستخدم في خلطة التكسية السطحية (Overseas Road Note 31 ,2023)

Sieve Size (mm)	Blend	Limits of Specifications		Tolerance	
"3/8 (9.5)	100.00	100	100	100.00	100.00
N.4 (4.75)	95.00	90	100	93.13	98.13
N.8 (2.36)	77.50	65	90	70.18	88.18
N.30 (0.60)	40.00	30	50	38.29	48.29
N.50 (0.30)	24.00	18	30	21.58	27.58
N.100 (0.15)	15.00	10	21	11.74	20.74
N.200 (0.075)	10.00	5	15	6.72	12.72

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050



الشكل 5. التدرج الحبيبي للركام المستخدم في خلطة التكسية السطحية الإسفلتية

- **نتائج اختبارات قوة الركام**

يبين الجدول 2. نتائج اختبارات قوة الركام وفق مواصفات **(ASTM, 2022).**

جدول 2. نتائج اختبارات قوة الركام

- **خطوات التصميم:**

ت	الاختبار	المواصفات الفنية	حدود المواصفات	نتيجة الاختبار	التعليق على النتيجة
-1	**اختبار الصدم**	ASTM C-88	%30-20	%20.80	ركام جيد
-2	**اختبار البري (لوس أنجلس)**	ASTM-131	% 30 >	%27.92	ركام جيد يستخدم بالطبقة السطحية
-3	**اختبار الكثافة النوعية ونسبة الامتصاص**	ASTM C-127-C-128	- 2.60 2.90 % 2.5 >	2.753 %2.020	ركام جيد ركام جيد
-4	**اختبار المتانة (كبريتات الصوديوم)**	ASTM C-88	%12 >	%5	مطابق للمواصفات

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

1- أخذ عينة من الركام وفق التدرج الحبيبي المحدد وفق المواصفات.

2- تـجهيز ثـلاث عينات لكل محـتوى أسفلتـي (4.50، 5، 5.50، 6، 6.50، 7، 7.50 %)(**رمضان محمد، 2015**).

3- يتم تسخين الركام و الأسفلت إلى درجة حرارة الخلط المتحصل عليها من مخططات شركة شل(**Shell Bitumen ,2015**) ، أو من المعادلة التالية:

$$M_T = 110 + Sp°$$

حيث أن:

M_T = درجة حرارة الخلط بالدرجة المئوية.

Sp = درجة الليونة للإسفلت بالدرجة المئوية.

4- يتم تزييت القالب و وضع ورقة الترشيح أسفله.

5 – تم خلط الركام و الأسفلت بإناء الخلط ثم صب العينات في القوالب بحيث تصب العينة على ثلاث طبقات مع دمك كل طبقة باستخدام سكين (15) ضربة موزعة بانتظام ثم وضع ورقة ترشيح أعلى القالب) فوق العينة(والغرض من أوراق الترشيح منع التصاق الأسفلت بالقالب.

6- يتم دمك العينات من جهتي القالب) العلوية والسفلية (باستخدام مطرقة مارشال بواقع (35) ضربه لكل اتجاه (في حالة المرور الخفيف) عند درجة الحرارة المتحصل عليها من مخططات شركة شل **(Shell Bitumen ,2015)** المحسوبة من المعادلة:

$$C_T = 50 + sp°$$

حيث أن:

C_T = درجة حرارة الدمك بالدرجة المئوية.

Sp = درجة ليونة الأسفلت بالدرجة المئوية.

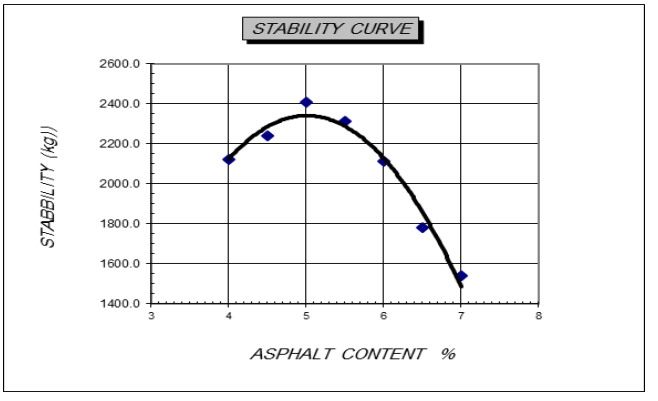
7- يتم تبريد العينات إلى اليوم التالي (24 ساعة) .

8- يتم قياس سمك العينات باستخدام القدمة ذات الورنية وذلك لمعرفة معاملات تصحيح الثبات بالنسبة لسمك العينة.

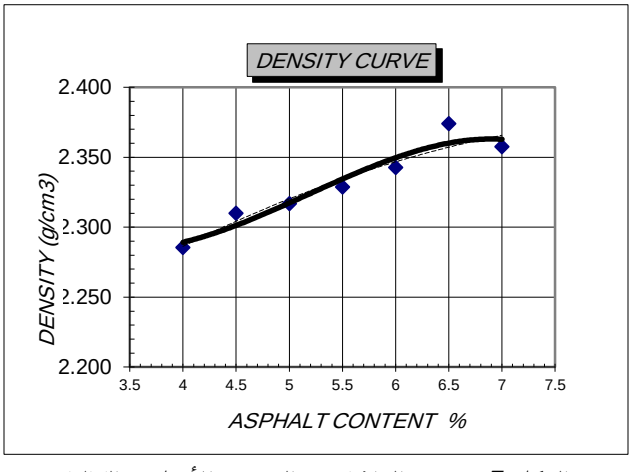
9- تم اختبار العينات في جهاز مارشال لتحديد قيمة الثبات و الانسياب والكثافة ونسبة الفراغات الهوائية بجهاز (GMM) ونسبة الفراغات في الركام المعدني ونسبة الفراغات المملؤة بالبيتومين وتم رسم العلاقات البيانية الموضحة في الأشكال التالية (6) ، (7) ، (8) ، (9)، (10)، (11) الآتية:

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

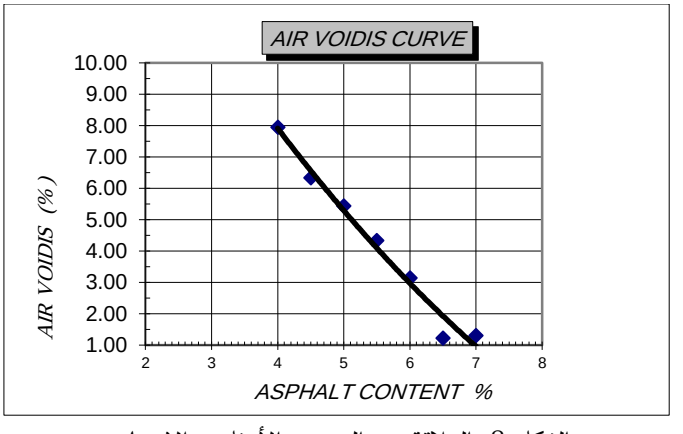
http://www.doi.org/10.62341/abzd2050



الشكل 6. يوضح العلاقة بين المحتوى الأسفلتي ودرجة الثبات



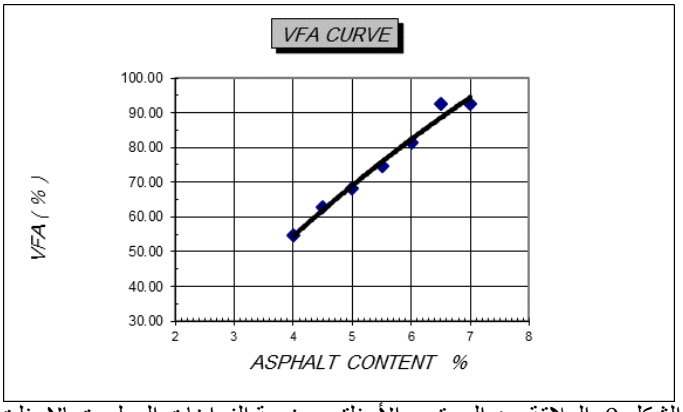
الشكل 7. يوضح العلاقة بين المحتوى الأسفلتي والكثافة



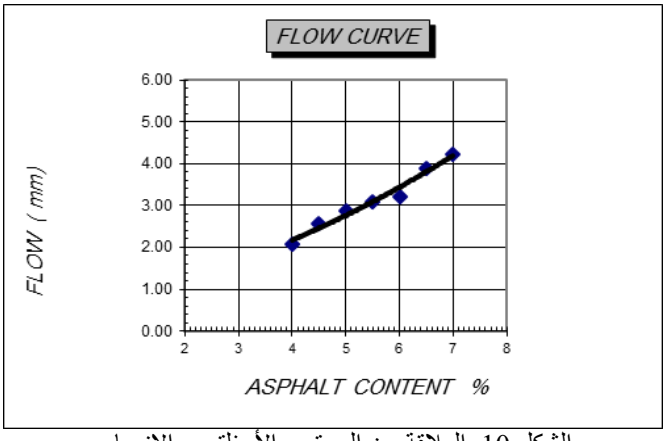
الشكل 8. العلاقة بين المحتوى الأسفلتي والانسياب

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

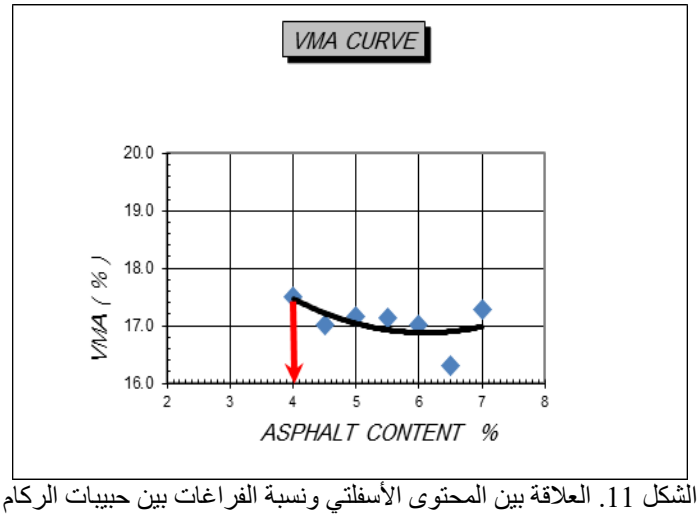
http://www.doi.org/10.62341/abzd2050



الشكل 9. العلاقة بين المحتوى الأسفلتي و نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت



الشكل 10. العلاقة بين المحتوى الأسفلتي و الانسياب



الشكل 11. العلاقة بين المحتوى الأسفلتي ونسبة الفراغات بين حبيبات الركام

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

من العلاقات البيانية السابقة تم الحصول على النتائج التالية:

1-الانسياب والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 4.30 %.

2-الثبات والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 5.00 %.

3-الكثافة والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 6.40 %.

4-الفراغات الهوائية والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 5.25 %.

5-الفراغات الركامية والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 4.00%.

6-الفراغات المملوءة بالبيتومين والمحتوى الإسفلتي كانت نسبة الإسفلت 5.10 %.

المحتوى الأسفلتي الأمثل $= \frac{5.10+4+5.25+6.40+5+4.30}{6}$ = 5.00 %.

و الجدول3 . يبين نتائج المحتوى الإسفلتي الأمثل لطبقة التكسية السطحية الإسفلتية والشكل 12. يوضح العينات الإسفلتية .

جدول3. نتائج المحتوى الأسفلتي الأمثل لطبقة التكسية السطحية الإسفلتية

Property	Units	Specify	Obtained
Optimum Asphalt Content (O . B .C)	%	3.5-7	5.00
Stability	Kg	≥800	2003.78
Flow	mm	2-4	2.28
Specific Gravity	g/cm^3	-	2.3
Theorized Specific Gravity	g/cm^3	-	2.48
Voids Filled with Asphalt (VFA)	%	70-80	70.5
Voids in Mineral Aggregates (VMA)	%	>13	17.5
Air Voids in Total mix	%	3-8	5.24

الشكل 12. عينات تصميم خلطة التكسية السطحية الإسفلتية

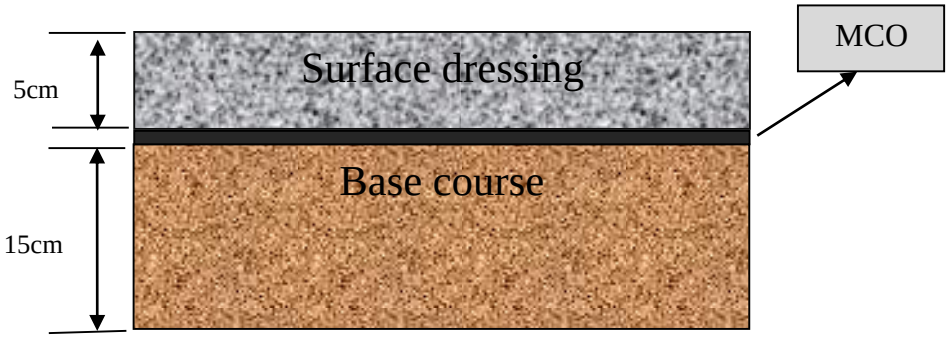
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

تم تصميم ثلاث عينات بالمحتوى الإسفلتي الأمثل 5% وبنفس الخطوات السابقة ، وتم الحصول على النتائج الموضحة في الجدول 4. والشكل 13. يبين طبقات التكسية السطحية النهائية.

جدول 4. يوضح نتائج خلطة التكسية السطحية الإسفلتية النهائية

Property	Units	Specify	Obtained
Optimum asphalt content (o a c)	%	3.5 -7	5.00
Stability	Kg	≥800	2532.4
Flow	mm	2-4	2.16
Specific gravity	g/cm^3	-	2.35
Theorized Specific gravity	g/cm^3	-	2.45
Voids filled with asphalt (VFA)	%	70-80	71.31
Voids in mineral aggregates (VMA)	%	>13	15.3
Air voids in total mix	%	3-8	4.39



الشكل 13. طبقات التكسية السطحية النهائية

الخاتمة والتوصيات

من خلال الدراسة نوصي بالآتي:

1- إجراء دراسة لمصادر الركام بليبيا من حيث الجودة والمواصفات وذلك تسهيلاً للباحثين والمهندسين باختيار أجودها والاستفادة منها في تصميم الخلطات الإسفلتية المختلفة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

2- استخدام التدرجات من (10mm – 5mm) في تصميم خلطة التكسية السطحية نظرًا للنتائج الجيدة المتحصل عليها مع العمل على استخدامها في أرصفة المشاة والمنطقة الوسطى بين الطرق (Median) بدلًا من الخرسانة الاسمنتية العادية.

3- استخدام خلطة التكسية السطحية في أكتاف الطرق لتوفر الاحتكاك الملائم لإيقاف المركبات مع تكلفتها الاقتصادية غير الباهظة من حيث المواد والتنفيذ.

4- عمل دراسات على التغييرات في سلوك الخلطات الإسفلتية من حيث التغيرات المناخية كدرجة الحرارة تفاديًا للتشققات المختلفة ولضمان زيادة العمر الافتراضي لها.

المراجع العربية:

حسن عويدات سالم (2023)، "تأثير تعديل البوليمر على أداء الرصفات المرنة في المناطق القاحلة في ليبيا"، مجلة جامعة وادي الشاطئ للعلوم البحتة والتطبيقية، المجلد1، الإصدار 1، الصفحات (57 – 63).

رمضان علي محمد (2015)،"مقدمة في مواد الرصف وتصميم المخلوطات الأسفلتية بطريقة مارشال"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع بالقاهرة.

زينب سالم حشاد وأحمد الهادي الرابطي (2020)،"تقنية التكسية الرقيقة للصيانة الوقائية للطرق"، مجلد المؤتمر الدولي الثالث للعلوم التقنية، طرابلس– ليبيا، الصفحات (116 – 125).

عادل نوري الحمادي وأحمد الهادي الرابطي (2014)،"تأثير درجة الحرارة على خواص مارشال للخلطة الإسفلتية"، مقال في مؤتمر علمي، المؤتمر الأول لنقابة المهندسين بالزاوية.

معاذ مصباح وعلي الترهوني وإبراهيم أبو دينة (2024)،"تصنيف وتقييم الأداء لبعض الخلاطات الإسفلتية في ليبيا"، مجلة جامعة الزاوية للعلوم الهندسية والتقنية، المجلد1، الإصدار 2، الصفحات (218 – 225).

هوزان السكبي ومحمد بن عامر ومحمد السكبي (2021)، "تحديد الخواص الحرارية للخرسانة الإسفلتية في ليبيا باستخدام طريقة مطورة لهذا الغرض"، مجلد المؤتمر الثاني للتشييد في المناطق الصحراوية تنظيم جامعة الرفاق، طرابلس– ليبيا، الصفحات (300 – 308).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abzd2050

Annual Book of ASTM Standards, (2022), section 4 Construction - volume 04.11 Building Constructions.

Hot Mix Asphalt Pavement Design Guide, (2008), The Maryland Asphalt Association, Inc.

Overseas Road Note 31: Structural Design of Pavements, (2023), UK - TRL .

The Shell Bitumen Handbook, sixth edition, Authors: Robert N. Hunter, Andy Self and John Read , published :(2015).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية