

تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء (سوبريف)

للمنطقة الممتدة من اجدابيا حتى جالو اوجله

أ.م. عبدالمعطي الطاهر الهماي¹، أ.م. عبدالسلام الصادق سليمان²

¹قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزنتان، الزنتان، ليبيا

²قسم التقنية المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية ككلة، ككلة، ليبيا

¹Abdul1985muty@gmail.com ، ²abdalslamkshish@gmail.com

ملخص البحث

من اهم التطورات التي شهدتها صناعة الرصف في العقدين الاخرين ظهور ما يعرف بنظام السوبريف لتصميم الخلطات الاسفلتية الساخنة وتقويم الأداء لمنشآت الرصف الاسفلتي. ويعتبر هذا النظام نتيجة للأبحاث والدراسات الحقلية والمعملية التي تضمنها برنامج بحوث الطرق الاستراتيجي SHARP في الولايات المتحدة الأمريكية ، من أهم نواتج هذا البحث نظام جديد ومتكامل لتصميم الخلطات الإسفلتية سمي نظام الرصف الأسفلتي المتفوق الأداء ، وتضمن نظام جديد لتصنيف المادة الرابطة الإسفلتية يعتمد على الأداء سمي نظام الأداء وسميت الدرجات الناتجة وفقاً لهذا النظام بدرجات الأداء (**Performance Grades**) ، ويرمز لها بالرمز (PG) ، يعتمد هذا النظام في تصنيفه للمادة الرابطة الإسفلتية على درجات حرارة الرصف القصوى والدنيا والتي تعتمد على الظروف المناخية والخصائص الحرارية لطبقات الرصف، يستخدم نظام السوبريف مصطلح مواصفات المادة الرابطة الاسفلتية بدلا من الاسفلت لأنه يعبر عن الاسفلت المحسن والغير المحسن على حدا سواء، تمثلت منهجية البحث في جلب عينات الركام المختلفة الاحجام من منطقة الدراسة لعدد 3 محاجر، اجريت عليها كافة الاختبارات المعملية الخاصة بالركام حسب متطلبات السوبريف من خصائص الاجماع، خواص المصدر وخصائص التدرج للركام واختبار التحليل الكيميائي والمعدني للعينة، بعد جمع كلا هذه البيانات تم تصميم عدد 3 خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء من المستوى الأولى (خلطة حجمية) لكل محجر.

وكانت احتياج الخلطات من المادة الرابطة الاسفلتية متباينة من محجر الى اخر فبلغت النسبة من 5.3% و5.7%، و6.4% من وزن الخلطة الإجمالي.

الكلمات الدالة: خلطة اسفلتية - سوبريف - الركام - المادة الرابطة

1. المقدمة

تم تطوير الخرسانة الاسفلتية عالية الأداء بناءً على أبحاث مستفيضة أجريت بهدف الحد من الانهيارات والعيوب التي تحدث للرصف الاسفلتي في مراحل متعددة من عمره التشغيلي، ومصطلح سوبريف (والذي يعرف فيما بعد بالرصف عالي الأداء) هو اختصار للعبارة "Superior Performance Asphalt Pavements"^[1].

يشتمل نظام الرصف عالي الأداء على متطلبات وطرق محددة لاختيار نوع الرابط الاسفلتي والركام، يجب تحقيقها عند تصميم وتنفيذ طبقات الرصف عالي الأداء^[1]، كما يشتمل على طريقة لتصميم الخلطات الاسفلتية على ثلاث مستويات وهي:

1-المستوى الأول (Level - 1) هو عبارة عن نظام محسن لاختيار المواد الداخلة في الخلطة الإسفلتية وكذلك التصميم الحجمي للخلطة وهذا ما سوف نقوم به في هذه الدراسة.

2 المستوى الثاني (Level - 2) يستخدم التصميم الحجمي للخلطة كنقطة انطلاق ويتضمن مجموعة من الاختبارات لتقدير الأداء.

3-المستوى الثالث (Level - 3) ويتضمن مجموعة من الاختبارات المكثفة للوصول الى مستوى تقدير أكثر واقعية للأداء [2].

ويعتبر قطاع الطريق الممتد من اجدابيا حتى جالو وأجله جزء من الطريق الممتد من الساحل الشمالي باجدابيا الى أعماق الواحات في الصحراء، لكن يعاني ذلك القطاع من ظهور العديد من الاضرار ومنها على سبيل الذكر وليس الحصر الظهور المكثف للتشققات الطولية والعرضية والتمساحية على كامل مسار القطاع، وتعد الحفر أيضا من أبرز مشاكل هذا القطاع وغيرها من الأضرار، وأسباب ظهور هذه العيوب عدة، منه ما هو متعلق بالأحمال الزائدة من قبل خطوط النقل للشركات النفطية الأجنبية لاستخدامها ذلك القطاع، والجزء الأكبر منها ناتج بسبب قصور في الأنظمة التقليدية للرصف الاسفلتي (طريقة مارشال) التي لم تؤخذ في اعتبارها درجات الحرارة المختلفة لكل منطقة وما يناسبها من المادة الرابطة الاسفلتية ، كذلك لم تؤخذ بعين الاعتبار الاحمال المرورية للمناطق المختلفة وأيضا التقادم على المدى البعيد والقصير التي تعتبر السبب الرئيسي لظهور التشققات التماساحية والحرارية وعدم محاكاة عملية الدمك الموقعي والمعملي حيث ان الدمك يكون بشكل دائري في الموقع ويكون في معمل بشكل راسي وهذا ما يعطي نتيجة في معمل مخالفة عنها في الموقع.

وبذلك هدفت هذه الورقة الى تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء ذات المستوى الأول (خلطة حجمية) لإنتاج الخلطات الاسفلتية تكون ذات نجاعة عالية التنفيذ والقضاء على المشاكل سالفة الذكر.

2. الجانب العملي والمنهجية:

لغرض انجاز هذه الورقة فإن ذلك تتطلب منا القيام ببعض الأعمال الحقلية والتي تضمنت زيارة محاجر إنتاج الركام ومراقبة طريقة إنتاجه في المواقع وأخذ عينات من الركام من هذه المحاجر بطريقة عشوائية وجلبها للمعمل لعمل الاختبارات عليها وكذلك تم استخدام بعض البرامج الهندسية في عملية تصميم الخلطات الاسفلتية، فيما يلي استعراض للمواد والاجهزة المستخدمة.

1.2 الركام.

يشكل الركام العنصر الاساسي في انتاج الخلطات الاسفلتية حيث تم جلب عينات الركام من محاجر مختلفة في منطقة الدراسة وكان المستهدف من تلك عدد 3 محاجر على كامل قطاع الطريق انظر الشكل (1) يوضح اماكن توزيع المحاجر والجدول (1) يبين أسماء وإحداثيات تلك المحاجر.

