دراسة تأثير إضافة ألياف مخلفات أكياس البلاستيك على خواص الخلطة الإسفلتية.

أ.م .لبنى سليمان بن طاهر
محاضر بقسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة -جامعة بنغازي
lubna.bentaher@uob.edu.ly

الملخص
النفايات الصلبة تنمو بمعدلات كبيرة وعلى الأخص البلاستيكية منها، مسببة مشاكل بيئية يصعب حلها. لهذا هدفت هذه الدراسة الى التحقق من إمكانية تحسين خصائص الخليط الأسفلتي بإضافة ألياف من مخلفات أكياس البلاستيك. بداية تم تحديد محتوى البيتيومين الأمثل للخليط الخالي من المضافات و هو5.3 % من وزن الخليط الأسفلتي بنسب ركام (52:45:3). من ثم تم اختبار تأثير إضافة 10 نسب من ألياف أكياس البلاستيك على خصائص الخليط الأسفلتي. حيث أفضت نتائج الاختبارات أن أفضل نسبة مضاف من ألياف مخلفات أكياس البلاستيك 16.7% من وزن الأمثل للبيتومين وذلك بزيادة قيمة الاستقرار الى 27.2% و الكثافة الظاهرية للخليط تتناقص بمقدار 0.42% أما الانسياب فيزيد بمقدار 9.4%. أضف الى ذلك ان الخليط المحسن لديه مقاومة للتشوهات والشروخ، ويساعد بتوفير مكان لدفن النفايات البلاستيكية دون التسبب في مشكلة بيئية وأيضا إنشاء طرق تستمر لفترة طويلة بتالي سوف يؤدي الى ترميمات للطرق بشكل أقل ومناسبة للرصف بالأجواء الحارة.

الكلمات المفتاحية: نسبة البيتومين المثلى، مخلفات البلاستيك، التنمية المستدامة بإنشاء الطرق، الخلطات الإسفلتية.

1. المقدمة

القضاء على النفايات الصلبة و منها مخلفات البلاستيك عملية مكلفة في وقتنا الحاضر، خصوصا بالنظر الى المخاطر المرتبطة بتلوث البيئة و عدم القدرة على التخلص منها بصورة طبيعية. حيث أن إعادة تدوير النفايات الصلبة إلى منتجات مفيدة تعتبر واحدة من أكثر الحلول المستدامة لهذه الأزمة و مهم من الناحية البيئية ومن الناحية الاقتصادية بإقلال المساحات اللازمة للتخلص من النفايات واستغلال هذه المساحات لأغراض زراعية وتأمين فرص عمل. فأصبحت هناك عدة أفكار بإنشاء طرق ممهدة باستخدام نفايات البلاستيك المعاد تدويرها، حيث أجريت عدة أبحاث لدراسة إمكانية الاستفادة من النفايات الضارة للبيئة (مخلفات البلاستيك) كمضافات محسنة لخواص الخلطات الإسفلتية منها:

السكيلي، 2013، قام بدارسة تأثير إضافة ثمانية نسب من مخلفات أكياس البلاستيكية المطحونة كخليط مع الركام على خصائص الخليط الأسفلتي و مقارنتها مع خصائص الخليط الخالي من المضافات. و قد أظهرت نتائج بحثه أن إضافة مخلفات أكياس البلاستيكية المطحونة بنسبة 9.0%هي النسبة المثلى لتحسين أداء الخلطة الإسفلتية .حيث ان الخليط الأسفلتي المعدل أعطى 24٪ درجة ثبات أعلى مقارنة بالخليط الأسفلتي الخالي من الألياف و كثافة اقل، ودرجة انسياب و نسبة فراغات هواء أعلى كذلك [1].

أيضا درس Prasad و آخرون، 2013، إمكانية تحسين خلطات إسفلتية بإضافة مخلفات من لدائن البولي أثيلين كمادة بولميرية مضافة الى البيتومين بنسب (10,8,6,4,2%) من وزن البيتومين الأمثل. والنتائج التي أفضى إليها بحثهم تدل على ان الخليط المحسن اكتسب ثبات أعلى بنسبة تصل الى 75.5% عن الخليط الخالي من أي مضاف بالإضافة الى زيادة التدفق و النقصان بالكثافة[2].

بحث عويد وآخرون، 2015، مدى الاستفادة من مخلفات القنان البلاستيكية وذلك باستخدامها كبوليمر مضاف في الخليط الإسفلتي للتغلب على مشاكل الرصف. ببحثهم تم إضافة خمس نسب مختلفة من ألياف مخلفات القناني من وزن البيتومين الأمثل (10,8,6,4)%. و أشارت نتائج بحثهم الى محتوى التحسين الأمثل تكون عند نسبة8% للنفايات كونها تعطي أقصى قدر من الاستقرار والصلابة و فراغات مليئة بالبيتومين والحد الأدنى من فراغات الهواء، مقارنة بالخليط الغير المحسن[3].

أخيرا قدم كل من Rajput وYadav، 2016، دراسة حول تأثير خلط النفايات البلاستيكية على الخلطات البيتومينية. حيث تم جمع النفايات البلاستيكية مثل الأكياس، والبولي ايثين وغيرها، وفرمها حتى تصل إلى مقاس 2.36 ملم إلى 600 ميكرون ثم خلط النفايات البلاستيكية المقطعة في المجاميع الساخنة. و من ثم قاموا بإعداد وخلط عينات مع محتويات بلاستيكية بنسبة (14,12,10,8,6)% من وزن البيتومين. ووفق النتائج المتحصل عليها ببحثهم وجدوا ان بزيادة النسبة المئوية لنفايات البلاستيك في المزيج، تزداد قيمة الثبات بما يقابل محتوى البلاستيك الأمثل بنسبة 12٪. بالإضافة الى أن قيمة التدفق تزيد باستمرار مع إضافة محتوى البلاستيك في المزيج [4] .

هذه الدراسة تهدف لتحري تأثير إضافة نسب مختلفة من ألياف أكياس البلاستيك على خصائص مزيج الإسفلت بمقارنتها مع خصائص الخليط الخالي من أي مضاف. ولتحقيق هذا الهدف كان لابد أن يتم تحديد محتوى البيتومين الأمثل لخليط من الركام بنسب خلط 52:45:3. ومن ثم اختبار مزيج الإسفلت المضاف إليه مخلفات أكياس البلاستيك كاستبدال من نسبة البيتومين المثلي بنسب من 2 ٪إلى 20 ٪. أخيرا مناقشة نتائج الاختبارات على العينات و استخلاص التوصيات بتحديد أفضل نسبة مضاف من ألياف البلاستيك للخليط.

2. الشق العملي ونظرية عمل الدراسة:

1.2 المواد التي استخدمت بالخلط:

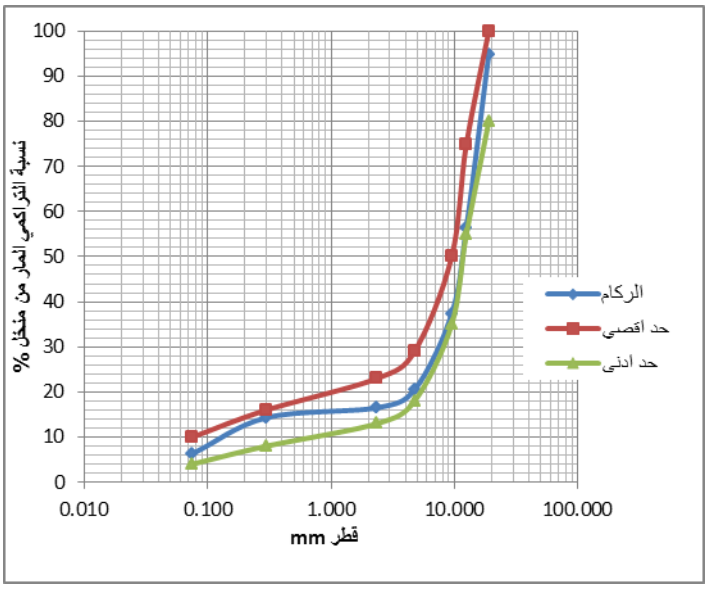
الركام المستخدم بكامل الدراسة هو ركام كسر الأحجار من مدينة اجدابيا و الأبيار وهو ما متوفر بالأسواق المحلية وأكثر شيوعا واستخداما بأعمال رصف للطرق. والجدول 1 يوضح الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للركام والجدول 2 يوضح نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام. بالنظر الى النتائج المتحصل عليها نجد ان الركام مطابق للمواصفات و ذو تدرج ضمن الحدود المنصوص عليها لرصف الطرق، انظر الأشكال 1و2

جدول1 : خصائص الركام الكبير و الصغير المستخدم بالخلط.

الاختبار	نتائج الاختبار للركام الكبير	نتائج الاختبار للركام الصغير	المواد الناعمة	المواصفات
الوزن النوعي	2.55	2.62	2.68	ASTM D 2726 ASTM D 2041
نسبة الامتصاص	%2.26	%2.4	--	
محتوى الرطوبة	%0.71	%1.2	--	
مقاومة التهشيم	%21	--	--	
مقاومة الصدمية	%16.3	--	--	

جدول2: نتائج التحليل المنخلي للركام الكبير و الصغير

مقاس المنخل (**mm**)	النسبة المئوية المحجوزة %	النسبة المئوية المارة %	حدود المواصفات ASTM C136	
4/3	5.05	94.95	100	80
2/1	43.55	56.45	75	55
8/3	62.70	37.30	50	35
4	79.50	20.50	29	18
50	83.50	16.50	23	13
100	85.70	14.30	16	8
200	93.70	6.30	10	4



شكل.1 منحنى التدرج الحبيبي للركام الكبير و الصغير.

شكل.2 يوضح عينات من الركام المستخدم بالخلطات الإسفلتية

وتم استخدام البيتومين نوع 60-70 المتوفر بالأسواق وهو ما يشاع استخدامه بأعمال الرصف العادي بمدينة بنغازي بما يلائم الكثافات المرورية والمناخ. حيث بينت نتائج الاختبارات التي عرضت بجدول رقم3 (شكل3) ان البيتومين المستخدم مطابق لمواصفات الرصف.

جدول: 3 خصائص البيتومين المستخدم بالخلط.

اسم الاختبار	النتائج	حدود المواصفات
التطاير	272C^0	Min. 230 C^0 , ASTM D92-02 272
الغرز	63 mm	60-70 ,ASTM D5-06 70.34 70
درجة الاشتعال	205 C^0	175-200 c^0 , ASTM D92-90 286
المطيلية	65 cm	cm ,ASTM D113-86 144.6 7 5-100
الليونة	47C^0	35 c^0 , ASTMD36-2002 46.4 75-
الوزن النوعي	1.05	1.01-1.06 , ASTMD D70

شكل. 3 يوضح اجراء التجارب على خواص البتيومين.

أخيرا تم تجميع أكياس التي تستخدم لتجميع و نقل و تخزين البضائع التجارية و هو ما متوفر بالأسواق المحلية و تم العمل على تقطيعها يدويا بحيث يتم الحصول على ألياف بطول 1.2 mm الى 1 كما موضح بالشكل 4 و أيضا يعرض الجدول 4 خصائص للألياف المصنعة من البولي ايثيلين.

جدول 4 : خصائص الياف البلاستيك.

الخاصية	النتيجة
الوزن النوعي	1.39
درجة الحرارة للذوبان	260c^0
غير ممغنطة و خاملة كيمائيا	

شكل. 4 الاياف من اكياس البلاستيك.

2.2 تحديد نسبة البيتومين المثلي:

تم اختيار اختبار مارشال لتعيين نسبة البيتومين المثلى بحيث اعدت مجموعة من العينات بنسب بيتومين مختلفة (4,4.5,5,5.5,6,6.5,7)% و للحصول على نتائج مضمونة اعدت ثلاث عينات مع كل نسبة بيتومين. بحيث اجريت الاختبارات (الكثافة الكلية للعينة، الاستقرار والاستطالة، تحليل الكثافة والنسبة المئوية للفراغات)، كما ان المعادلات التالية توضح الحسابات المتبعة :

- الكثافة الكلية للعينة المدموكة d :

$$d = \frac{W_a}{W_a - W_w} \quad (1)$$

- نسبة الفراغات الكلية بالعينة VTM %:

$$T = \frac{W_a}{\frac{W_b}{G_b} + \frac{W_c}{G_c} + \frac{W_f}{G_f} + \frac{W_{mf}}{G_{mf}}} \quad (2)$$

$$\text{VTM \%} = \frac{T-d}{T} * 100 \quad (3)$$

- حساب حجم الفرغات بين الركام (VMA):

$$\text{VMA} = \left[\frac{Wc}{Gc} + \frac{Wf}{Gf} + \frac{Wmf}{Gmf}\right] - \frac{Wa}{d} \quad (4)$$

$$\text{VMT\%} = \frac{VMA}{V} * 100 \quad (5)$$

- نسبة الفراغات في الكسر الحجري مملوء بالبتيومين Vb% :

حيث:

وزن العينة في الهواء بالجرام gr. W_w = وزن العينة في الماء بالجرام gr. d= الكثافة الظاهرية gr/cm^3, w_a =

T= الكثافة النظرية للعينة gr/cm^3,

Wb= وزن البيتومين gr.

