مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

تعديل الخلائط البيتومينية الإسفلتية المستخدمة في محافظة اللاذقية بالمطاط المدور من إطارات السيارات

الدكتورة رناء درويش أحمد*
الدكتور رامي حنا **
فاتن فوز***

(تاريخ الإيداع 16 / 4 / 2014. قُبِل للنشر في 17/ 6 / 2014)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية تعديل الخلطات الإسفلتية المستخدمة في مدينة اللاذقية بالمطاط المدور من إطارات السيارات المطاطية المستهلكة، وذلك لتحسين أدائها. لقد أظهرت أبحاث عديدة حول العالم جدوا استخدامها.

شمل البرنامج الاختباري لهذا البحث استخدام بيتومين (60-70) ومطاط ناتج من تدوير الإطارات المطاطية التالفة الناتجة عن العربات السياحية وبعمر أقل من 5 سنوات ، علماً أنه تم استخدام تركيبين حبيين من أقطار حبيبات فتات المطاط وبنسب وزنية مختلفة (5-10-15)% و (2-3-4-5)‰ من البيتومين، وتم استخدام جهاز (ARMATEST) في عملية مزج فتات المطاط مع البيتومين وفق بارامترات محددة . كما أجريت مجموعة من التجارب لتحديد خواص البيتومين المعدل بالمطاط المدور وغير المعدل ، وتم تصميم خلطات بيتومينية عند نسب مختلفة من المطاط ، ومن ثم عولجت نتائج التجارب باستخدام برنامج الإكسل. لقد بينت التجارب أنه ومع زيادة نسبة المطاط يتناقص الغرز والاستطالة وترتفع نقطة التميع ، كما أظهرت الخلائط الإسفلتية المعدلة بالمطاط زيادة في الثبات ونقصان في الانسياب عن الخليط غير المعدل.

الكلمات المفتاحية: فتات المطاط المُعدَّل للإسفلت، فتات المطاط المُعدَّل، الروابط البيتومينة المطاطية،الخلطات البيتومينية المضاف إليها مطاط، الاختبارات التقليدية.

* مدرس- قسم هندسة المواصلات والنقل -كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.
** أستاذ مساعد- قسم هندسة المواصلاتو النقل -كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.
*** طالبة دراسات عليا (ماجستير)- قسم هندسة المواصلاتو النقل -كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

Modified bituminous asphalt mixtures used in the province of Lattakia with recycled rubber from car tires

Dr. Rana Darweesh Ahmad*
Dr. Rami Hanna**
Faten Fouz***

(Received 16 / 4 / 2014. Accepted 17 / 6 / 2014)

□ ABSTRACT □

The aim of this research to study the possibility of modification of asphalt mixtures used in the city of Lattakia from recycled rubber tires, rubber consumingto improved its performance which research showed that many around the world on the feasibility of their use.

Theexperimental program included the test for this search using bitumen (60-70) and the output of recycled rubber tire damaged caused by tourist vehicles and under the age of 5 years, knowing that we used two different aggregate grading of diameters granulated rubber crumbs and different ratios grains (5-10-15)% and (2-3-4-5)‰of bitumen . It was the use of a (ARMATEST) in the process of blending bitumen with rubber crumbs according to specific parameters and conducted a series of experiments to determine the properties of recycled rubber modified bitumen and unmodified bituminous mixtures were designed when different ratios from rubber additives and processed the results of experiments using the Excel program.

Experiments showed that with the increase in the proportion of rubber the penetration and ductility decreased and softening point rise , showed rubber-modified asphalt mixtures increase in stability and decrease in the flow rate from the mixture of others.

Keywords: Modified crumb rubber, modified crumb rubber for bitumen , rubber bitumen binder, Rubber added bituminous mixtures, classical experiments.

*Assistant Professor- Department of Transportation Engineering- Faculty of Civil Engineering University - Tishreen - Lattakia– Syria
**Assistant Professor- Department of Transportation Engineering- Faculty of Civil Engineering University - Tishreen- Lattakia - Syria.
***Postgraduate student (Master)- Engineering Department of Transportation- Faculty of Civil Engineering University - Tishreen - Lattakia - Syria.

مقدمة:

مع تطور حركة المواصلات ونتيجة الكثافة المرورية المتزايدة المولدة للإجهادات الحاصلة على سطح الطريق ، فإن الحاجة دعت إلى البحث الدائم والمستمر عن مواد جديدة مقاومة لتأثير العوامل المناخية والديناميكية التي يتعرض لها الطريق، وخاصةً في الطبقات العلوية (طبقات التغطية البيتومينية) التي يجب أن تؤمن المقاومة الكافية تجاه هذه العوامل والحماية اللازمة لطبقات الرصف الأدنى وبما أن البيتومين هو أحد المواد الأساسية الداخلة في تشكيل الخلطات البيتومينية كان لابد من التركيز على طرق جديدة لتحسين خواص الرابط البيتوميني ، ومن ثم تعديل الخلطات البيتومينية وتحسين أدائها، وذلك باستخدام العديد من الإضافات مثل الكلس –البوليميرات – المطاط– الأمينات وغيرها.

تمت تجربة استخدام الخلطات البيتومينية الإسفلتية المعدلة بالمطاط منذ القدم ، واستخدمت لأول مرة في هولندا سنة 1929، وفي الولايات المتحدة الأمريكية عام 1947 بولاية أوهايو[1] وأعطت نتائج جيدة ،وقام كارلوس ماكدونالد في مدينة فينيكس أريزونا في 1960 و1970بالعمل على نطاق واسع بالبيتومين والمواد المطاطية ، وكانت ذات دور فعال في تطوير الطريقة الرطبة لإنتاج البيتومين المعدل بالمطاط ، (التي سميت طريقة ماكدونالد أيضاً بالعملية الرطبة وهي إضافة المطاط كنسبة مئوية من وزن البيتومين)، وكان كارلوس ماكدونالد أول من استخدم البيتومين المعدل بالمطاط في الخلائط الحارة وفي تنفيذ المعالجات السطحية عند ترميم الأغطية الطرقية وصيانتها . وبحلول عام 1995 كانت مدن ولاية كاليفورنيا ومقاطعاتها قد نفذت أكثر من 400 مشروع طرقي من الإسفلت المعدل بالمطاط[2].

لقد زاد استخدام المطاط في خلطات البيتومين ازدياداً كبيراً حول العالم في السنوات الأخيرة ، وقد استخدمت بنجاح في بناء الأرصفة وصيانتها وإعادة تأهيلها وذلك في الولايات المتحدة وأوروبا لأكثر من 30 عام وقد ذكر أن العديد من الطرق كانت بحالة جيدة بعد عدة سنوات من الخدمة بالمقارنة مع الرصف التقليدي . و منذ عام 1997 فإن 20% من الطرق في USA تبنى من الرصف المحسن باستعمال الإطارات المدورة ، فهي أفضل من الناحية الاقتصادية والبيئية. [3] .

وتظهر الجدوى من عملية تعديل الخلائط البيتومينية بالإضافات في دراسات عديدة ومن أهمها ما قدمه بحث تم إجراؤه في تركيا، حيث تمت فيه المقارنة بين إضافات فتات المطاط و مادة كيميائية SBS لتعديل خصائص البيتومين والخلطات البيتومينية، فاستخدم في البحث البيتومين بصنف B(220–160) مع نسب من المطاط المضاف، الذي كان محور البحث فيه تعديل الخلطات البيتومينية وبنسب (4–6–8–10)%، حيث تظهر نتائج البحث في الجدول (1).

الجدول(1) نتائج تجارب بحث تم إجراؤه في تركيا تمت فيه المقارنة بين فتات المطاط وSBS المعدلين للبيتومين وللخلطات البيتومينية[4]

Physical properties of the mixtures.

نوع المزيج	حرارة الخلط (°C)	حرارة الرص. (°C)	الفراغات الهوائية Va(%)	فراغات المواد الحصوية Vma(%)	الفراغات المليئة بالبيتومين Vf(%)	الثبات(kN)	الانسياب(mm)
بدون تعديل	145	130	4.07	14□90	72.64	17.1	2.89
4%CR(فتات مطاط)	168	154	4.17	15.33	72.76	17.3	2.73

6%CR	178	165	4.16	15.30	72.78	18.4	2.68
8%CR	191	178	4.14	15.27	72.85	19.0	2.71
10%CR	202	189	4.12	15.23	72.94	19.2	2.64
2%SBS(كيميائية)	165	151	4.08	15.00	72.75	17.6	2.92
3%SBS	1□4	162	4.09	15.01	72.74	18.2	2.68
4%SBS	185	173	4.13	15.06	72.52	19.3	2.87
5%SBS	191	179	4.10	15.05	72.72	21.3	3.04

نلاحظ زيادة في الثبات وتناقص في الانسياب للخلطات البيتومينية المعدلة بالمقارنة مع الخلطة البيتومينية غير المعدلة ، كما نلاحظ أن الزيادة في الثبات والنقصان للانسياب كان مترافقاً بشكل تدريجي مع زيادة نسبة المطاط المضاف. [4]

إلا أن التجارب المتعلقة بتعديل الخلائط الإسفلتية بالمطاط لا تزال بعيدة عن الاختبار والتطبيق العملي في بلدنا بشكل عام وفي مدينة اللاذقية بشكل خاص .

أهمية البحث وأهدافه :

تعاني بعض الخلائط البيتومينية التقليدية من قلة ديمومتها وقصر عمرها التصميمي ، كما إن الإضافات إليها ما تزال قليلة التجربة في بلدنا. وبسبب قلة الموارد المتاحة والكلفة المرتفعة للمواد المضافة الجديدة جاءت الدوافع لاستكشاف البدائل في مجال بناء الطرق، حيث إن الإطارات المطاطية التالفة منتشرة على نطاق واسع في بلدنا و تتوزع عشوائياً في مكبات النفايات العامة ولدى ورش إصلاح الإطارات . كما أن استخدام هذه الإطارات التالفة كمادة مضافة إلى الخلائط البيتومينة له فوائد مضاعفة في التخلص من هذه النفاية التي تشكل عبئاً ثقيلاً على البيئة وعلى الهيئات المختصة ، بالإضافة إلى تحقيق الاستدامة الاقتصادية بخفض تكلفة بناء الطرق وصيانتها.

نهدف في بحثنا إلى إيجاد منهجية مناسبة لاستخدام مادة المطاط المدورة من الإطارات المطاطية المستهلكة (المطاط المدور الناتج عن نفايات الإطارات المطاطية)في إنتاج خلطات بيتومينية جديدة تؤدي إلى تحسين أدائها وزيادة ديمومتها وترتيب ما ينتج عنها من وفر اقتصادي وحماية للبيئة في مدينة اللاذقية .

طرائق البحث ومواده :

تم استخدام جهاز الاستطالة للبيتومين، وجهاز درجة الغرز، وجهاز نقطة التميع؛ وذلك في مخبر المواصلات في كلية الهندسة المدنية ، وكذلك جهاز مارشال في مخبر مجلس مدينة اللاذقية أما مواد البحث الأساسية فكانت بيتومين (60-70) ناتج مصفاة بانياس، ومواد حصوية تم إحضارها من إحدى المجابل المعتمدة في محافظة اللاذقية، و مطاط ناتج من تدوير إطارات السيارات المطاطية.

-القسم العملي

1 -إحضار عينات المواد الداخلة في تشكيل الخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط وغير المعدلة.

- تم إحضار عينات بيتومين (60-70) ناتج مصفاة بانياس وفق المواصفات ASTM.D-140، بحيث تكون ممثلة بشكل صحيح للبيتومين المنتج في سورية، فوفقاً لـ (Western Research Institute) (WRI) معهد البحوث العلمية فإن نوع الإسفلت الخام هو المتغير الأكثر أهمية و المؤثر على الخصائص الفيزيائية لـ الإسفلت المُعدَّل بفتات المطاط (CRMAs) . [5]
- تم إحضار حصويات من إحدى مجابل الإنشاءات العسكرية العاملة في محافظة اللاذقية.
- تم الحصول على فتات المطاط من جلخ عدة إطارات مطاطية عائدة لسيارات سياحية ذات عمر أقل من 5 سنوات.

2-إجراء التجارب التوصيفية للمواد الداخلة في تشكيل الخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط المدور وغير المعدلة .(بيتومين – حصويات – مطاط).

1-تحديد خواص البيتومين الأولية (البيتومين AB):

نبين في الجدول (2) نتائج التجارب التوصيفية للبيتومين غير المعدل :

الجدول (2) نتائج التجارب التوصيفية للبيتومين غير المعدل

الغرز (Penetration Test):C°25 mm×0.1	65.78
الاستطالة أو الممطولية للبيتومين (Ductility Test):(cm)	124.67
نقطة التميع (Softening Point Test): (c◦)	52.05
النقص في الوزن (LOSS On Heating): (gr)	0.4
نقطة الوميض والاشتعال (Flash and Fire Point rest):c°	درجة الوميض 305c° ودرجة الاشتعال 310c°

2- تحديد خواص الحصويات المستخدمة في تصميم الخلطات البيتومينية الأولية والمعدلة:

تم إحضار المواد الحصوية المستخدمة في الخلطة الاسفلتية من أحد المجابل البيتومينية في محافظة اللاذقية، ونبين فيما يأتي نتائج اختباراتها التوصيفية الوسطية لها :

- التحليل الحبي (Grain Size Analysis):

تم إجراء تجارب التحليل الحبي على الحصويات المحضرة وتمت مقارنة النتائج مع الحزمة النظامية لمواد طبقة الاهتراء المنصوص عنها بالمواصفات الصادرة عن وزارة المواصلات في الجمهورية العربية السورية لعام2002 .[6]

نبين على الشكل رقم (1) نتائج التحليل الحبي للحصويات المستخدمة في الخلطة البيتومينية الإسفلتية :

الشكل (1) – منحني التركيب الحبي للحصويات المستخدمة في الخلطة

نجد أن منحني التحليل الحبي يقع ضمن الحزمة النظامية ، ومن ثم فالمواد الحصوية تحقق التدرج الحبي المطلوب.

– تجربة لوس أنجلوس (Los Angeles Test):

ومن تجربة التحليل الحبي تبين أن التركيب الحبي للمواد الحصوية من النموذج (B)، فكانت قيمة عامل لوس أنجلوس: K= 24.8 %

وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية السورية نجد أن المواد الحصوية تصلح للاستخدام في الطبقة السطحية.

– تجربة المكافئ الرملي (Sand Equivalent):

الجدول (3) نتائج تجربة المكافئ الرملي للمواد الداخلة في تصميم الخلطة

أرقام الأنابيب	1	2	3
المكافئ الرملي SE%	80.39	86.86	83.33
المكافئ الرملي الوسطي %	83.53		

نجد أن قيمة المكافئ الرملي محققة حيث إنها من أجل الطبقة السطحية يجب أن لا تقل عن (45–50)%

– تجربة الوزن النوعي الظاهري للحصويات (Apparent Specific Gravity):

الجدول (4) نتائج تجربة الوزن النوعي للحصويات

رقم العينة	1	2
الوزن النوعي عند الدرجة 20	2.679	2.777
الوزن النوعي الوسطي =2.728		

نجد أن الوزن النوعي محقق ويقع ضمن القيم (2.6–2.9).

3– إعداد برادة المطاط (المطاط المدور من الإطارات)

بعد جلخ إطارات المطاط في ورشة خاصة تم إحضار العينات إلى مخبر المواصلات في جامعة تشرين وذلك لاختبار توزع أقطار الحبيبات بنخلها على سلسلة المناخل الخاصة، وفق المواصفة(115) ASTM D ويبين الجدول رقم (5) الحزمة المطلوبة لتوزع حبيبات المطاط .

الجدول (5) حزمة التركيب الحبي المطلوب من فتات المطاط المدور وفق المواصفة(1151) ASTM D

قياس المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل
(N8)2.36 mm	100
(N10) 2.00 mm	95 –100
(N30) 0.6 mm	0 – 10
(N50) 0.3 mm	0 – 2

تم في هذه الدراسة اختيار تركيبين حبيين مختلفين من فتات المطاط :

التركيب الحبي الأول : المار من المنخل 0.3 (N50)

التركيب الحبي الثاني:المار من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على 0.3 mm (N50)

3–إعداد عينات اختبار البيتومين المعدل بالمطاط:

أولاً: تم اختيار نسب وزنية من فتات المطاط مقدارها (5–10–15) % من وزن البيتومين، علماً أن التركيب الحبي لفتات المطاط يقابل المار من المنخل 0.3 (N50) .

ثانياً :تم تعديل نسب فتات المطاط لتصبح (2–3–4–5)‰ بالوزن من البيتومين وتم استخدام (تركيبين حبيين) لفتات المطاط : التركيب الأول المار من المنخل 0.3 mm (N50)

التركيب الثاني المار من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على 0.3 mm (N50)

طريقة مزج فتات المطاط عند كل نسبة مع البيتومين:

قمنا بمزج البيتومين والمطاط في جهاز الارماتيست حيث تم تسخين البيتومين في البداية إلى الدرجة 180 درجة مئوية ، ومن ثم تمت إضافة فتات المطاط تدريجياً إلى الإسفلت مع المادة الممددة(زيت سيارات محروق) بنسبة 2.5% من وزن الخليط ،على أن يتم الخلط لمدة 45 دقيقة .

وتم ترميز كافة عينات البيتومين المعدلة بالمطاط والمستخدمة في هذا البحث بالرموز الآتية:

AB: يشير إلى بيتومين (60–70) ناتج مصفاة بانياس

AB5 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 5% مطاط

AB10: يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 10% مطاط AB15 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 15%مطاط

الشكل (2) – جهاز خلط البيتومين مع المطاط

AB2,1: يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 2‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من 0.3 mm (N50).

AB3,1 : يشير إلى البيتومين(60–70) مضاف إليه 3‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من 0.3 mm (N50).

AB4,1 : يشير إلى البيتومين (60–70)مضاف إليه 4‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من 0.3 mm (N50).

AB5,1 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 5‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من المنخل (N50) 0.3 mm.

AB2,2: يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 2‰مطاط أقطار حبيباته مارة من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على 0.3 mm (N50) .

AB3,2 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 3‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على 0.3 mm (N50) .

AB4,2 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 4‰ مطاط أقطار حبيباته مارة من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على0.3 mm (N50) .

AB5,2 : يشير إلى البيتومين (60–70) مضاف إليه 5‰مطاط أقطار حبيباته مارة من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على 0.3 mm (N50) .

4–الاختبارات على البيتومين المعدل بنسب مختلفة من المطاط ومعالجة النتائج .

ركزنا في هذا البحث على تعديل الخلطات البيتومينية من مبدأ تعديل مادة البيتومين الداخلة في صناعة الخلطة البيتومينية الإسفلتية ، وسنستعرض فيما يأتي مراحل اختبار البيتومين وتعديله.

1– تحديد خواص البيتومين بعد إضافة المطاط بالنسب (5–10–15)%

–تمت إضافة المطاط إلى البيتومين بنسبة (5–10–15)% من وزن البيتومين ومن ثم قمنا بإجراء تجربة الغرز في الدرجة 25، وتجربة الاستطالة، وتجربة نقطة التميع وفق اختبار الكرة والحلقة؛ ونوضح في الجدول (6) نتائج تجربة الغرز للبيتومين المعدل بالمطاط المدور.

الجدول (6) نتائج تجربة الغرز بدرجة حرارة25 °C للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب (5-10-15)%

العينة	AB			AB5			AB10			AB15		
الوسطي لثلاث قراءات%	66.33	65.0	66.0	43.33	47.0	44.33	35.33	39.67	37.67	32.67	29.67	31.67
الوسطي الكلي%	65.78			44.87			37.57			31.37		

الشكل (3)- قيم درجة الغرز للبيتومين الموافقة لتغير نسبة المطاط

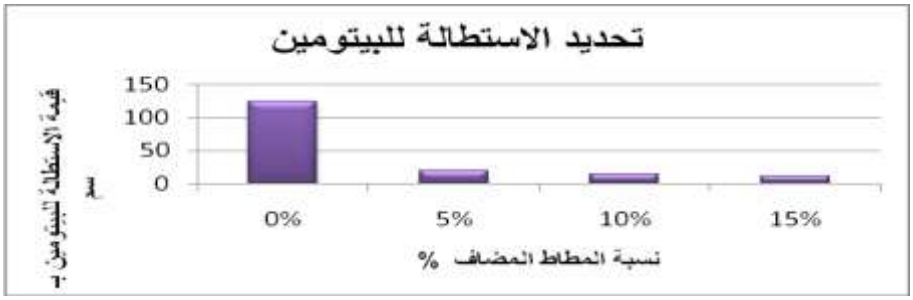
من الشكل رقم (3) أعلاه نجد أن درجة الغرز للبيتومين المعدل تناقصت بشكل كبير بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل، حيث انخفضت قيم الغرز من المجال (60-70) إلى المجالين (30-40)و(40-50). وبلغت نسبة انخفاض الغرز (31و42.9و52)% المقابلة لنسب فتات المطاط المضافة (5و10و15)% على التوالي ، وكانت هذه النتيجة مماثلة لنتائج أبحاث عديدة ومختلفة ، ففي بحث تم إجراؤه في ماليزيا كان البيتومين المستعمل تصنيف (80-100) وكانت نسبة المطاط المضاف (20-16-12-8-4)%من وزن البيتومين ، حيث أظهرت نتائج اختبار الغرز للبيتومين المعدل انخفاضاً في قيم الغرز مع زيادة نسبة المطاط ، وكان الانخفاض في قيمة الغرز (61-16.5)% لفتات المطاط (4-20)%على التوالي.[7]

-تحديد الاستطالة(الممطولية) للبيتومين:يبين الجدول (7) **نتائج تجربة الاستطالة للبيتومين المعدل بالمطاط.**

الجدول (7) نتائج تجربة الاستطالة للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب (5-10-15)%

العينة	AB	AB5	AB10	AB15
وسطي الاستطالة:cm	124.7	20	14.7	11

أما الشكل رقم (4) فيبين تغير قيم الاستطالة للبيتومين حسب نسب إضافات المطاط المختلفة التي تمت الإشارة إليها سابقاً.



الشكل (4) - قيم الاستطالة للبيتومين الموافقة لتغير نسبة المطاط المضافة للبيتومين

من الشكل (4) أعلاه نجد انخفاض قيمةِ الاستطالةِ بشكل كبير جداً لعينات البيتومين المعدل بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل ،كما أن البيتومين اكتسب قساوة كبيرة، وتناقصت قيمة الاستطالة للعينات المعدلة بشكل تدريجي مع زيادة نسبة فتات المطاط ، وكانت قيمة تناقص الاستطالة مابين (84و91)% المقابلة لنسبة فتات المطاط (5و15) % على التوالي، وهناك فرق بسيط في انخفاض الممطولية لا تتجاوز 7% عند الانتقال من نسبة مطاط 5% إلى النسبة 15%. وفي بحث مشابه تم إجراؤه في ماليزيا استخدم المطاط في تعديل بيتومين (80-100) ، فأظهرت النتائج في اختبار الاستطالة تناقص قيمة الاستطالة للبيتومين المعدل بشكل تدريجي مع زيادة نسبة فتات المطاط ، وكانت قيمة التناقص بحوالي (18-57)% لنسبة البيتومين (4-20)%على التوالي. [7]

– تحديد نقطة التميع وفق اختبار الكرة والحلقة:يبين الجدول (8) نتائج تجربة نقطة التميع للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب المذكورة أعلاه.

الجدول (8)نتائج تجربة نقطة التميع للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب (5-10-15)%

العينة	AB		AB5		AB10		AB15	
	52.6	51.5	60.7	60.3	62.7	64	66.3	65.9
الوسطي	52.05		60.5		63.35		66.1	

الشكل (5) – قيم نقطة التميع للبيتومين الموافقة لتغير نسبة المطاط

من المخطط نجد أن درجة نقطة التميع ارتفعت مع زيادة نسبة المطاط ؛ وهذا يدل على أن البيتومين أصبح أكثر قساوة، حيث ارتفعت درجة التميع بمعدل (16.2و 26.9)% والموافقة لنسب فتات المطاط المضافة (5و15)%على التوالي .

2- تحديد خواص البيتومين بإضافة المطاط بالنسب(2-3-4-5)‰ وزنا وفق للتركيب الحبي الأول لفتات المطاط:

بسبب الانخفاض الكبير في درجة الغرز عند إضافة المطاط بالنسب (5-10-15)% حاولنا البحث تجريبياً عن نسب أخرى بحيث تبقى درجة الغرز للبيتومين ضمن المجال (60-70) وهو مجال استخدام البيتومين في سورية.فاخترناالنسب التالية (2-3-4-5)‰.و تجدر الإشارة إلى الدور الرئيسي الذي تؤديه درجة حرارة ومدة المزج في نقصان درجة الغرز و إكساب البيتومين القساوة.

– تحديد درجة الغرز للبيتومين المعدل بدرجة حرارة C°25 mm×0.1: أخذت 3عينات وفق كل نسبة من المطاط وتم إجراء ثلاث قراءات على كل عينة بشرط التباعد بين كل قراءة و أخرى Cm1،ثم أخذ القراءة الوسطية بالاعتبار.

– تحديد الاستطالة للبيتومين Cm: تم أخذ الوسطي لثلاث عينات وفق كل نسبة من المطاط.

– تحديد نقطة التميع وفق اختبار الكرة والحلقة: تم أخذ الوسطي لعينتين وفق كل نسبة من المطاط.

الجدول (9)نتائج تجربة الغرز وتجربة الاستطالة وتجربة نقطة التميع للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب(2–3–4–5)‰ وفق التركيب الحبي الأول

عينة البيتومين المعدلة بالمطاط	AB	AB2,1	AB3,1	AB4,1	AB5,1
الوسطي لقيم الغرز	65.78	64.2	62.89	62	60.89
الوسطي لقيم الاستطالة،cm	124.7	105.3	101	96.7	86.3
الوسطي لقيم نقطة التميع	52.05	52.6	53.45	53.5	53.85

3– تحديد خواص البيتومين بعد إضافة المطاط بالنسب(2–3–4–5) ‰ وفق التركيب الحبي الثاني لفتات المطاط:

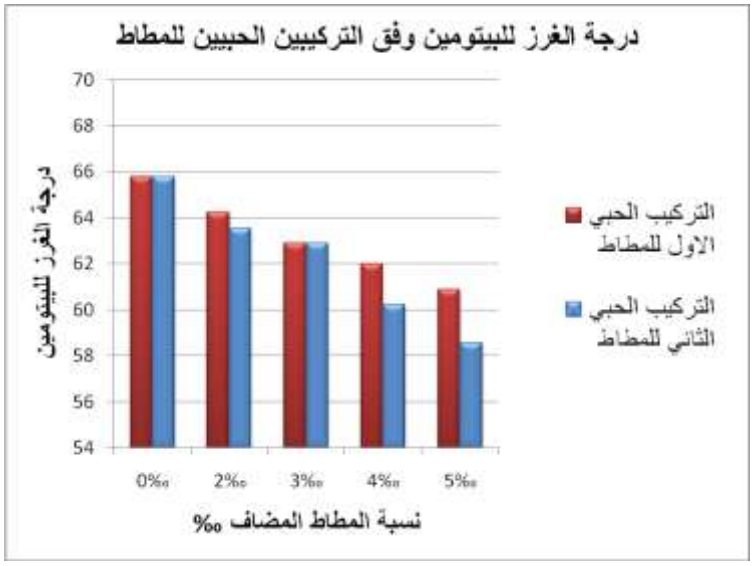
قمنا بتحديد درجة الغرز والاستطالة ونقطة التميع للبيتومين بعد إضافة المطاط بالنسب(2–3–4–5) ‰ وفق التركيب الحبي الثاني لفتات المطاط وأخذ الوسطي للعينات المحددة.

الجدول (10)نتائج تجربة الغرز وتجربة الاستطالة وتجربة نقطة التميع للبيتومين المعدل بالمطاط بالنسب(2–3–4–5)‰ وفق التركيب الحبي الثاني

العينة	AB	AB2,2	AB3,2	AB4,2	AB5,2
الوسطي لقيم الغرز	65.78	63.56	62.89	60.22	58.56
الوسطي لقيم الاستطالة ،cm	124.7	100.3	96.7	94.3	83.7
الوسطي لقيم نقطة التميع	52.05	52.9	53.5	55.3	56.1

4– مقارنة بين خواص البيتومين غيرالمعدل و البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الأول والتركيب الحبي الثاني لفتات المطاط .

1– درجة الغرز للبيتومين



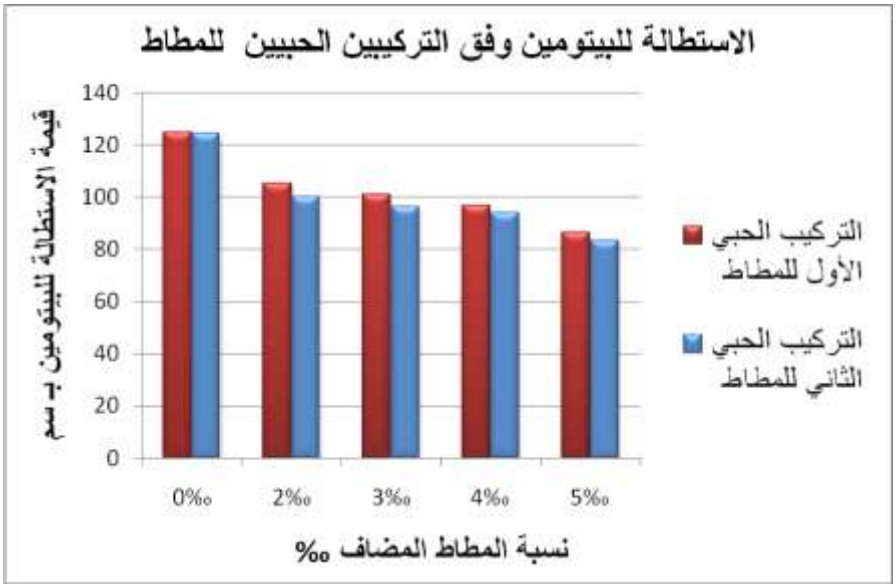
الشكل (6) – مقارنة قيم درجة الغرز للبيتومين المعدل وفق التركيبين الحبيين والنسب المختلفة للمطاط

من الشكل (6) نجد انخفاضَ قيم الغرز للبيتومين المعدل بالمطاط بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل.

نلاحظ أن البيتومين المعدل بالمطاط وفقَ التركيب الحبي الأول للفتات يعطي قيم غرز أعلى من البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الثاني عند النسبة المضافة من المطاط نفسها.

نلاحظ تماثلاً في قيم الغرز للبيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيبين الحبيين الأول والثاني عند نسبة المطاط 3‰.

2- الاستطالة للبيتومين

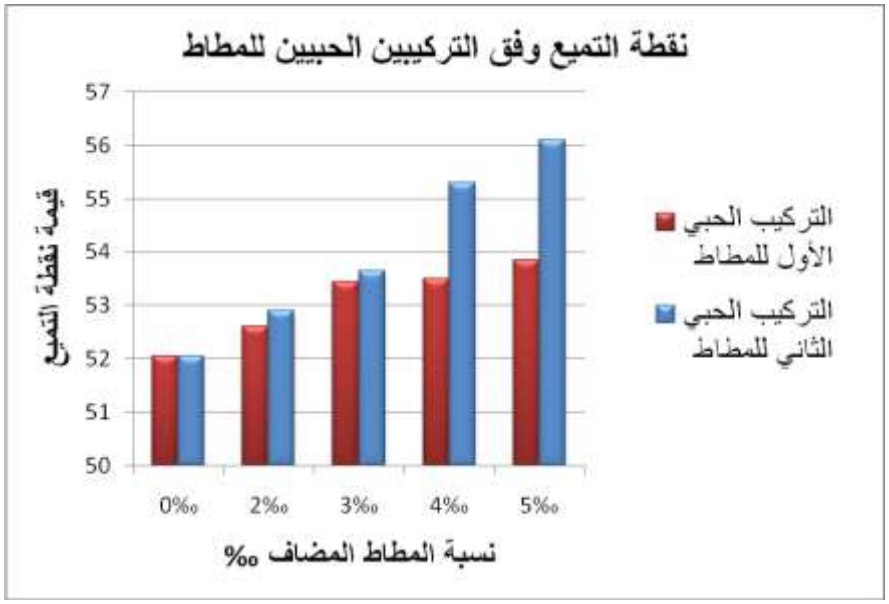


الشكل (7) – مقارنة قيم الاستطالة للبيتومين المعدل وفق التركيبين الحبيين والنسب المختلفة للمطاط

من الشكل (7) نجد انخفاض قيم الاستطالة للبيتومين المعدل بالمطاط بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل.

نلاحظ أن البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الأول لفتاته يعطي قيم استطالة أعلى من البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الثاني عند النسبة المضافة من المطاط نفس ها، كما نلاحظ تماثلاً في قيمة الاستطالة للبيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الأول عند النسبة 4‰ مع قيمة الاستطالة للبيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الثاني عند النسبة 3‰.

3- نقطة التميع



الشكل (8) – مقارنة قيم نقطة التميع للبيتومين المعدل وفق التركيبين الحبيين والنسب المختلفة للمطاط

من الشكل (8) نجد ارتفاعاً في قيم نقطة التميع للبيتومين المعدل بالمطاط بالمقارنة مع البيتومين غير المعدل.

نلاحظ أن البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الأول يعطي قيماً لنقطة التميع أقل من البيتومين المعدل بالمطاط وفق التركيب الحبي الثاني عند النسبة المضافة من المطاط نفسها ، وذلك لأنه مع زيادة النعومة تتشتت حرارة التميع بشكل أسرع منها للمواد الخشنة مع تأثر أكبر للحبيبات الناعمة بالحرارة عن الحبيبات الخشنة.

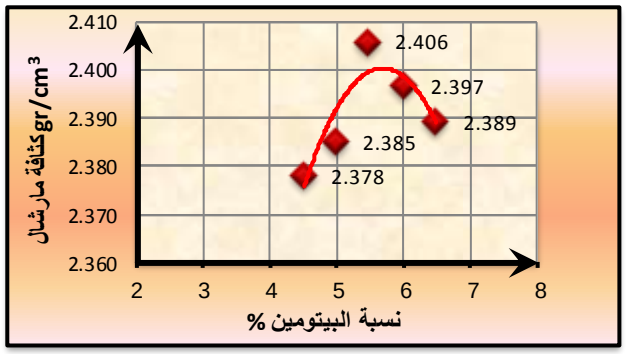
5- تصميم الخلطات البيتومينية الإسفلتية

5-1- تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام بيتومين 60-70 غير المعدل :

نبين في الجدول رقم (11) نتائج خطوات تصميم الخلطة الاسفلتية باستخدام طريقة مارشال والبيتومين غير المعدل وذلك باستخدام نسب مختلفة من البيتومين الى الخلائط الحصوية.

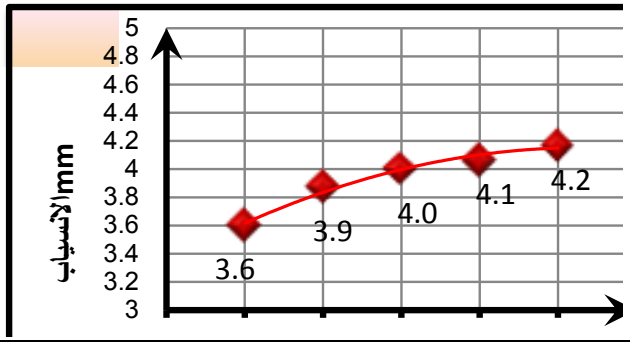
الجدول (11)تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين غير المعدل (مرحلة استخلاص نسب الإسفلت المثالية)

نسبة البيتومين %	كثافة مارشال gr/cm^3	الكثافة النظرية gr/cm^3	النسبة المئوية للفراغات " % "			ارتفاع العينة cm	عامل التصحيح	الثبات " kg "		الانسياب mm
			الفراغات "Vma"	الفراغات الهوائية "Va"	الفراغات المليئة بالبيتومين "vb"			المقاس	المصحح	
4.5	2.377	2.539	16.885	6.364	62.309	6.4	0.988	1189	1141.44	3.8
4.5	2.381	2.540	16.728	6.286	62.423	6.5	0.963	1265	1180.245	3.1
4.5	2.377	2.537	16.934	6.324	62.652	6.5	0.963	1215	1133.595	3.9
المتوسط	2.378	2.539	16.849	6.325	62.462			1223	1151.760	3.6
5	2.357	2.519	18.028	6.426	64.357	6.3	1.013	1295	1311.835	4.1
5	2.393	2.521	16.741	5.069	69.718	6.4	0.988	1174	1127.04	3.7
5	2.406	2.521	16.284	4.590	71.816	6.4	0.988	1240	1190.4	3.8
المتوسط	2.385	2.520	17.018	5.362	68.630			1236.3	1209.76	3.9
5.5	2.405	2.502	16.757	3.882	76.831	6.5	0.963	1216	1134.528	3.9
5.5	2.410	2.502	16.557	3.688	77.728	6.5	0.963	1325	1236.225	4
5.5	2.403	2.501	16.827	3.912	76.754	6.5	0.963	1368	1276.344	4.1
المتوسط	2.406	2.502	16.713	3.827	77.104			1303	1215.699	4.0
6	2.379	2.480	18.141	4.096	77.420	6.4	0.988	1160	1113.6	4.8
6	2.396	2.482	17.503	3.442	80.336	6.4	0.988	1158	1111.68	3.8
6	2.415	2.482	16.860	2.715	83.900	6.3	1.013	1205	1220.665	3.6
المتوسط	2.397	2.481	17.501	3.417	80.552			1174.3	1148.648	4.1
6.5	2.408	2.464	17.503	2.270	87.031	6.3	1.013	982	994.766	4.3
6.5	2.369	2.462	18.907	3.780	80.009	6.3	1.013	1073	1086.949	3.9
6.5	2.391	2.464	18.121	2.948	83.729	6.4	0.988	1142	1096.32	4.3
المتوسط	2.389	2.463	18.177	2.999	83.590			1065.7	1059.345	4.2

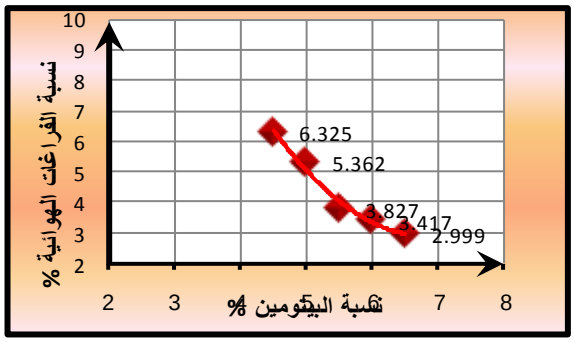


الشكل (9) – تغير الكثافة بتغير نسبة البيتومين غير المعدل

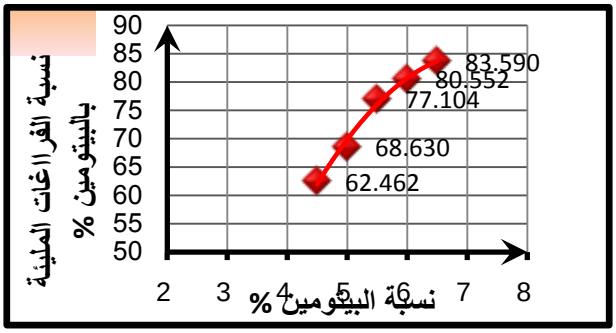
الشكل (10) – تغير الثبات بتغير نسبة البيتومين غير المعدل



الشكل (11) – تغير الانسياب بتغير نسبة البيتومين غير المعدل



الشكل (12) – تغير نسبة الفراغات الهوائية بتغير نسبة البيتومين غير المعدل



الشكل (13) – تغير نسبة الفراغات المليئة بالبيتومين بتغير نسبة البيتومين غير المعدل

من النتائج والأشكال السابقة النسبة المثالية للبيتومين غير المعدل =5.48%

5-2- تصميم الخلطة البيتومينية باستخدام بيتومين معدل بالمطاط بنسبة (5-10-15)وفق التركيب الحبي الأول

نبين في الجدول رقم (12) نتائج خطوات تصميم الخلطة الإسفلتية باستخدام طريقة مارشال والبيتومين المعدل بالمطاط بنسبة 5%وذلك باستخدام نسب مختلفة من البيتومين إلى الخلائط الحصوية، حيث تم وضع القيم المتوسطة الناتجة عند كل نسبة بيتومين.

الجدول (12)تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين المعدل بنسبة 5% مطاط (مرحلة استخلاص نسب الإسفلت المثالية)

نسبة المطاط	نسبة البيتومين%	كثافة مارشال "gr/cm^3 "	الفراغات الهوائية"Va"	الفراغات المليئة البيتومين"vb"	الثبات المقاس " kg "	الثبات المصحح kg " "	الانسياب mm
%5	4.5	2.331	8.214	55.565	2042	1890.143	2.933
	5	2.347	6.862	62.646	2221	2018.585	3.4
	5.5	2.356	5.811	68.591	2964	2792.412	3.8
	6	2.367	4.600	75.184	2843.667	2653.141	4.0
	6.5	2.366	3.972	79.076	2322.667	2132.846	4.1

نبين في الجدول رقم (13) نتائج خطوات تصميم الخلطة الإسفلتية باستخدام طريقة مارشال والبيتومين المعدل بالمطاط بنسبة 10%وذلك باستخدام نسب مختلفة من البيتومين إلى الخلائط الحصوية.

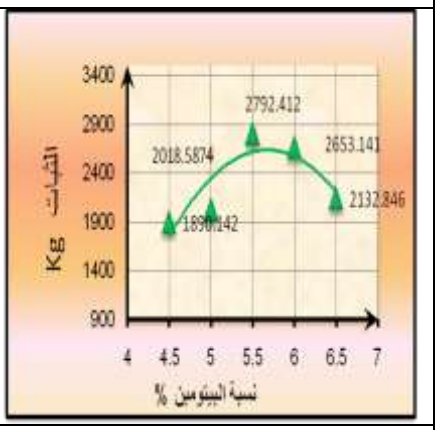
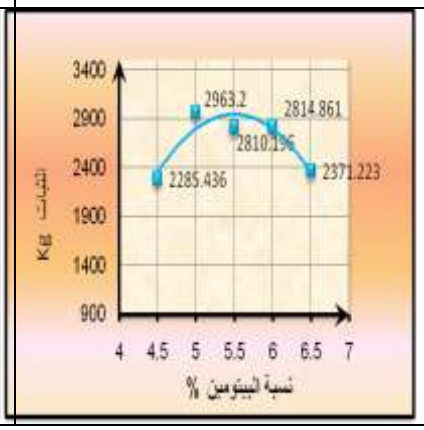
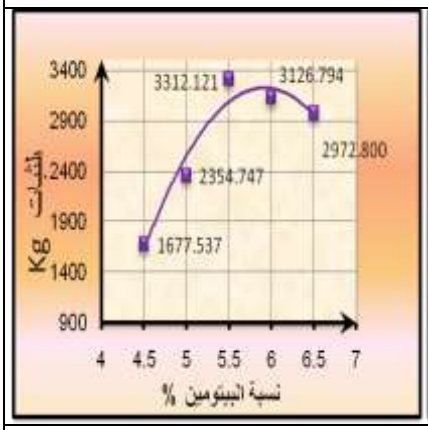
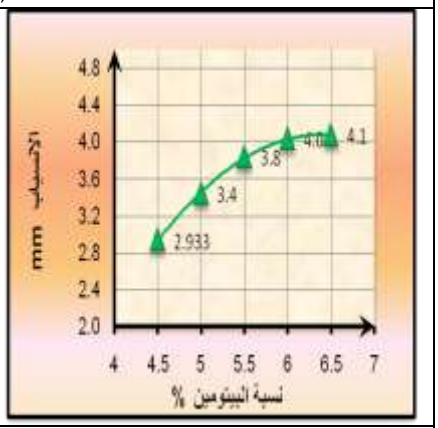
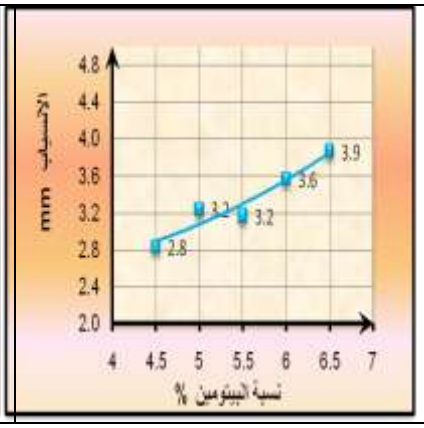
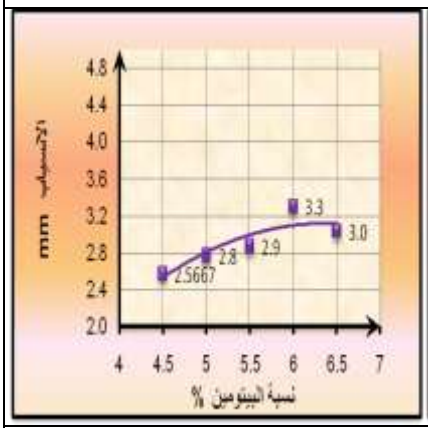
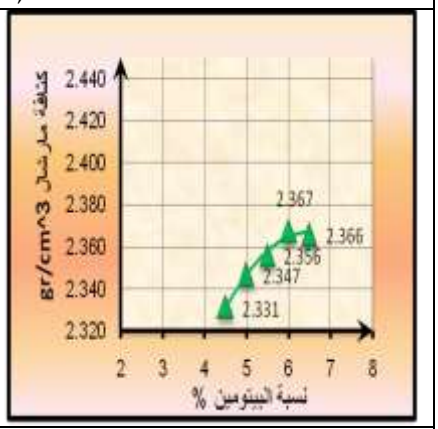
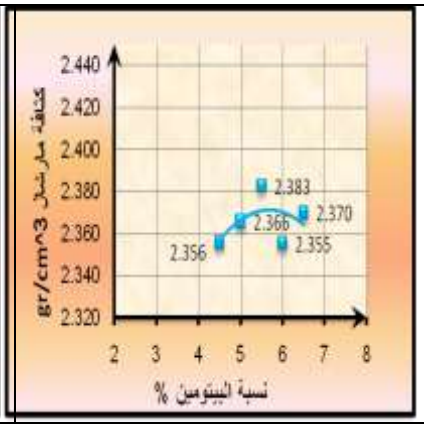
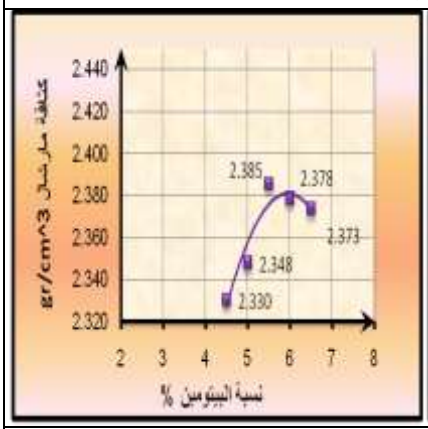
الجدول (13)تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين المعدل بنسبة 10% مطاط (مرحلة استخلاص نسب الإسفلت المثالية)

