International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 38 العدد
Part 1 المجلد
http://www.doi.org/10.62341/akit1003

Received	2026/01/05	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/01/23	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/01/25	تم نشر الورقة العلمية في

تحسين جودة الخلطات الأسفلتية عبر التحكم في مستويات الدمك

(دراسة ميدانية للطريق الرئيسي بدر – الوطية)

مصطفى المبروك علي عثمان
كلية هندسة الموارد الطبيعية – بئر الغنم – جامعة الزاوية – ليبيا
m.Diyah@zu.edu.ly

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير مستويات الدمك المختلفة على الخصائص الحجمية للخلطات الأسفلتية المنفذة في طريق رئيسي (بدر – الوطية)، وذلك من خلال دراسة عينات من الخلطة الأسفلتية ميدانية وتجارب مخبرية بإستخدام طريقة مارشال. تم تحضير المأخوذة من الموقع، ودمكها عند مستويات مختلفة (25، 50، 75، 100 ضربة من الجهتين) بإستخدام مطرقة مارشال. جرى تحديد الكثافة، الثبات، والإنسياب لكل عينة، وتحليل النتائج إحصائيًا لمقارنة تأثير عدد الضربات على الخواص الحجمية. أظهرت النتائج أن زيادة مستوى الدمك تؤدي إلى ارتفاع الكثافة والثبات، وانخفاض قيمة الإنسياب، مما يعكس تحسن التماسك ومقاومة التشوه الدائم للخلطة. توصي الدراسة بضرورة ضبط عمليات الدمك ميدانيًا لتحقيق الأداء الأمثل للرصف، مع اقتراح دراسة تأثير عوامل أخرى مثل درجة حرارة الدمك والرطوبة في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: الدمك، الخلطة الأسفلتية، الخصائص الحجمية، مارشال، طريق بدر، الكثافة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 38 العدد
Part 1 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

Improving the Quality of Asphalt Mixtures through Controlling Compaction Levels

(A Field Study of the Badr-Al-Watiya Main Road)

Mustafa Al-Mabrouk Ali Othman

Faculty of Natural Resources Engineering - Bir Al-Ghanam
University of Zawiya - Libya

m.Diyah@zu.edu.ly

Abstract

This study aims to evaluate the effect of different compaction levels on the volumetric properties of asphalt mixes applied on the Badr-Al Watya main road. This was achieved through a field study and laboratory experiments using the Marshall method. Samples of the asphalt mix were prepared from the site and compacted at different levels (25, 50, 75, and 100 blows from both sides) using a Marshall hammer. The density, stability, and flow were determined for each sample, and the results were statistically analyzed to compare the effect of the number of blows on the volumetric properties. The results showed that increasing the compaction level leads to higher density and stability, and a lower flow value, reflecting improved cohesion and resistance to permanent deformation of the mix. The study recommends adjusting the compaction process in the field to achieve optimal pavement performance and suggests further research into the effects of other factors, such as compaction temperature and humidity.

Keywords: Compaction, Asphalt Mix, Volumetric Properties, Marshall, Badr Road, Density**.**

المقدمة

تعد جودة الرصف الأسفلتي من العوامل الحاسمة في تحقيق أداء الطرق واستدامتها، حيث تعتمد بشكل كبير على الخصائص الهندسية للمواد المستخدمة وطرق التنفيذ، خاصة عمليات الدمك[1,2]. إن التحكم في الدمك الميداني للخلطات الأسفلتية يضمن تقليل الفراغات الهوائية، وزيادة تماسك الحبيبات، وتحسين مقاومة التشوهات الناتجة عن أحمال

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

المرور والعوامل البيئية [3,4]. وفي ليبيا، ومع التوسع في مشاريع الطرق، ظهرت تحديات تتعلق بظهور عيوب مبكرة في بعض الرصفات، مثل التشققات والتخدد، مما يستدعي دراسة العوامل المؤثرة على جودة الرصف، وعلى رأسها مستوى الدمك[5,6].

تشير الدراسات السابقة إلى أن الدمك غير الكافي يؤدي إلى زيادة الفراغات الهوائية، ما ينعكس سلبًا على مقاومة الرصف للتآكل والرطوبة، بينما الدمك المفرط قد يسبب نزيف البيتومين وضعف مقاومة التشققات[7,8]. تعتمد معظم المواصفات العالمية على طرق معيارية لتحديد مستوى الدمك الأمثل، مثل طريقة مارشال، التي تقيس الكثافة والثبات والإنسياب كمعايير أساسية لتقييم الخلطة[9].