W_c, W_f, W_{mf} = وزن الركام الكبير و الصغير و المواد الناعمة gr.

G_b, G_c, G_f, G_{mf} = الوزن النوعي للركام الكبير و الصغير و المواد الناعمة.

VMA= حجم الفراغات بين الركام cm^3.

VMT= نسبة الفراغات بين الركام %, V = حجم العينة cm^3.

Vb = حجم البيتومين cm^3

و لتحديد محتوى البيتومين الأمثل للخلطة الإسفلتية لابد ان يحسب متوسط نسب البيتومين لكل من:

- القراءة المقابلة لأقصى استقرار بالمخطط بين نسب البيتومين و الاستقرار.
- القراءة المقابلة لنسبة VTM= 4% بمخطط بين نسب البيتومين و نسبة الفراغات الكلية بالعينة.
- القراءة المقابلة لنسبة Vb=80% للمخطط بين نسب البيتومين و نسبة الفراغات بين الركام المملوءة بالبيتيون.
- القراءة المقابلة لأقصى كثافة ظاهرية للمخطط بين نسب البيتومين و الكثافة الظاهرية للعينة.

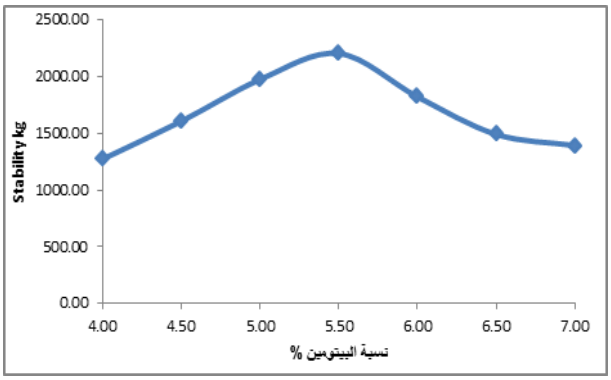
3. دراسة تأثير اضافة الياف من مخلفات اكياس البلاستك على خصائص الخلطة الاسفلتية.

بهذه الدراسة تم الاعتماد على ان تكون نسبة الركام الكبير الى الصغير و المواد الناعمة 52:45:3 من الوزن الكلي للخليط . و نسبة البتيومين فهي متغيرة من 4% الى 7% من وزن الكلي للخليط وذلك للتجهيز لإجراء اختبار مارشال و من ثم تحديد أفضل نسبة بيتومين للخليط المعد. لإعداد العينات وضعت المواد الناعمة ومواد الكسر الحجري في إناء و سخنت بين درجتي حرارة 176- 190 درجة مئوية. ثم سخن بيتومين بين درجتي حرارة 121- 137 درجة مئوية بحيث تعد كل عينة بوزن 1200 جرام. بنهاية الاختبار توضع جميع هذه المواد في الخلاط و تخلط جيدا ثم توضع في إناء الدمك وتدمك بعدد (75) ضربة. نتائج الاختبارات التي أجريت (الكثافة الكلية للعينة، الاستقرار والاستطالة، تحليل الكثافة والنسبة المئوية للفراغات) لخصت بكلا الجدول 5 و الشكل 5 .

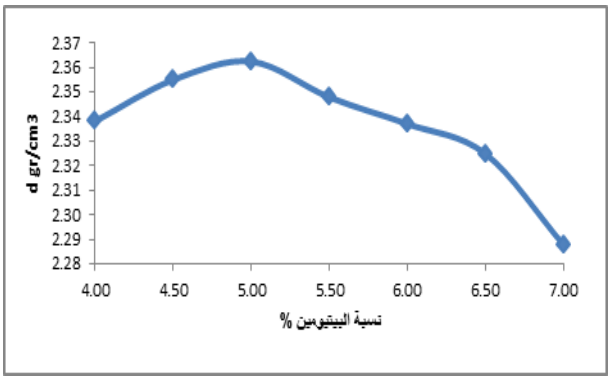
شكل. 5 خطوات إجراء اختبار مارشال .

جدول 5 : نتائج اختبار مارشال .