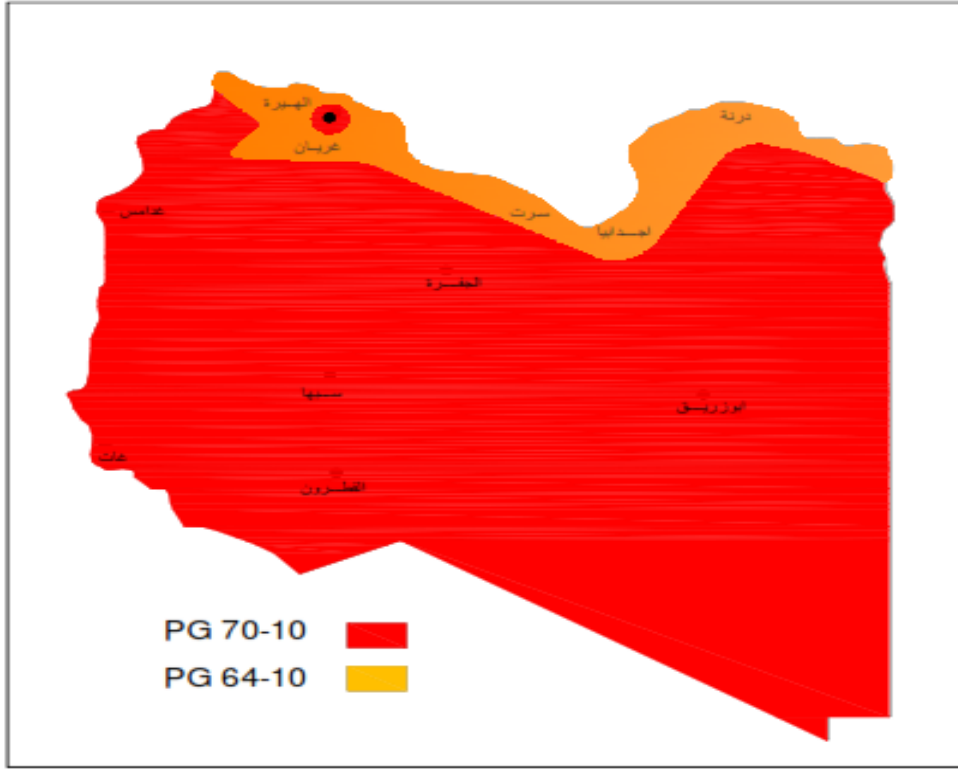


شكل رقم (1): خريطة مواقع المحاجر في منطقة الدراسة

جدول رقم (1): أسماء مواقع المحاجر في منطقة الدراسة

الرقم	اسم المحجر	موقع المحجر	احداثيات المحجر
1	الحمودي	30 كم طريق جالو/اجدابيا	N=300 32' 11.94" E=200 27'50.81"
2	النهضة	38 كم طريق جالو	N=300 31' 24.93" E=200 29' 12.23"
3	ابراهيم مفتاح	35 كم طريق جالو	N=300 30' 40.48" E=200 28' 24.99"

1.2 المادة الرابطة الاسفلتية. ان اختيار المادة الرابطة يعتمد على تحديد الظروف الجوية للمشروع باستخدام قاعدة بيانات الظروف الجوية ويتم تحديد درجتي حرارة التصميم (العليا والدنيا) تم جلب المادة الرابطة الاسفلتية من نوع PG(70-10) المناسبة لتلك المنطقة واستخدامها في تحضير الخلطات الحجمية والشكل التالي يبين خريطة ليبيا وما يناسبها من المادة الرابطة الاسفلتية وفق دراسة قامت بها مصلحة الطرق والجسور سنة 2010 عن طريق شركة العمران الهندسي للاستشارات الهندسية.



شكل رقم (2): خريطة توزيع الرابطة الاسفلتي داخل ليبيا^[2]

3.2 البرامج الهندسية.

ePAVE5: برنامج خاص بتصميم الخلطات الاسفلتية وفق نظام السوبريفف باستخدام الاكسيل سهل الاستخدام يتم التعامل معه عن طريقة قائمة الأوامر ويساعد على اتخاذ القرار ويتضمن كافة الحسابات والمتطلبات والشروط والمقارنات اللازمة لتصميم خلطة اسفلتية على الساخن لمشروع ما. تم تصميم البرنامج بناءً على متطلبات نظام السوبريفف الواردة في أحدث إصدارات معهد الاسفلت "سلسلة سوبريفف رقم 2" - الطبعة الثالثة لعام 2001 م، بالإضافة الى اخر إصدارات الاثنتو لعام 2005 ومنها مواصفة M323 - مواصفات تصميم للخلطة الاسفلتية الساخنة و35R - طريقة تصميم سوبريفف للخلطة الاسفلتية الساخنة^[3]

4.2 خطوات التصميم.