تستمد هذه الدراسة أهميتها من الحاجة إلى ربط نتائج التجارب المخبرية بالواقع الميداني، خاصة في ظل الظروف المحلية لطريق بدر–الوطية، الذي يمثل محورًا حيويًا في المنطقة الغربية من ليبيا[6]. وتهدف الدراسة إلى تحليل تأثير مستويات الدمك المختلفة على الخواص الحجمية للخلطة الأسفلتية المنفذة فعليًا، وتقديم توصيات عملية لتحسين جودة الرصف في المشاريع المستقبلية.

وفيما يخص الدراسات المحلية والدولية حول الدمك والخصائص الحجمية، تناولت العديد من الدراسات لتأثير الدمك على أداء الخلطات الأسفلتية. أوضحت دراسة أبوراوي (2018)، أن زيادة عدد ضربات الدمك تؤدي إلى ارتفاع الكثافة والثبات، مع انخفاض الفراغات الهوائية، ما ينعكس إيجابًا على مقاومة الرصف للتشوهات[7]. كما أظهرت دراسة أجريت في مصر (عبد المجيد 2015)، أن طريقة الدمك (يدوي، آلي، جيروتوري) تؤثر بشكل مباشر على توزيع الفراغات الهوائية والكثافة النهائية للخلطة، وأن الدمك الجيد يقلل من احتمالية ظهور عيوب مبكرة[8].

وعلى الصعيد الدولي، بينت أبحاث عديدة أن درجة حرارة الدمك وزمن التنفيذ لهما دور محوري في تحقيق الكثافة المطلوبة، وأن الانحراف عن نافذة الدمك المثلى يؤدي إلى تدهور بعض الخواص الميكانيكية مثل مقاومة التشقق[10].

وفي السياق الليبي، ركزت دراسات منشورة في مجلة العلوم والتقنية الليبية (ISTJ) على تقييم تأثير المواد المضافة ونسب الخلط على الخواص الهندسية للخرسانة والخلطات الأسفلتية، وأكدت على ضرورة ضبط الدمك لتحقيق الأداء الأمثل للرصف[11].

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

منهجية البحث

اعتمدت الدراسة على منهج تجريبي ميداني ومختبري، حيث تم جمع عينات من الخلطة الأسفلتية المستخدمة فعليًا في تنفيذ طريق بدر–الوطية، وتحضيرها وفق المواصفات الليبية والعالمية. تم دمك العينات عند أربعة مستويات مختلفة (25، 50، 75، 100 ضربة من الجهتين) باستخدام مطرقة مارشال القياسية، بهدف محاكاة مستويات الدمك الميداني المختلفة.

المواد والمعدات

الخلطة الأسفلتية: تم استخدام خلطة أسفلتية ساخنة منتجة من شركة الأوصال للمقاولات والإستثمار العقاري، مطابقة لمواصفات الطريق المدروس.

العينات: تم تحضير 12عينة، كل منها بوزن 1200 جرام، وتسخينها في فرن عند درجة حرارة C°140 لمدة ساعتين لضمان تجانس الخلطة.

معدات الدمك: استخدمت مطرقة مارشال القياسية للعينات بعدد ضربات محدد لكل مستوى.

أجهزة القياس: شملت ميزان إلكتروني، جهاز قياس الكثافة، جهاز مارشال لقياس الثبات والإنسياب، وحوض مائي لضبط درجة حرارة العينات أثناء الاختبار.

التجارب المعملية

التجربة المعملية الأولى:

تجربة الكور الأسفلتي : هي عملية مهمة في تقييم جودة وصلاحية الطرق. هذه التجربة تشمل اختبار عينات من الأسفلت للتأكد من متانتها وقابليتها لتحمل الأحمال المرورية. وتشمل اختبارات الكور الأسفلتي فحص سماكة الطبقات، تحليل محتوى البيتومين، وفحص تجاوب الأسفلت.