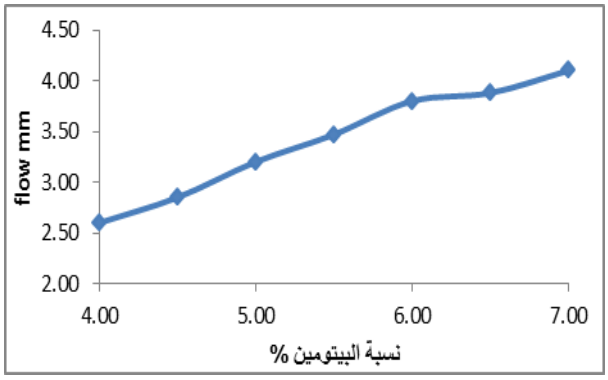
نسبة البتيومين%	الكثافة d الظاهرية للعينة	الكثافة T النظرية	VTM%	VMAcm^3	VMT%	Vb%	Stability kg	flow mm
4.00	2.34	2.49	6.20	78.25	14.92	58.42	1273.47	2.60
4.50	2.36	2.46	4.37	74.07	14.30	69.44	1606.43	2.85
5.00	2.36	2.45	3.44	74.89	14.50	76.30	1974.41	3.20
5.50	2.35	2.42	2.81	77.37	14.98	81.24	2203.74	3.47
6.00	2.34	2.39	2.39	80.97	15.64	84.69	1821.78	3.80
6.50	2.32	2.39	2.59	87.83	16.81	84.58	1491.08	3.88
7.00	2.29	2.36	2.86	95.08	18.03	84.14	1392.88	4.10



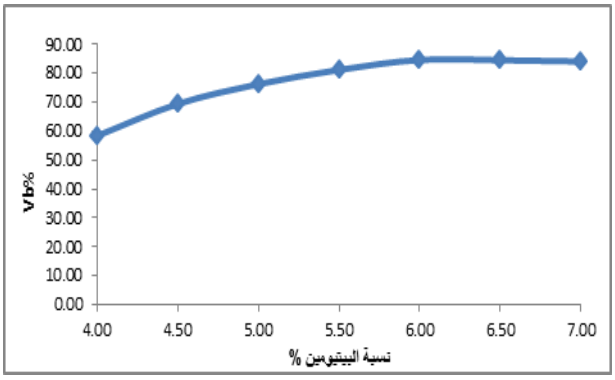
شكل.6 العلاقة بين نسب البيوتمين و الثبات .



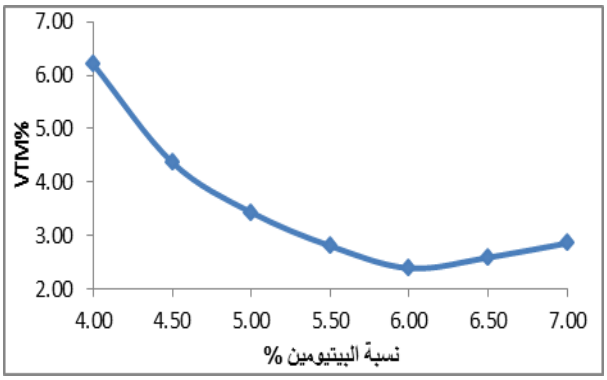
شكل .9 العلاقة بين نسبة الكثافة الظاهرية و نسب البيوتمين



شكل 7 العلاقة بين نسب البيوتمين والتدفق



شكل .10 العلاقة ما بين الفراغات المملؤة بالبتيومين و نسب البيوتمين .



شكل .8 العلاقة بين نسبة الفراغات بالعينة و نسب البيوتمين.

مما سبق ووفق المخططات من 6 الى 10 تم احتساب أفضل نسبة للبيتومين للخليط و هي 5.3%.
بهذه المرحلة تم العمل على تجهيز مواد الخلط من ركام والبيتومين والألياف من بعد ما تم احتساب وزنها حسب نسب الإحلال حيث تم العمل على عشر نسب من 2% حتى20% بزيادة 2% وتم استخدام اختبار مارشال لإيجاد نسبة الألياف المثلى لتعطي الخليط الديمومة و المرونة في الخلطة المستخدمة بالرصف. و قوة كافيه لمقاومة الانسياب توفي بمتطلبات المرور بدون حدوث أي تشوهات.
وتم تحضير العينات المضاف إليها ألياف البلاستيك كما هي خطوات السابقة لاختبار مارشال ولكن تخلط مواد الكسر الحجري والمواد الناعمة والألياف أولا و من ثم يضاف الى الخليط البيتومين بحيث تكون كل عينة بوزن 1200 جرام. من ثم كل عينة يجب أن تجرى عليها الاختبارات السابقة والنتائج المتحصل عليها عرضت بجدول رقم 6 .