تم اجراء الاختبارات المعملية الخاصة بالركام حسب متطلبات السوبريفف والتي تحدد خواص الركام لكل محجر وتشمل عمل الاختبارات التالية:

أولا خصائص الاجماع للركام وتشمل (Consensus Aggregate Properties)

- 1-شكل حبيبات الركام الخشن (Coarse Aggregate Angularity).
- 2-نسبة الفراغات في الركام الناعم (Fine Aggregate Angularity).
- 3-المكافئ الرملي (Clay Content Sand Equivalent).
- 4-الحبيبات المستطيلة والرقيقة (Flat and Elongated Particles)

ثانيا خواص المصدر للركام وتشمل على الاتي (Source Aggregate Properties)

- 1-اختبار لوس انجلس للتآكل (Abrasion Test Los Angeles).

2- اختبار التهشيم (Crushing Test).

3- اختبار الصدم (Impact Test).

4- اختبار الكثافة ونسبة الامتصاص (Density And Water Absorption Test).

ثالثا خصائص التدرج للركام ويشمل (Gradation Aggregate Properties)

1- اختبار التحليل المنخلي (Test Sieve Analysis Aggregate)^[4]

تم تصميم الخلطة الاسفلتية الرابطة لمحجر الحمودي وقد تم اختيار تدرج الحجم الاسمي الأعلى للركام 25 ملم لتطابقه مع التدرج لهذه الكسارة والجدول التالي بين مواصفات هذا التدرج.

جدول رقم (2): التدرج الكلي لركام الخلطات الاسفلتية (المقاس الأسمى الاعلى 25ملم)^[4].

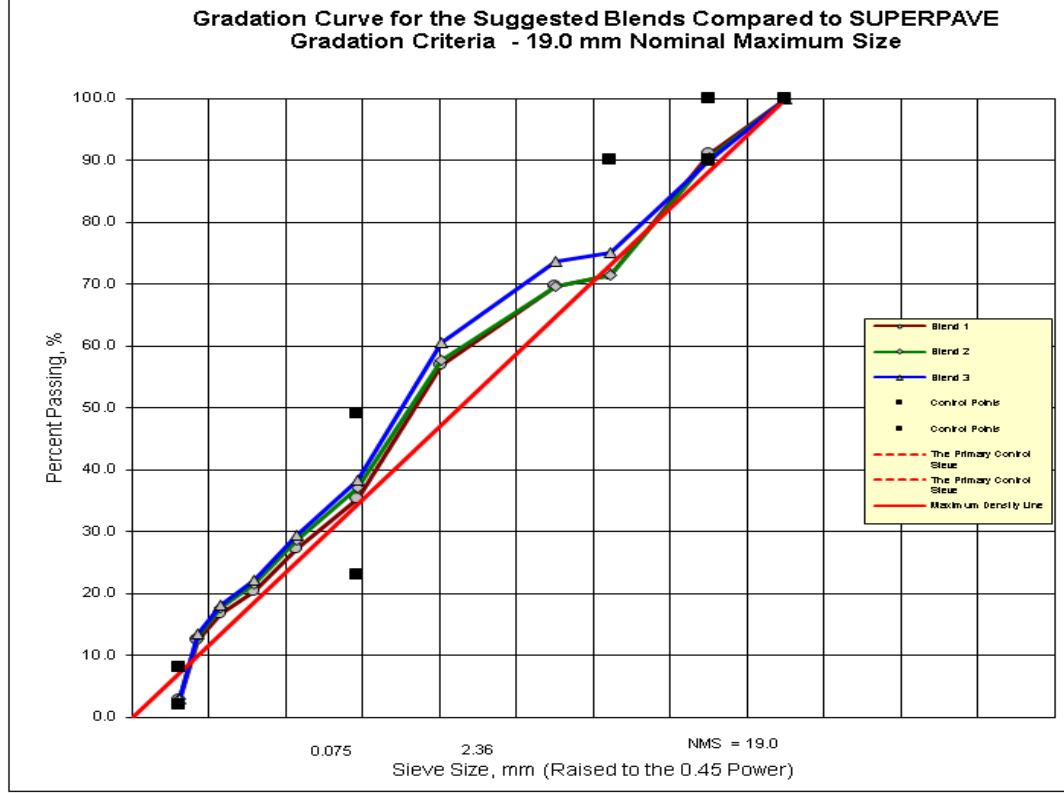
المنطقة المحظورة %		نقاط التحكم %		ملم
حد اقصى	حد أدني	حد اقصى	حد أدني	مقاس المنخل
-	-	100	100	37.5
-	-	100	90	25
-	-	90	-	19
-	-	-	-	12.5
-	-	-	-	9.5
39.5	39.5	-	-	4.75
30.8	26.8	45	19	2.36
24.1	18.1	-	-	1.18
17.6	13.6	-	-	0.600
11.4	11.4	-	-	0.300
-	-	-	-	0.150
-	-	7	1	0.075