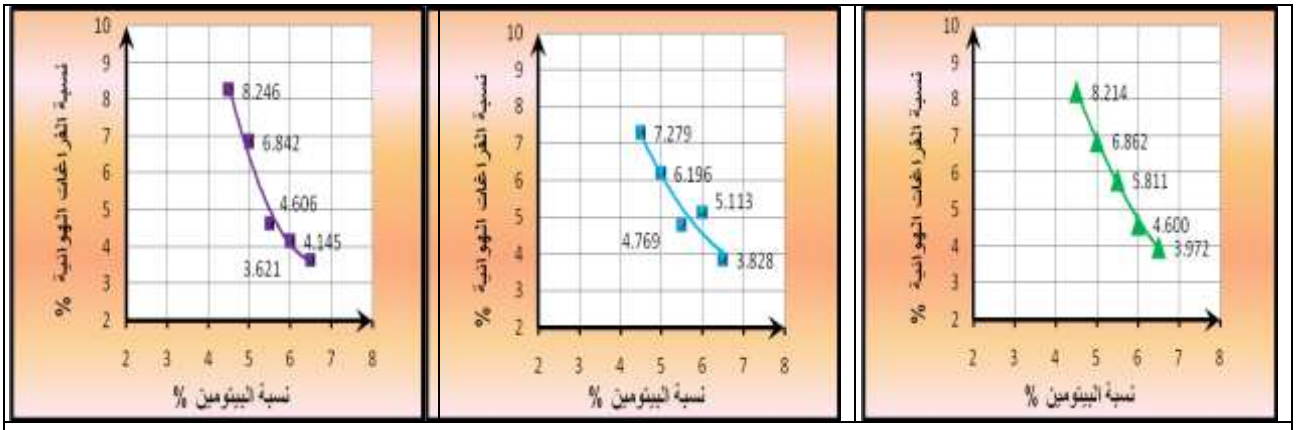
نسبة المطاط	نسبة البيتومين%	كثافة مارشال " gr/cm^3 "	الفراغات الهوائية "Va"	الفراغات المليئة البيتومين "vb"	الثبات المقاس " kg "	الثبات المصحح " kg "	الانسياب mm
%10	4.5	2.356	7.279	58.650	2517	2285.436	2.8
	5	2.366	6.196	64.934	3086.667	2963.2	3.2
	5.5	2.383	4.769	72.798	3012	2810.196	3.2
	6	2.355	5.113	72.961	3017	2814.861	3.6
	6.5	2.370	3.828	79.680	2564.333	2371.223	3.9

نبين في الجدول رقم (14) نتائج خطوات تصميم الخلطة الإسفلتية باستخدام طريقة مارشال والبيتومين المعدل بالمطاط بنسبة 15%وذلك باستخدام نسب مختلفة من البيتومين إلى الخلائط الحصوية.

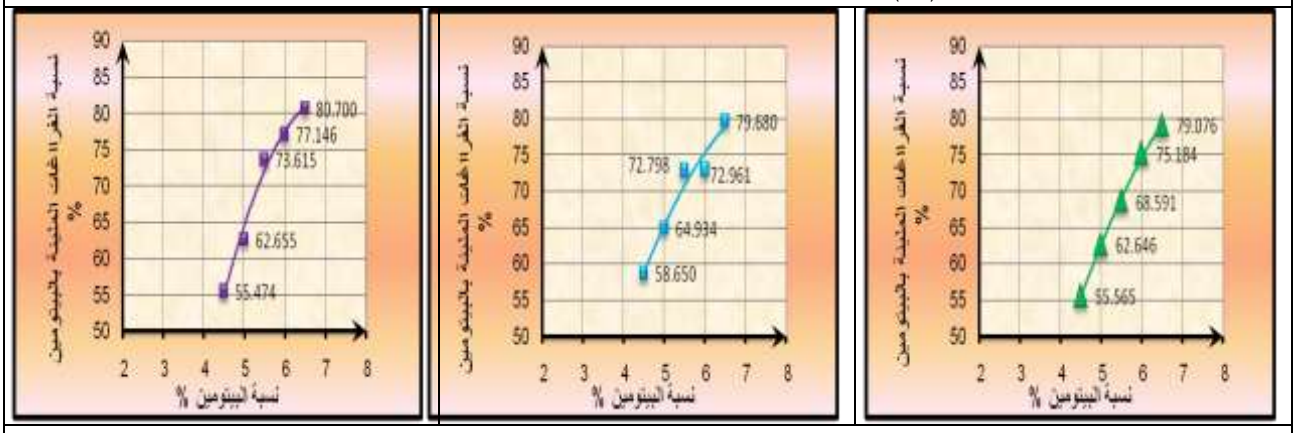
الجدول (14)تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين المعدل بنسبة 15% مطاط (مرحلة استخلاص نسب الإسفلت المثالية)

نسبة المطاط	نسبة البيتومين%	كثافة مارشال " gr/cm^3 "	الفراغات الهوائية"Va"	الفراغات المليئة البيتومين"vb"	الثبات المقاس " kg "	الثبات المصحح " kg "	الانسياب mm
%15	4.5	2.330	8.246	55.474	1897.667	1677.537	2.6
	5	2.348	6.842	62.655	2593.333	2354.747	2.8
	5.5	2.385	4.606	73.615	3578.667	3312.121	2.9
	6	2.378	4.145	77.146	3351.333	3126.794	3.3
	6.5	2.373	3.621	80.700	30.96.667	2972.800	3

نسبة مطاط 5%	نسبة مطاط 10%	نسبة مطاط 15%
		
الشكل (14) – تغير الثبات بتغير نسبة البيتومين المعدل بالمطاط		
		
الشكل (15) – تغير الانسياب بتغير نسبة البيتومين المعدل بالمطاط		
		
الشكل (16) – تغير الكثافة بتغير نسبة البيتومين المعدل بالمطاط		



الشكل (17) – تغير نسبة الفراغات الهوائية بتغير نسبة البيتومين المعدل بالمطاط



الشكل (18) – تغير نسبة الفراغات المليئة بالبيتومين بتغير نسبة البيتومين المعدل بالمطاط

النسبة المثالية للبيتومين =6.13%	النسبة المثالية للبيتومين =5.93%	النسبة المثالية للبيتومين =5.97%

عند المقارنة بين نتائج تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين غير المعدل وبين نتائج تصميم الخلطة البيتومينية للبيتومين المعدل بالمطاط نجد ما يأتي:

1- تحسنت قيم الثبات للخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط عن قيم الثبات للخلطة البيتومينية غير المعدلة

2- تناقصت قيم الانسياب في الخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط عن قيم الانسياب في الخلطة البيتومينية غير المعدلة .

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1. نلاحظ في الخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط المدور من إطارات السيارات **تحسناً في قيم الثبات وانخفاضاً ملحوظاً في قيم الانسياب** ، و هذا ينعكس بشكل ايجابي وجيد على أداء أفضل وديمومة أطول للخلطات البيتومينية.

2. نلاحظ أن التحسن في قيم الثبات والنقصان في قيم الانسياب عند إضافة المطاط للخلطة البيتومينية كان متوافقاً مع نتائج أبحاث عديدة ومتنوعة ، تناولت موضوع إضافة المطاط المدور للخلطات البيتومينية

3. نلاحظ زيادة نسبة الإسفلت المثالية في الخلطات المعدلة بالمطاط ، فمن أجل البيتومين غير المعدل كانت النسبة المثالية للبيتومين 5.48%ومن أجل البيتومين المعدل بالمطاط بالنسب (5-10-15)%كانت النسبة المثالية للبيتومين (6.13-5.93-5.97)على التوالي .

4. تتميز الخلطات البيتومينية المصنوعة من البيتومينAB وبدرجة غرز (60-70) بخواص جيدة وبقيم ثبات وانسياب جيدة.

5. نلاحظ أن درجة **الغرز و الاستطالة** للبيتومين المعدل بالمطاط **تتناقص** تدريجياً مع زيادة نسبة المطاط المضاف، بينما **تزداد نقطة التميع** تدريجياً للبيتومين المعدل بالمطاط مع زيادة نسبة المطاط المضاف.

6. عند المقارنة بين التركيبين الحبيين لفتات المطاط ، وعند إضافة المطاط بالنسب(2-3-4-5)‰وزناً من البيتومين ، نجد أن التركيب الحبي الأول لفتات المطاط(المار من المنخل 0.3 (N50))يعطي قيم درجة غرز وقيم استطالة أعلى من التركيب الحبي الثاني لفتات المطاط(المار من المنخل 0.6 mm (N30) والمحجوز على (N50) 0.3 mm)،أما قيم درجة التميع فهي أخفض من التركيب الحبي الثاني لفتات المطاط عند نسبة المطاط المضاف نفسها.

7. عند المقارنة بين التركيبين الحبيين للمطاط المستخدم نلاحظ تماثلاً في قيم الغرز للبيتومين المعدل بفتات المطاط وفق التركيب الحبي الأول والتركيب الحبي الثاني عند نسبة المطاط 3‰، كذلك نلاحظ تماثلاً في قيم الاستطالة للبيتومين المعدل بفتات المطاط وفق التركيب الحبي الأول عند النسبة 4‰ مع قيم الاستطالة للبيتومين المعدل بفتات المطاط وفق التركيب الحبي الثاني عند النسبة 3‰.

8. تبين أن قيم درجة الغرز والاستطالة ونقطة التميع عند إضافة فتات المطاط وفق التركيب الحبي الأول موافقة للمواصفات أكثر من قيمها عند إضافة فتات المطاط وفق التركيب الحبي الثاني ، وبالتالي **التركيب الحبي الأول لفتات المطاط مفضل بالاستخدام على التركيب الحبي الثاني.**

9. إن استخدام المطاط بالنسب(5-10-15)% وزناً من البيتومين أدى إلى أن قيمة الغرز بدرجة حرارة 25°C انخفضت بنسبة (31و 42.9و52)% على التوالي لـ (5-10-15)% مطاط ليتغير مجال درجة الغرز من المجال (60-70) للبيتومين غير المعدل إلى المجال (30-40)و(40-50) للبيتومين المعدل بالمطاط ، وهذا يظهر القساوة الكبيرة التي يكتسبها البيتومين بإضافة المطاط.

10. نجد من استخدام المطاط بالنسب(2-3-4-5)‰ وزناً من البيتومين وفق التركيب الحبي الأول لفتات المطاط أن قيمة الغرز بدرجة حرارة 25°C بقيت ضمن مجال الغرز (60-70)للبيتومين المعدل.

11. نلاحظ من استخدام المطاط بالنسب(2-3-4)‰ وزناً من البيتومين وفق التركيب الحبي الثاني لفتات المطاط أن قيمة الغرز بدرجة حرارة 25°C بقيت ضمن مجال الغرز (60-70)للبيتومين المعدل أما النسبة 5‰ فقد انخفضت فيها قيمة الغرز إلى المجال (50-60).

التوصيات:

1-التأكيد على استخدام البيتومين المعدل بالمطاط المدور في صناعة الخلطات البيتومينية في سورية لما لذلك من فوائد على ديمومة الخلائط وعلى صيانتها، بالإضافة إلى الفوائد البيئية نتيجة استخدام الإطارات المطاطية المدورة.

2-بالاستناد إلى نتائج البحث نوصي باستعمال نسبة المطاط 15% في الخلطات المعدلة لأنها أعطت ثباتاً أعلى وانسياباً أقل بالمقارنة مع الخلطات الأخرى المعدلة وغير المعدلة.

3-ضرورة البحث في حدود نسب المطاط المضافة في التعديل، ومحاولة إيجاد النسب المثلى للمطاط حسب أنواع البيتومين المختلفة .

4- البحث في التأثير السلبي لدرجة الحرارة التي يتم وفقها مزج البيتومين بالمطاط ، بحيث لايؤثر على خصائص الخلائط البيتومينية المعدلة بالمطاط المدور.

5- اقتراح منهجية مناسبة لتجميع نفايات الإطارات المطاطية، ونقلها إلى مكبات نظامية وخاصة يهتم بها مجلس محافظة اللاذقية .

6- البحث في إمكانية وجود معامل خاصة تعمل على إعادة تدوير نفايات الإطارات المطاطية حسب الغرض من استخدامها .

7- البحث في إمكانية إيجاد سوق دائم لمنتجي فتات الإطارات المطاطية، ومن ثم تطوير التكنولوجيا الجديدة التي تهدف إلى الاستفادة من هذه المواد بالطريقة المثلى.

المراجع:

1. مرشد، ديانا. *تعديل البيتومين المحلي لاستخدامه في خلطات بيتومينية خاصة بمهابط المطارات*، سورية ،2011 ، جامعة تشرين.

2.*ASPHALT RUBBER USAGE GUIDE* ,California Department of Transportation ,January, 2003.

3.YILDIRIM**,** Y**.***Polymer modified asphalt binders*. Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 1, 2007 , Pages 66-72.

4.Vural Kök , B ؛Çolak ,H . *Laboratory comparison of the crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt*. Construction and Building Materials Volume 25, Issue 8, August 2011, Pages 3204–3212.

5. SEO KIM , H ؛ GEIGER , A؛ AMIRKHANIAN, S ؛ SOON PARk , T؛WOO KIM , k. *effects of asphalt ratios on properties of crumb rubber modified asphalts* ,6th ICPT, Sapporo, Japan, July 2008.

6. *المواصفات القياسية لمواد بناء الطرق*، الصادرة عن المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية، سورية، دمشق، 2002. الملاحظات الجديدة.

7. MASHAAN, N. ؛ Ali, A. ؛ ABDELAZIZ, M. R. K. M . *Effect of crumb rubber concentration on the physical and rheological properties of rubberised bitumen binders*. International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(4),2011, pp. 684-690 .