شكل .11 تجهيز وخلط وإعداد للعينات المخلوطة بالألياف البلاستيك.

جدول6: يبين نتائج اعتبار مارشال للعينات التي خلطت بألياف البلاستيك

نسبة الألياف%	الكثافة الظاهرية للعينة d	الكثافة الكلية النظرية للعينة T	VTM%	VMAcm^3	VMT%	Vb%	Stability kg	flow mm
0	2.35	2.43	3.12	76.13	14.74	78.77	2089.07	3.33
2	2.30	2.44	5.44	88.14	16.66	67.35	1871.01	2.13
4	2.30	2.44	5.56	87.58	16.54	66.39	1996.08	2.31
6	2.31	2.45	5.44	85.67	16.21	66.46	2039.40	2.55
8	2.31	2.45	5.24	83.35	15.81	66.86	2074.20	2.70
10	2.33	2.45	4.74	79.38	15.15	68.68	2079.73	3.04
12	2.33	2.45	4.56	77.12	14.75	69.11	2107.25	3.13
14	2.34	2.45	4.37	74.88	14.36	69.57	2273.06	3.30
16	2.34	2.45	4.35	73.56	14.12	69.17	2352.761	3.60
18	2.34	2.46	4.72	74.35	14.22	66.81	2962.751	3.70
20	2.34	2.46	4.80	73.57	14.07	65.86	3136.357	3.80

4. مناقشة النتائج

وفق نتائج الاختبارات التي عرضت بجدول 6 و المنحنيات بالأشكال 12 الى 15 نلاحظ التالي :

1- النتائج التي تم تحصل عليها من اختبار الاستقرار، توضح ان أقصى حمل يتحمله الخليط الخالي من المضافات هو 2089.07 kg إما الخليط المضاف إليه الألياف بنسبة 12% الى 20% تزداد قيم التحمل للعينات حتى تصل الي 3136.35 kg. إما التدفق للخليط الإسفلتي الخالي من المضاف مقداره3.33mm وعند إضافة الألياف البلاستيك فان مقدار التدفق يأخذ بالزيادة ليصل الى 3.8mm لنسبة الألياف 20%.

2- عند إجراء الحسابات المطلوبة لحساب الكثافة الظاهرية للعينات الخالية من الألياف و جد أنها تساوي 2.35gr/cm^3 فبإضافة الألياف للخليط وجد أنها تتناقص حتى النسبة من 12%الى 18% لتعود الى نفس كثافة الخليط الخالي من اي ضاف .

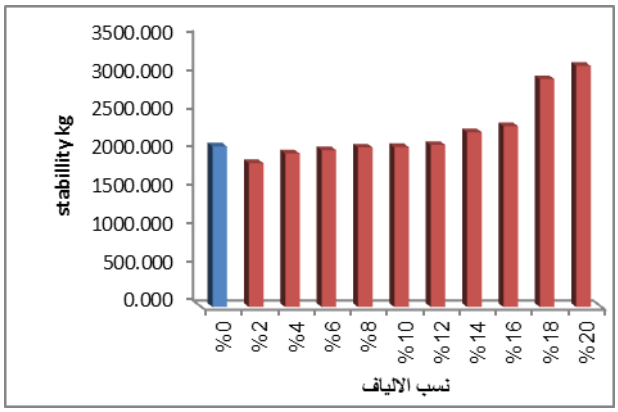
3- نسبة الفراغات الكلية بالخليط VTM% بما يقابل نسبة البتيومين المثلى هي% 3.12. لكن بإضافة الألياف تزداد نسب الفراغات و تكون خارج حدود المواصفات التي تنص أن تكون ما بين 3% حتى 5 % وذلك عند إضافة الألياف بنسب من 2% الى 8% . لكن نسبة الفراغات للعينات التي خلطت بألياف بنسب 14% الى 16% تكون 4.35 و4.37% وهي قيم مقبولة حسب المواصفات .

4- وباحتساب حجم البيتومين بين فراغات الركام فإنها تكون 78.77cm^3 للنسبة البيتومين المثلى. وعند إضافة الألياف البلاستيك فإن هذه القيمة تزداد من نسبة الألياف 2% حتى 10% و تأخذ بالنقصان عند نسب 12% حتى 20%.

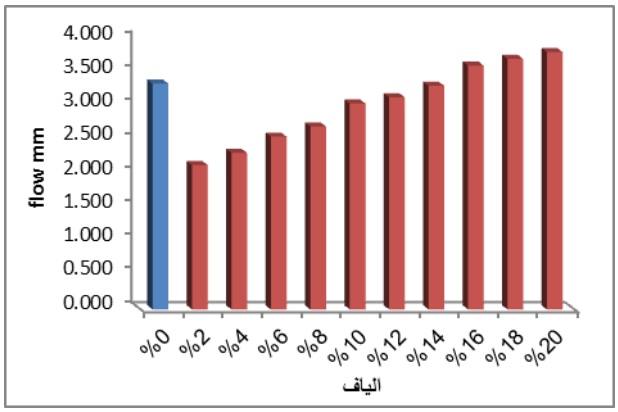
5- ان النتائج المتحصل عليها لخصائص الخليط الذي خلط بنسبة ألياف من 10% حتى 16%، هي ضمن المواصفات من حيث القدرة على تحمل الأحمال و التدفق و الكثافة الظاهرية و نسبة الفراغات الكلية وهو ما وضح بالجدول 7.

جدول7 : مقارنة نتائج مع المواصفات

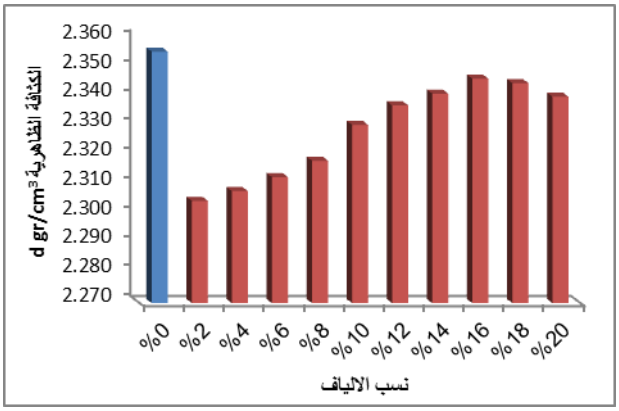
العينة	خليط مضاف إليه الألياف	خليط خالي من الألياف	حدود المواصفات (Asphalt Institute, 1997)
نسبة الرابط%	4.45	5.30	7-4 %
أفضل نسبة الألياف%	16.70	0	
الكثافة الظاهرية d gr/cm^3	2.34	2.35	2.3gr/cm^3<
الاستقرار stability kg	2650.0	2089.07	800 kg <
التدفق flow mm	3.61	3.33	4 -2 mm
نسبة الفراغات الكلية بالخليط VTM%	4.50	3.12	5 - 3%
نسبة الفرغات بين الركام للخليط VMT%	14.17	14.74	13%<
نسبة الفراغات المليئة بالبيتومين Vb%	67.90	78.77	80-70%



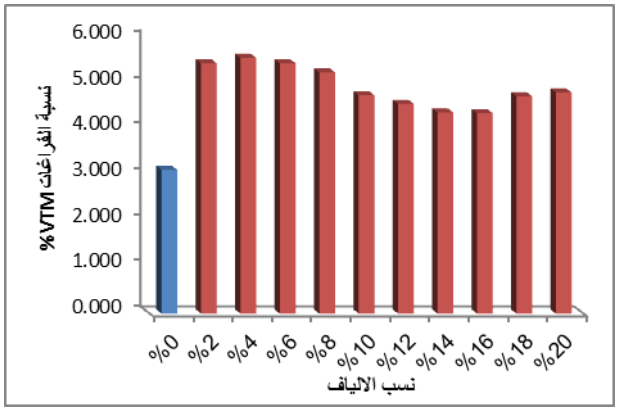
شكل.12 المقارنة بين قيم الاستقرار للعينة الخالية من الألياف و العينات المضاف إليها الألياف بنسب مختلفة.



شكل.13 المقارنة بين قيم التدفق للعينة الخالية من الألياف و العينات المضاف إليها الألياف بنسب مختلفة.



شكل.14 المقارنة بين الكثافة الظاهرية للعينة الخالية من الألياف و العينات المضاف إليها الألياف بنسب مختلفة.



شكل .15 المقارنة بين نسبة الفراغات الكلية للعينة الخالية من الألياف و العينات المضاف إليها الألياف بنسب مختلفة.

5. الخلاصة

وفق النتائج التي توصلت إليها الدراسة وجد أن أفضل نسبة مضاف من ألياف مخلفات أكياس البلاستيك لتفي بمتطلبات حدود المواصفات لاختبار مارشال هي 16.7% من وزن الأمثل للبيتيومين للخليط المعتمد الذي تم تحديده أيضا من اختبار مارشال فكان 5.3%. ومن مقارنة نتائج الخليط المضاف إليه ألياف مع الخليط الخالي منها، نجد أن الخليط الحاوي على الألياف تتحسن خواصه بان تزيد قيمة الاستقرار الى 27.2% و الكثافة الظاهرية للخليط تتناقص بمقدار0.42% أما التدفق و الانسياب فيزيد بمقدار 9.4% و تم توفير كمية من البيتيومن بنسبة 16.5%.

ان الخليط المحسن بإضافة ألياف من مخلفات أكياس البلاستيك لديه مقاومة كافية للتشوهات الدائمة و ذلك لمقاومته للشد و بالتالي تقل الشروخ الناتجة عن الحرارة او خلافة. بالإضافة الى زيادة نسبة الفراغات الهوائية، أما الفراغات بين الركام فهي تتناقص وذلك لعمل الألياف الى ربط الركام و تمدد وانتشار البيتومين لتغطية كامل المزيج. أن استخدام البلاستيك لتحسين خواص الخليط الإسفلتي يوفر من استخدام البيتيومن فتقل تكلفة إنشاء الطرق مع تحسين وظائف و خصائص الرصف المرن أيضا يكسب البلاستيك خليط الرصف المضاف اليه خاصية امتصاص الصوت .

بنهاية الدراسة نقدم بعض التوصيات:

1. إنشاء طرق ذات رصف مضاف اليه مخلفات من البلاستيك في المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة (50 درجة مئوية) على سبيل المثال.
2. استخدام نفايات البلاستيك برصف الطرق بذلك يساعد في توفير مكان أفضل لدفن النفايات البلاستيكية دون التسبب في مشكلة بيئية للتخلص منها.
3. ان يتم إعادة الدراسة بأنواع أخرى من نفايات البلاستيك و أيضا باستخدام نسب أخرى للركام أو دراسة إضافة البلاستيك كنسبة من وزن الركام بالخليط أو أن يتم إضافة نفايات البلاستيك كنسبة من الوزن الكلي للخليط.
4. من الممكن أن يتم إضافة أنواع أخرى من المخلفات مع نفايات البلاستيك كالقار أو مخلفات الإطارات او زيت السيارات المستعمل ودراسة خصائص الخليط.

6. المراجع

[1] El-Saikaly, M.A.,"Study of the Possibility to Reuse Waste Plastic Bags as a Modifier for Asphalt Mixtures Properties(Binder Course Layer), Infrastructure Management department, Thiess for requirement for degree of Master of Science, Civil Engineering Faculty of Engineering, The Islamic University of Gaza, 2013.

[2] Prasad, K. V. R., Mahendra, S. P., Kumar, N. S., Rakesh, S. G., Vijay, V., Likith, .T., and Yogesh, B. P.," Study on Utilization of Waste Plastic in Bituminous Mixes for Road Construction.", International Conference on Futuristic Innovations & Developments in Civil Engineering (ICFiDCe April 18-20, 2013), PP,203-198.

[3] Awaeed, K. M., Fahad, B. M., Rasool, D. A." Utilization of Waste Plastic Water Bottle as a Modifier For Asphalt mixture Properties", Journal of Engineering and Development, Vol.20, No.2,PP,89-108, ISSN 1813- 7822, 2015.

[4] Rajput, P. S., and Yadav, R. K.," Use of Plastic Waste in Bituminous Road Construction", IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering, Vol.2, No.10, PP,509- 513 , ISSN: 2349-784X, 2016.

[5] ASTM, 1992, 'Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Saturated Surface-Dry Specimens', ASTM D 2726, Philadelphia, US.

[6] ASTM, 'Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures', ASTM D 2041, Philadelphia, US, 1992.

[7] ASTM, 'Method for Sieve Analysis for Fine and Coarse Aggregate.' ASTM C136, Philadelphia, US, 1992.

[8] The Asphalt Institute (AI), 'Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types (MS-2)', The Asphalt Institute, 6th Ed, 1997.