تم تصميم الخلطة الاسفلتية السطحية لمحجر النهضة وقد اختير تدرج الحجم الاسمي الأعلى للركام 19ملم لتطابقه مع التدرج لهذه الكسارة والجدول التالي بين مواصفات هذا التدرج.

جدول رقم (3): التدرج الكلي لركام الخلطات الاسفلتية (المقاس الأسمى الاعلى 19ملم)^[4].

المنطقة المحظورة %		نقاط التحكم %		ملم
حد اقصى	حد أدني	حد اقصى	حد أدني	مقاس المنخل
-	-	100	100	25
-	-	100	90	19
-	-	90	-	12.5
-	-	-	-	9.5
-	-	-	-	4.75
34.6	34.6	49	23	2.36
28.3	22.3	-	-	1.18
20.7	16.7	-	-	0.600
13.7	13.7	-	-	0.300
-	-	-	-	0.150
-	-	8	2	0.075

واخيرا تم تصميم الخلطة الاسفلتية السطحية لمحجر ابراهيم مفتاح وقد اختير تدرج الحجم الاسمي الأعلى للركام 19ملم لتطابقه مع التدرج لهذه الكسارة والشكل التالي يوضح التدرج المختار لهذا المحجر



شكل رقم (3): تدرجات الخلطة الاسفلتية لمحجر إبراهيم مفتاح

3. النتائج والمناقشة / او الاستنتاجات.

تم تصميم خلطة اسفلتية عالية الأداء لمحجر الحمودي والنهضة وإبراهيم مفتاح لتطابقها مع معايير المواصفات المطلوبة في الخلطة الاسفلتية، وقد تم تصميم الخلطة لمحجر الحمودي وفقا للطبقة الاسفلتية الرابطة في حين صممت لمحجر النهضة وإبراهيم مفتاح الطبقة السطحية وذلك وفق الاتي .

1.3- نتائج تصميم خلطة اسفلتية لمحجر الحمودي

تم تصميم الخلطة الاسفلتية لمحجر الحمودي الطبقة الاسفلتية الرابطة وكانت نسبة المادة الرابطة الاسفلتية 5.7% من وزن الخلطة ويوضح الجدول التالي اهم نتائج الخلطة للطبقة الرابطة لمحجر الحمودي.

جدول رقم (4): نتائج خلطة الاسفلتية لمحجر الحمودي للطبقة الرابطة

Number	Property	Value
1	Design Asphalt %	5.7
2	Bulk Specific Gravity, Gsb	2.561
3	Effective Specific Gravity, Gse	2.606
Number	Property	Value
4	%Gmm @ Nini	87.1
5	% Gmm @ Ndes	95.7
6	% Air Voids	4.3

7	% VMA	15.6
8	% VFA	72.4
9	Asphalt Absorption, (Pba)	0.698
10	% Passing 0.075 mm Sieve	1.10
11	Effective asphalt binder content (Pbe)	5
12	Dust Propotion (DP ratio)	0.22

2.3- نتائج تصميم خلطة اسفلتية لمحجر النهضة

تم تصميم الخلطة الاسفلتية لمحجر النهضة للطبقة السطحية وكانت نسبة المادة الرابطة الاسفلتية 5.3% من وزن الخلطة ويوضح الجدول التالي يبين نتائج الخلطة لطبقة السطحية لمحجر النهضة.

جدول رقم (5): نتائج خلطة الاسفلتية لمحجر النهضة لطبقة السطحية

Number	Property	Value
1	Design Asphalt %	5.3
2	Bulk Specific Gravity, Gsb	2.572
3	Effective Specific Gravity, Gse	2.643
4	%Gmm @ Nini	86
5	% Gmm @ Ndes	95.2
6	% Air Voids	4.8
7	% VMA	14.5
8	% VFA	66.8
9	Asphalt Absorption, (Pba)	1.070
10	% Passing 0.075 mm Sieve	2
11	Effective asphalt binder content (Pbe)	4.3
12	Dust Propotion (DP ratio)	0.47

3.3-- نتائج تصميم خلطة اسفلتية لمحجر إبراهيم مفتاح

تم تصميم الخلطة الاسفلتية لمحجر ابراهيم مفتاح للطبقة السطحية وكانت نسبة المادة الرابطة الاسفلتية 6.4% من وزن الخلطة ويوضح الجدول التالي يبين نتائج الخلطة لطبقة السطحية لمحجر ابراهيم مفتاح.

جدول رقم (6): نتائج خلطة الاسفلتية لمحجر إبراهيم مفتاح للطبقة السطحية

Number	Property	Value
1	Design Asphalt %	6.4
2	Bulk Specific Gravity, Gsb	2.581
3	Effective Specific Gravity, Gse	2.689
4	%Gmm @ Nini	86.4
5	% Gmm @ Ndes	95.7
6	% Air Voids	4.3
Number	Property	Value
7	% VMA	15.4
8	% VFA	72.3
9	Asphalt Absorption, (Pba)	1.597
10	% Passing 0.075 mm Sieve	2.70
11	Effective asphalt binder content (Pbe)	4.9
12	Dust Propotion (DP ratio)	0.55

4.3-مناقشة النتائج

من خلال تصميم الخلطات الاسفلتية لمحاجر الدراسة ومعرفة مدى تطابق مواصفات تلك المحجر على متطلبات السوبريف ولأي طبقة من طبقات الرصف يتم تصميمها في المستقبل. يتضح الاتي

1.4.3-مناقشة النتائج الخلطة لمحجر الحمودي.

تم تصميم خلطة السوبريف من المستوى الأولى (خلطة حجمية) لمحجر الحمودي، وقد صممت للطبقة الاسفلتية الرابطة وقد تطابق التحليل المنخلي للكسارة مع التدرج الكلي للركام للخلطات الاسفلتية عالية الأداء مع (الحجم الاسمي الأعلى للركام 25 ملم). وكان احتياجها من المادة الرابطة الاسفلتية 5.7 % من وزن الخلطة الإجمالي، والكثافة الخلطة الكلية 2.56 جم /سم³ والكثافة الفعالة للخلطة 2.6 جم /سم³، ولكن هناك محدودية في نسبة الغبار حيث بلغت 0.22% لم تكن كافية لتحقيق متطلبات المواصفة المطلوبة للسوبريف والتي تبلغ من 0.6-1.2%^[4]. يرجع السبب في نقص هذه النسبة الى نقص المادة المألئة للكسارة. .

2.4.3-مناقشة النتائج لمحجر إبراهيم مفتاح.

تم تصميم خلطة اسفلتية لطبقة السطحية وقد تطابق التحليل المنخلي للكسارة مع التدرج الكلي للركام للخلطات الاسفلتية عالية الأداء مع (الحجم الاسمي الأعلى للركام 19 ملم). وكان احتياجها من المادة الرابطة الاسفلتية 6.4 % من وزن الخلطة الإجمالي يرجع السبب في ارتفاع نسبة المادة الرابطة الاسفلتية الى ارتفاع نسبة الامتصاص لعينات الركام والتي تصل الى 3.7%، وهذ مما يؤثر الى ارتفاع نسبة الاسفلت الممتص في هذه الخلطة والذي يبلغ 1.6%، والكثافة الخلطة الكلية 2.58 جم /سم³ والكثافة الفعالة للخلطة 2.68 جم /سم³، ولكن هناك مشكلة في نسبة الغبار حيث بلغت 0.55% لم تكن كافية لتلبي احتياج المواصفة المطلوبة للسوبريف والتي تبلغ من 0.6-1.2% . يرجع السبب في نقص هذه النسبة الى نقص المادة المألئة للكسارة

3.4.3-مناقشة نتائج الخلطة لمحجر النهضة.

تم تصميم خلطة اسفلتية للطبقة السطحية وقد تطابق التحليل المنخلي للكسارة مع التدرج الكلي للركام للخلطات الاسفلتية عالية الأداء مع (الحجم الاسمي الأعلى للركام 19 ملم). وكان احتياجها من المادة الرابطة الاسفلتية 5.3 % من وزن الخلطة الإجمالي، والكثافة الخلطة الكلية 2.57 جم /سم³ والكثافة الفعالة للخلطة 2.64 جم /سم³، ولكن هناك مشكلة في نسبة الغبار حيث بلغت 0.47% لم تطابق المواصفة المطلوبة للسوبريف والذي تبلغ من 0.6-1.2 % يرجع السبب في نقص هذه النسبة الى نقص المادة المألئة للكسارة والى قوة الركام وقدرته على التحمل لعمليات البري والصدم والتشيم والتي بلغت حوالي 18.4 % و 25.2 % و 25.3 % بالترتيب هذا مما يزيد في صعوبة الحصول على مادة مألئة من هذه الكسارة.

4.4.3-مقارنة نتائج الخلطات الاسفلتية بمواصفات السوبريف.

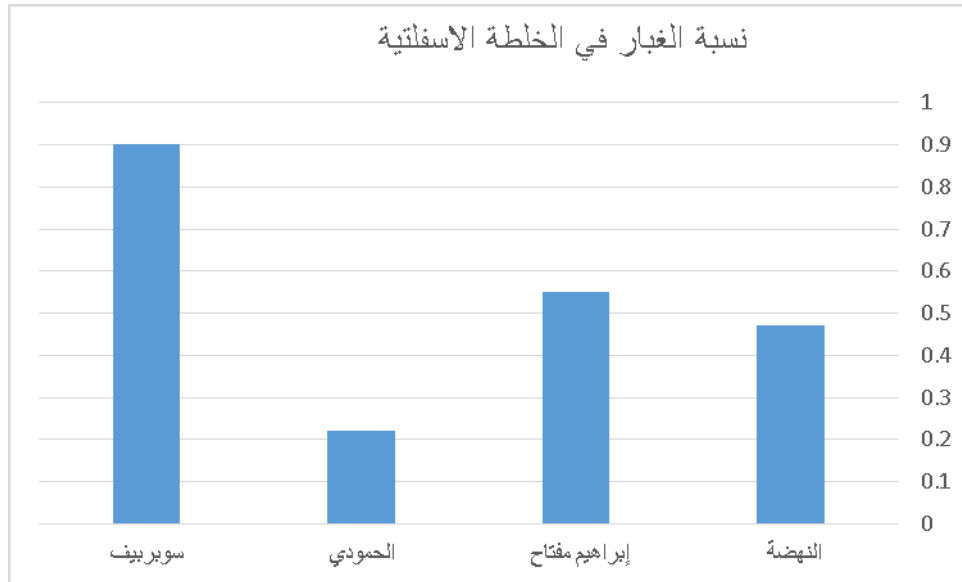
ويمثل الجدول التالي مقارنة بين نتائج خلطات الاسفلتية بمدى مطابقتها لمواصفات السوبريف.

جدول رقم (6): مقارنة نتائج الخلطات بمواصفات السوبريف

مواصفات السوبريف	أسماء المحاجر	الخاصية
------------------	---------------	---------

	إبراهيم مفتاح	النهضة	الحمودي	
Design Asphalt %	6.4	5.3	5.7	n/a
Bulk Specific Gravity, Gsb	2.581	2.572	2.561	n/a
Effective Specific Gravity, Gse	2.689	2.643	2.606	n/a
% Gmm @ Nini	86.4	86	87.1	90.5
% Gmm @ Ndes	95.7	95.2	95.7	96.0
% Air Voids	4.3	4.8	4.3	4.0
% VMA	15.4	14.5	15.6	14.0
% VFA	72.3	66.8	72.4	16.0
Asphalt Absorption, (Pba)	1.597	1.070	0.698	65.0
% Passing 0.075 mm Sieve	2.70	2	1.10	78.0
Effective asphalt binder content (Pbe)	4.9	4.3	5	n/a

الشكل التالي يبين محدودية الغبار في الخلطة الاسفلتية ومقارنته مع مواصفات السوبريف



شكل رقم (4): نسبة الغبار للمحاجر الثلاثة

4. الخاتمة

توصلت هذه الدراسة في مجملها ان محجر النهضة كان اقل احتياجاً للمادة الرابطة الاسفلتية حيث كانت نسبة الرابط الاسفلتي تشكل 5.3% من وزن الخلطة الإجمالي، وبلغت اعلى نسبة لمحجر إبراهيم مفتاح حيث بلغت

6.4% من وزن الخلطة الإجمالي، وكان كلا من نسبة الفراغات المعدنية للركام ونسبة الفراغات المملوءة بالأسفلت والكثافة القصوى للخلطة لجميع المحاجر مطابقة للمواصفات سوبربيف، كما ان النقص الكبير في المادة المائلة جعل من نسبة الغبار محدودة حسب المواصفات .

5. التوصيات

- 1- نوصي بإجراء اختبارات الأداء لكل الخلطات الحجمية التي تم تصميمها للمحاجر الثلاثة.
- 2- تم دراسة التركيب الكيميائي والمعدني للركام لكل محجر وبالتالي نوصي بالاستفادة من هذه الدراسة حيث بواسطة معرفة هذا التركيب يمكن الاستفادة منه في صناعات محلية غير تصنيع الركام المستخدم في رصف الطرق فيمكن الاستفادة من هذه الدراسة في صناعة السيراميك والزجاج وغيرها.
- 3- العمل على توفير المادة المائلة للمحاجر المختلفة بتوفير غطاء نباتي لحماية المادة المائلة من الرياح او توفير نوع اخر من الكسارة يعمل على طحن وتوفير كمية أكبر من المادة المائلة.
- 4- مواكبة التطور الحاصل في هذا المجال حيث ان العديد من دول العالم تستخدم طريقة السوبربيف.

المراجع

- [1] احمد حسن مختار. قياس ودراسة حرارة الرصف بشمال ليبيا. رسالة ماجستير. جامعة طرابلس قسم الهندسة المدنية. ربيع 2008
- [2] مصلحة الطرق والجسور -دراسة تحديد المادة الرابطة الاسفلتية في ليبيا -المرحلة الثالثة (النهائي)-اغسطس 2010
- [3] Edition Printina . Superpave Mix Design. *Asphalt Institute*. Superpave Series N0.2 Third .2001
- [4] المملكة العربية السعودية. المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية لتصميم الخلطات الاسفلتية بالطريقة الحجمية. سنة 2000 ف.