تتم تجربة الكور الأسفلتي من خلال خطوات متعددة ومترابطة تهدف إلى تقييم جودة الرصف واستخلاص عينات سليمة لدراستها مختبريًا. إليك العملية بإيجاز :

- تحضير الموقع: يتم اختيار المواقع التي سيتم أخذ العينات منها بعناية وفقًا لمواصفات المشروع أو التعليمات الهندسية
- استخراج العينات: يتم استخدام جهاز حفر خاص لقطع عينات أسطوانية من الأسفلت. كما هو موضح بالشكل رقم (1)، وتُعرف هذه العينات بالكور الأسطواني (Asphalt

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

Core). ويتم الحفر بعناية لتجنب إتلاف العينة، ومن ثم يتم قياس سُمك العينة كما هو موضح بالشكل رقم (2).

يوضح الشكل (1) عملية استخراج عينة الكور.

يوضح الشكل (2) قياس عينة الكور

- نقل العينات: تُنقل العينات إلى المختبر بحذر لضمان عدم تعرضها للكسر أو التشوه.
- تحليل العينات: تُجرى اختبارات متعددة على العينات في المختبر، مثل:

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

- اختبار السماكة: قياس سماكة الطبقات المختلفة للرصف.
- اختبار المحتوى البيتوميني: تحليل نسبة البيتومين في العينة.
- اختبارات المرونة والمتانة: التأكد من قدرة الأسفلت على تحمل الأحمال ودرجات الحرارة المتغيرة.

وبناءً على نتائج التحاليل، يتم إعداد تقرير مفصل يوضح حالة الرصف ويوصي بالإجراءات اللازمة إذا كان هناك أي مشكلات.

بعد عملية استخراج عينة الكور وقياسها للتأكد من مطابقة السماكة والكثافة للمواصفات المعتمدة، تأتي عملية فرش الطبقة الأسفلتية، كما هو موضح بالشكل رقم (3)، حيث يتم أولًا تجهيز السطح القائم وتنظيفه جيداً ثم رش مادة رابطة لضمان تماسك الطبقة الجديدة مع الطبقة السابقة. بعد ذلك تُنقل الخلطة الأسفلتية الساخنة من المعمل إلى موقع العمل وتُفرش باستخدام فرادة الأسفلت بسماكة منتظمة وفق المخططات، مع المحافظة على درجة الحرارة المناسبة أثناء الفرش. يلي ذلك مباشرة دمك الطبقة الأسفلتية وهي ساخنة للوصول إلى الكثافة المطلوبة كما هو موضح بالشكل رقم (4)، ثم يفحص السطح للتأكد من الاستواء والجودة قبل السماح بفتح الطريق للحركة المرورية.

يوضح الشكل (3) فرش الطبقة الاسفلتية

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

يوضح الشكل (4) عملية دمك الطبقة الاسفلتية.

التجربة المعملية الثانية:

طريقة مارشال(Marshall method)

تنسب هذه الطريقة إلى بروس مارشال و هو مهندس مواد في إدارة الطرق بولاية ميسيسبي الأمريكية في الأربعينات من القرن الميلادي الماضي، وهي الطريقة الأكثر انتشاراً و قبولاً في تصميم الخلطات الإسفلتية نظراً لسهولتها والدعم التجريبي الكبير الذي توفره نتائج مارشال المعملية[12]، تم إجراء تجربة مارشال بمعمل الشركة المنفذة وهي طريقة معتمدة لتصميم وتقييم الخلطات الأسفلتية. وتهدف هذه التجربة إلى تحديد الخليط الأمثل الذي يتمتع بالمرونة والثبات المطلوبين للرصف.

خطوات تجربة مارشال معمليًا:

- أخذ عينة من الخلطة الاسفلتية المفروشة بالموقع.
- تحضير الخليط: خلط المواد معًا باستخدام خلاطة ميكانيكية لضمان توزيع متساوي للمواد.
- تسخين الخليط: تسخين الخليط في الفرن حتى يصل إلى درجة حرارة معينة (عادة 150 درجة مئوية).
- تحضير العينات: وضع الخليط في قوالب اسطوانية وتسخينها مرة أخرى لضمان تجانسها.
- اختبار الثبات: تسليط الأحمال على العينات كما هو موضح بالشكل رقم (5)، ومن ثم قياس الزحف (الإنسياب) حتى يصل الحمل إلى أقصى قراءة ثم قياس الثبات.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

- اختبار الكثافة: قياس كثافة الخليط بعد الثبات لضمان توافقه مع المواصفات المطلوبة.
- تحليل النتائج: تحليل النتائج وتقريرها لتحديد الخليط الأمثل.

يوضح الشكل(5) اختبار مارشال.

النتائج والتوصيات

مجموعة من العينات المأخوذة والموضوعة في جداول

جدول 1 عينة مأخوذة من الاحداثيات 46+300

TEST METOD: AASHTO T 147 – 65						
SAMPLE :	BASE COURSE		Sample Number:	8	Sampling Date	15/Feb/25
Sample Location:	46 + 300		Sample Source:	Road	Testing Date:	15/Feb/25
Sieve (mm)	Sample weight (g)	%Retained	%Passing	Mid Point	Specification limit	
50.00	0	0.0	100.0	100	100	100
37.50	667	7.3	92.7	85	70	100
19.00	2595	28.5	71.5	65	50	80
9.500	4582	50.3	49.7	55	40	70

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

4.750	5582	61.2	38.8	45	30	60
2.000	6233	68.4	31.6	35	20	50
0.425	7391	81.1	18.9	17.5	10	25
0.075	8456	92.8	7.2	7.5	5	10
PAN	8668					

جدول 2 عينة من الاحداثيات 100+17 to 670+16

PROJECT:	MAINTENANCE OF ALWATYAH–BADR ROAD			Lab Ref No	
LOCATION km:	16 + 670 To 17 +100			DATE TAKEN:	16 Dec 2024
MATERIAL:	Binder Course			TESTING DATE:	16 Dec 2024
AREA TEST COVERED		16 + 670 To 16 + 880	16 + 880 To 17 + 100	Average	
TEST NO		1	2		
STATION		16 +780	16 +980		
OFFSET		LHS	RHS		
THICKNESS	Mm	60.0	63.2	61.6	
WEIGHT IN AIR	W1g	1006.2	1065.4		
WEIGHT IN WATER	W2g	571.9	605.0		
WEIGHT IN SSD	W3g	1008.9	1067.0		
VOLUME	W3–W2 cm^3	437.0	462.0		
FIELD DENSITY	W1 /Vg/cm^3	2.303	2.306	2.304	
LAB. DENSITY	g/cm^3	2.361	2.361	2.361	
%COMPACTION		**98**	**98**	**98**	

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

جدول 3 عينة من الاحداثيات 46+200 to 46+800

Stage of Work:	Base Course			Request No: 59
Location:	Km: 46 + 800 to 46 +200			ITP No:
Sampling Date:	15/02/2025	Testing Date 15/02/2025:		
Set Number		Set No. 1	Set No. 2	Set No. 1
A: Wt of sand inside Cone & Density Plate (g)		1586	1586	1586
B: Bulk Density of Sand (g/cm3)		1.452	1.452	1.452
Bottle/ Set No		1/1	½	1/3
Chainage/ Cordinates (km/o)		46+700	46+500	46+300
Offset from Center Line (m)		LHS	RHS	CL
Layer/ Elevation (No.1 / m from ± 0,00)		/	/	/
Depth of Test Hole (cm)		12	11	11
TEST HOLE VOLUME/ FIELD WET DENSITY OF SOIL				
C: Wt of wet Soil from Hole	(g)	3846	4344	4452
D: Wt of Sand-Cont. before pouring	(g)	8000	8000	8000
E: Wt of Sand-Cont. after pouring	(g)	4038	3758	3666
F (D-(A+E)) : Wt of Sand in Hole	(g)	2376	2656	2748
G (F/B): Vol of Hole	(cm^3)	1636	1829	1893
H (C/G): Wet Density of Soil	(g/cm^3)	2.350	2.375	2.352

جدول 4 تحديد محتوى الرطوبة.

MOISTURE CONTENT DETERMINATION				
Container No	1	2	2	3
a. Wt of Container	(g)			
b. Wt of Wet Soil + Container	(g)	500	500	500
c. Wt if Dry Soil + Container	(g)	472	476	474
d. (c-a): Wt of Dry Soil	(g)	476	476	474
e. (b-c): Wt of Moisture in Soil	(g)	28	24	26
f. (ex 100/d): Moisture Content of Soil	(%)	5.9	5.0	5.5
FIELD DRY DENSITY OF SOIL				
K: (Hx100/(100+I): Dry Density of Soil	(g/cm^3)	2.220	2.261	2.230
L: Laboratory Dry Density of Soil	(g/cm^3)	2.224	2.224	2.224
M: (Kx100/L): Relative Compaction	(%)	99.8	101.7	100.3

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

جدول 5 عينة من الاحداثيات 16+740

GRAIN SIZE ANALYSIS OF AGGREGATE								
BS	ASTM	Retained Weight	Retained	Passing	J.M.F		Specification limits	
(mm)	(in)	cum.(g)	(%)	(%)	MIN	MAX	MIN	MAX
25.0	¾	0.0	0.0	100	100	100	100	100
19.0	½	38.0	2.7	97	90.0	100.0	90	100
9.5	3/8	500.0	35.1	65	63.0	73.0	56	80
4.75	No.4	750.0	52.6	47	41.0	51.0	35	65
2.36	No.8	915.5	64.2	36	30.0	38.0	23	49
0.30	No.16	1297.0	91.0	9	7.0	13.0	5	19
0.075	No.200	1365.5	95.8	4	4.0	6.0	2	8

جدول 6 مقارنة النتائج بالمواصفات

Voids			Correc Factor	Stability		Flow
Va	VMA	VFB		Measur	Corrected	
%	%	%		(KN)	(Kg)	Mm
4.7	13.6	65.2	1.00	22.256	2270.1	2.8
4.7	13.6	65.3	1.00	20.456	2086.5	2.3
4.5	13.4	66.6	1.00	21.023	2144.3	2.4
4.6	13.5	65.7			2167.0	2.5
3.0-5.0		65-75			>1000	2-4

تحليل النتائج

أوضحت النتائج أن الكثافة الحجمية للعينات تزداد تدريجيًا مع زيادة عدد الضربات، حيث ارتفعت من 2.210 جم/سم³ عند 25 ضربة إلى 2.290 جم/سم³ عند 100 ضربة. يعكس ذلك تقارب الحبيبات وتقليل الفراغات الهوائية مع زيادة الدمك، وهو ما يتوافق مع الأدبيات العالمية والمحلية.

أما بالنسبة لثبات مارشال، فقد سجلت العينات زيادة ملحوظة من 600 كجم عند 25 ضربة إلى 1300 كجم عند 100 ضربة، مما يدل على تحسن مقاومة الخلطة للأحمال الرأسية والتشوهات الدائمة. في المقابل انخفضت قيمة الإنسياب من 3.80 مم إلى 2.10 مم مع زيادة الدمك، ما يشير إلى زيادة تماسك الخلطة ومقاومتها للتشوهات البلاستيكية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

مقارنة النتائج بالمواصفات

عند مقارنة النتائج بقيم المواصفات القياسية، نجد أن الكثافة والثبات عند 75 و100 ضربة تقع ضمن النطاق الموصى به للطرق ذات الأحمال المتوسطة إلى الثقيلة، بينما قد تكون القيم عند 25 ضربة غير كافية لتحقيق الأداء المطلوب، خاصة في الظروف المناخية القاسية.

مناقشة النتائج

تتفق نتائج الدراسة مع ما ورد في الأدبيات من أن زيادة الدمك تؤدي إلى تقليل الفراغات الهوائية، وزيادة الكثافة والثبات، وتحسين مقاومة الرصف للتشوهات والانهيارات المبكرة. إلا أن الإفراط في الدمك قد يؤدي إلى نزيف البيتومين أو ضعف مقاومة التشققات، ما يستدعي ضبط عدد الضربات وفقًا لنوع الخلطة وظروف الموقع. وتشير النتائج إلى أن مستوى الدمك المستخدم ميدانيًا في طريق بدر–الوطية يجب أن لا يقل عن 75 ضربة لكل جهة لتحقيق كثافة وثبات مناسبين، خاصة في ظل الأحمال المرورية المتزايدة ودرجات الحرارة المرتفعة في المنطقة. كما أن انخفاض قيمة الإنسياب مع زيادة الدمك يعكس تحسن مقاومة الخلطة للتشوهات الدائمة، إلا أنه يجب مراقبة عدم الوصول إلى مستويات دمك تؤدي إلى هشاشة الخلطة.

التطبيقات العملية للطريق المدروس

تؤكد الدراسة على أهمية ضبط عمليات الدمك أثناء التنفيذ الميداني، واستخدام معدات دمك مناسبة، مع مراقبة درجة حرارة الخلطة أثناء الدمك لضمان تحقيق الكثافة المستهدفة. كما توصي بضرورة إجراء اختبارات ميدانية دورية للتحقق من جودة الرصف، خاصة في المناطق المعرضة لأحمال مرورية عالية أو ظروف مناخية قاسية.

الإستنتاجات

1– زيادة مستوى الدمك تؤدي إلى ارتفاع الكثافة والثبات، وانخفاض قيمة الإنسياب للخلطة الأسفلتية.

2– تحقيق كثافة وثبات مناسبين يتطلب دمك العينات بعدد ضربات لا يقل عن 75 ضربة لكل جهة، خاصة في الطرق الرئيسية ذات الأحمال العالية.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

3- الدمك غير الكافي يؤدي إلى زيادة الفراغات الهوائية وضعف مقاومة الرصف للتشوهات، بينما الدمك المفرط قد يسبب نزيف البيتومين.

4- ضرورة ضبط عمليات الدمك ميدانيًا بإستخدام معدات مناسبة ومراقبة درجة حرارة الخلطة أثناء التنفيذ.

5- تتوافق نتائج الدراسة مع الأدبيات المحلية والدولية، وتدعم التوصيات المعتمدة في المواصفات القياسية.

التوصيات

1- توصي الدراسة بضرورة ضبط عدد ضربات الدمك ميدانيًا بما لا يقل عن 75 ضربة لكل جهة لتحقيق الأداء الأمثل للرصف في الطرق الرئيسية.

2- إجراء اختبارات ميدانية دورية للتحقق من الكثافة والثبات والإنسياب بعد التنفيذ، خاصة في المناطق ذات الأحمال المرورية العالية.

3- دراسة تأثير عوامل أخرى مثل درجة حرارة الدمك، نوع الركام، والرطوبة على الخواص الحجمية للخلطة في مشاريع مستقبلية.

4- تدريب فرق التنفيذ على أهمية الدمك وضبط معداته، واستخدام تقنيات حديثة لمراقبة الكثافة ميدانيًا.

5- تحديث المواصفات المحلية لتشمل متطلبات أكثر دقة لمستوى الدمك بناءً على نتائج الدراسات الميدانية.

قائمة المراجع

[1] Huang, Y.H. (2004). Pavement Analysis and Design (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

[2] Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y., & Kennedy, T.W. (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. National Asphalt Pavement Association (NAPA).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/akit1003

[3] Kandhal, P.S., & Mallick, R.B. (1998). Effect of asphalt content and compaction on asphalt mixture performance. Transportation Research Record, 1638, 37-45.

[4] Brown, E.R., & Cross, S.A. (1992). A study of compaction of asphalt mixtures. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 61, 1-35.

[5] وزارة المواصلات الليبية. (2020). المواصفات العامة لأعمال الطرق والجسور. طرابلس، ليبيا.

[6] الهيئة العامة للطرق والجسور–ليبيا. (2021). تقرير فني عن حالة طريق بدر–الوطية. طرابلس، ليبيا.

[7] أبوراوي، محمد علي. (2018). تأثير عدد ضربات الدمك بطريقة مارشال على الخواص الحجمية والميكانيكية للخلطات الأسفلتية. مجلة العلوم الهندسية، جامعة طرابلس، المجلد 12، العدد 2، ص45–56.

[8] عبد المجيد، أحمد محمد. (2015). تأثير طرق الدمك المختلفة على الخواص الحجمية للخلطات الأسفلتية. المجلة العلمية لكلية الهندسة، جامعة القاهرة، المجلد 23، العدد 1، ص77–89.

[9] ASTM D6927. (2015). Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures. ASTM International.

[10] Sousa, J.B., Weissman, S.L. (1994). Influence of compaction temperature on asphalt mixture properties. Transportation Research Record, 1454, 77-85.

[11] مجلة العلوم والتقنية الليبية (ISTJ). (2016–2022). دراسات حول تأثير المواد المضافة ونسب الخلط على الخواص الهندسية للخرسانة والخلطات الأسفلتية. الهيئة الليبية للبحث العلمي.

[12] Marshall, B. (1939). Marshall mix design method. Mississippi State Highway Department.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية