

دراسة تأثير الصقيع على خلطات الإسفلت الطبيعي (إسفلت البشري)

د. مروان عاصي، د. رياض المحمد، م. فراس العداي الخليل*

قسم هندسة المواصلات والنقل، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب

*طالب دراسات عليا (دكتوراه)

الملخص

إن التغيرات في درجة الحرارة تؤثر كثيراً بقاء الإسفلت، حيث أن الإسفلت مادة لدنة حرارياً (Thermoplastic)، وتزداد لزوجته ويصبح أكثر قساوة في درجات الحرارة المنخفضة، ويصبح طرياً وتقل لزوجته في درجات الحرارة المرتفعة (عاصي، ٢٠٠٣). يهدف هذا البحث لدراسة ديمومة الخلطات الإسفلتية الطبيعية باستخدام إسفلت البشري تحت تأثير الصقيع وذلك بتعرض هذه الخلطات لعدد من دورات التجمد والذوبان. استخدمت في هذه الدراسة طريقة مارشال في تصميم الخلطات الإسفلتية، ولقد تم تحضير أربعة أنواع من الخلطات الإسفلتية:

- (1) الخلطات الإسفلتية النفطية وهي عينات مرجعية. (2) الخلطات الإسفلتية الطبيعية وذلك بإضافة إسفلت البشري الطبيعي وفق نسب متزايدة إلى المواد الحصوية، حيث استخدمت طاقات رص ودرجات حرارة خلط مختلفة. (3) الخلطات الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي وهي عينات مشتركة من الإسفلت الطبيعي والنفطي. (4) الخلطات الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين حيث تم إضافة البولي إيثيلين للخلطات الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت. توصلت هذا الدراسة إلى مجموعة من النتائج والتوصيات منها، إن إضافة الإسفلت النفطي والبولي إيثيلين للخلطات الإسفلتية الطبيعية يحسن كثيراً من الخواص الميكانيكية والفيزيائية للخلطات الإسفلتية الطبيعية، وبالتالي ديمومة أكبر وعمر خنمي أطول.
- الكلمات المفتاحية: الإسفلت الطبيعي، ديمومة الخلطات الإسفلتية.

1- مقدمة:

يتواجد الإسفلت الطبيعي في جبل البشري على شكل مقالع سطحية وشبه سطحية وهو عبارة عن صخور رملية سيليسية متشربة بالإسفلت، ويقع في منطقة البشري التي تبعد 70 كم إلى الغرب من مدينة دير الزور وتتراوح نسبة الإسفلت بين 15-22% من الوزن الكلي للمزيج المكون من الإسفلت والرمل. يُقدر المخزون الاحتياطي من الإسفلت الطبيعي في جبل البشري 50-100 مليون طن ويلبي احتياجات القطر من الإسفلت الطبيعي لمدة خمسين سنة قادمة، فهو ثروة وطنية من حيث أنها مادة رخيصة متوفرة محلياً وذات مواصفات مقبولة (حديدي، 2009، Alfa, 2008)

كلما استطاع الرابط الإسفلتي حماية الحبيبات البحصية وتأمين التماسك بينها أكثر كلما كانت ديمومة الخلطات الإسفلتية أكبر. وكلما كانت الفراغات الهوائية ضمن الخليط الإسفلتي أقل كلما كانت ديمومة الرابط الإسفلتي أكثر مع المحافظة على الخواص الميكانيكية للخلطة، لذلك يجب أن تكون نسبة الرابط الإسفلتي كافية لإملاء كافة الفراغات الهوائية بين الحبيبات البحصية من ناحية وكذلك تغليف هذه الحبوبيات من ناحية أخرى وبالتالي حمايتها من التجمد والذوبان ومن حادثة تعري الحبوبيات من الرابط، وأيضاً حمايتها من تأكسد الإسفلت نفسه وبالنتيجة ديمومة أكثر لتلاحم الرابط الإسفلتي والمواد الحصىية.

توجد آليات عدة لتعري المواد الحصىية حيث تختلف آليات التعرية في الظروف البيئية الحارة الجافة عنها في الظروف البيئية الحارة الرطبة والباردة الجافة والباردة الرطبة. من هذه الآليات: تمزق غشاء الإسفلت (Film Rupture): وفيه تبدأ التعرية عندما تحدث شقوق الغشاء الإسفلتي عند نقاط اتصال المواد الحصىية الحادة أو بسبب جزيئات الغبار على سطح المواد الحصىية. ربما يحدث تمزق الغشاء الإسفلتي بسبب حمولات الإنشاء وحركة المرور أثناء فترة الخدمة أو العوامل البيئية من مثل تكرار عملية التجمد والذوبان. عندما يحدث تمزق الغشاء تنفذ الرطوبة للسطح الفاصل. يمكن لإحاطة الغبار أو الطلاءات الأخرى لسطح

الحصويات أن تؤدي لتشكل البثور والحفر ضمن الغشاء والتي يُمكن أن تمزق الغشاء الإسفلتي (Badru, 1988). ضغط المسام (Pore Pressure) تُسرّع هذه الظاهرة بفعل حضور الماء في بنية مسام الخلاط الإسفلتية (HMA)، التي ينتشر فيها الانفصال عند حدود الطبقات في حال حركة المرور الثقيلة وتحدث أيضاً عند تكرار عملية التجمد والذوبان. نتيجة لضغط المسام في طبقات الرصف تحدث ظاهرة التعرية عند السطوح البيئية للإسفلت والحصويات (Badru, 1988).

عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة مع حركة مرور بطيئة يسلك الرابط الإسفلتي سلوكاً يُشبه السائل اللزج، يُدعى هذا السلوك بالسلوك اللزج، وذلك لأن الرابط الإسفلتي لا يعود لوضعه الأصلي، وهذا يقود لتشوّه دائم في الخلاط الإسفلتية. أما في حال كانت درجة الحرارة منخفضة وتحت ظروف التحميل السريع فإن سلوكية الرابط الإسفلتي تُشابه سلوك الجسم المرن، أي أنها ستتشوّه تحت الحمولات وتعود لوضعها الأصلي بعد زوال التحميل. بالنسبة لدرجة الحرارة المتوسطة وسرعة تحميل متوسطة فإن سلوكيته تكون مزيجاً بين المرونة واللزوجة (T.F. Wfa, 2006)، وهذه الأخيرة هي السائدة في سلوكية طبقات رصف الطرق الإسفلتية.

2- أهمية البحث وأهدافه:

يُعد تكرار حادثة التجمد والذوبان وتكرار حمولة المركبات وشدتها عاملاً أساسياً لانتهيار الخلاط الإسفلتية، لذلك فإن التصميم الجيد للرصف يأخذ بعين الاعتبار هذين العاملين (شلعوط، 2007)، حيث يؤدي انخفاض درجات الحرارة لدرجات حدية لظهور إجهادات داخلية ضمن الخلاط تؤدي لحدوث تشققات الحرارة المنخفضة (Low Temperature Cracking)، وهي شقوق عرضية متعامدة مع محور الطريق. عند انخفاض الحرارة لدرجات حدية يتكون إجهاد شد ضمن الخلاط الإسفلتية، وفي حال تجاوز إجهادات الشد في الخلاط الشروط التصميمية (قوة الشد) (Tensile Strength) تتشكل تلك التشققات أولاً في الطبقة السطحية للخلاط الإسفلتية ثم تتجه نحو الأسفل شيئاً فشيئاً مع انخفاض درجات الحرارة، حيث يُمكن

أن تتشكل الشقوق الحرارية كنتيجة لتكرار فعل التجمد والذوبان (التمدد والانكماش) في الطقس البارد(عاصي، 2003)

إن تغير درجة الحرارة يؤثر على صلابة الخلائط الإسفلتية. عند ارتفاع درجة الحرارة ينخفض معامل صلابة الخلطة الإسفلتية مما يؤدي لحدوث التحدد والتشكل، وانخفاض درجة الحرارة يؤدي لارتفاع قيمة معامل الصلابة للخلطة الإسفلتية مما يجعلها عرضة للتكسير والتشقق، بالإضافة لحدوث ظاهرة التجمد والذوبان عند انخفاض درجة الحرارة إلى مادون الصفر(مبارك، 2004). يؤدي تسرب الماء إلى جسم الطريق للإسراع في تخريبه، وتكون مصادر تسرب الماء لجسم الطريق إما من الأعلى إلى الأسفل ناتجة عن نفوذية الخلائط الإسفلتية وعدم كثافتها، أو ناتجة عن وجود عدسات مائية أو بساط مائي تحت منشأة الطريق، في كلتا الحالتين يجب منع تسرب الماء لجسم الطريق لتقليل أثر الرطوبة وفعل الماء وتكرار حادثة التجمد والذوبان(Asphalt Paving Design Guide). حيث إن تغيرات كمية المياه في جسم الطريق يتبع للشروط البيئية والمناخية خلال فصول السنة، حيث يمثل الماء العنصر الأكثر تأثيراً على منشأة الطريق عموماً وعلى الخلائط الإسفلتية خصوصاً من خلال زيادة الرطوبة عن الحدود المسموح بها، ويؤدي لحدوث مبكر لظاهرة تعري الحصويات من الرابط الإسفلتي (Prithvi S ; Kandhal, 1992). عموماً، يمكن تعزيز الديمومة لخلائط الرصف الإسفلتي بثلاث طرائق: (1) تصميم الخلائط الإسفلتية باستخدام التدرج الحبي الكثيف المقاوم للرطوبة. (2) الحد الأقصى المسموح لسماكة الرابط الإسفلتي المغلف للحصويات (Film Asphalt). (3) رص الخلائط في منطقة المشروع بنسبة فراغات هوائية بين 3-5% (E. Ray; PrithviS; Kandhal; Jingna, 2001). يهدف هذا البحث لأجراء مجموعة من الاختبارات المخبرية لبيان أثر الصقيع على الخلائط الإسفلتية الطبيعية وتحسين أدائها وسط الظروف المناخية والبيئية المختلفة التي يمكن أن تتعرض لها أثناء وضعها في الخدمة، وذلك بتعرض العينات المكونة من الرابط الإسفلتي الطبيعية لدورات متكررة من التجمد

والذوبان ومقارنتها مع أداء الخلائط الإسفلتية النفطية تحت تأثير التجمد والذوبان أيضاً. كما تهدف هذه الدراسة لبيان أثر إضافة إسفلت نفطي والبولي إيثيلين إلى الخلائط الإسفلتية الطبيعية.

3- طريقة البحث:

استخدمت المواد الحصوية الكلسية المكسرة المحلية المتوفرة في مدينة حلب، حيث جُلبت من منطقة الطامورة وهي منطقة تقع على بعد حوالي 25 كم إلى الشمال الغربي لمدينة حلب، وهي نوعية متجانسة وخالية من الحجارة المتسفة والمواد العضوية والحجارة الضارة (القطر الأعظمي للحصويات لا يتجاوز 19mm). اعتمدت المواصفات والشروط الفنية السورية للحصويات المستخدمة بتشكيل الخلائط الإسفلتية.

تم إضافة إسفلت بشري إلى المواد الحصوية بنسب متزايدة ومنتظمة، حيث استخدمت نسب إسفلت بشري مختلفة تبدأ من 20% إسفلت بشري و 80% مواد حصوية وتزداد بنسبة 5% إلى أن تصل 45% إسفلت بشري و 55% مواد حصوية، وتحدد نسب الحصويات بناءً على نوع التركيب الحبي ونسب الإسفلت التابعة لكل تركيب، تم تحضير ثلاث عينات من الخلائط الإسفلتية الطبيعية حسب مواصفات ASTM D1559-82 لكل من نسب إسفلت بشري الستة، تم رص العينات وفق طاقات رص متغيرة 35 و 50 و 75 ضربة على كل وجه، وكذلك تم استخدام ثلاث درجات حرارة مزج 150 و 160 و 170 درجة مئوية، فمثلاً من أجل 35 ضربة تم خلط العينات وفق درجات حرارة 150 و 160 و 170، أي حضرت تسع عينات تحوي نسبة إسفلت بشري 20% ومواد حصوية 80% وفق طاقة الرص 35 وطريقة وهكذا بالنسبة للنسب الأخرى لإسفلت بشري وطاقة الرص 50 و 75.

تم تحضير عينات مرجعية من الخلائط الإسفلتية النفطية، حيث تم إضافة إسفلت نفطي بنسب (4-6.5)% من الوزن الكلي للمزيج المكون من الحصويات والإسفلت وفق طاقة رص 75 وطريقة ودرجة حرارة خلط 155 درجة مئوية. أما

بالنسبة للخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي تم إضافة كل من إسفلت البشري الطبيعي والإسفلت النفطي إلى المواد الحصوية، حيث تم إضافة إسفلت نفطي إلى خلائط الإسفلت البشري الطبيعي بنسب تتراوح من 10% إلى 50% وبتزايد قدره 5%، أي 10% إسفلت نفطي و 90% إسفلت بشري من الوزن الكلي لإسفلت البشري.

شُكِّلت الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين إسفلت بشري ونفطي والبولي إيثيلين، حيث تم إضافة البولي إيثيلين بنسب تتراوح من 1% و 2% و 3% و 4% من نسبة كل من الإسفلت النفطي والطبيعي. مُزج البولي إيثيلين مع الإسفلت النفطي أولاً في خلط خاص لمزج الملائم الإسفلتي، حيث سُخِّن الإسفلت النفطي والبولي إيثيلين في غلاية مع الخلط اليدوي بدرجات حرارة 160 و 170 و 180 درجة مئوية، بعدها تم خلط كل من البولي إيثيلين والإسفلت النفطي وإسفلت البشري مع الحصويات.

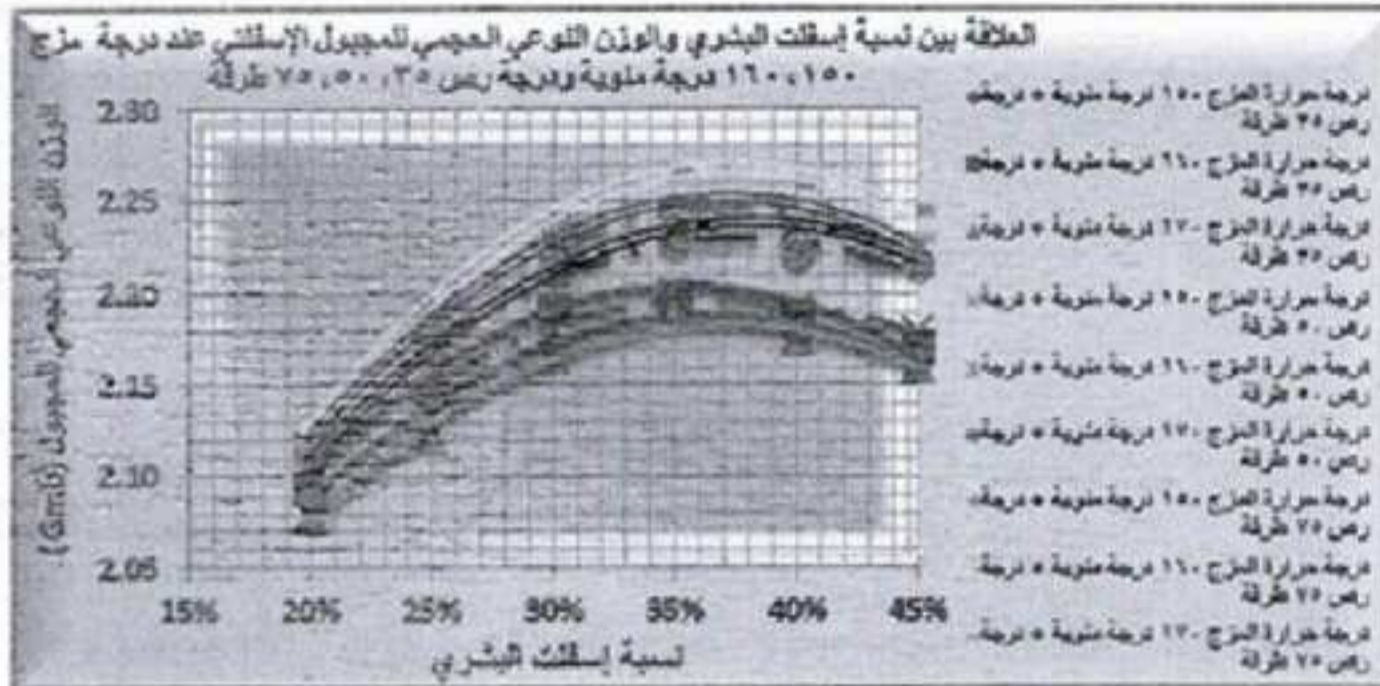
بعد أن تم تحديد نسبة الإسفلت الأصولية للخلائط الإسفلتية السابقة، ودرجة حرارة الخلط وطاقة الرص المناسبة، تم دراسة تأثير التجمد والذوبان، حيث وضعت كل الخلائط الإسفلتية بأنواعها الأربعة في مجمدة بدرجة حرارة (-18) درجة مئوية لمدة 24 ساعة، ومن ثم تم أخراجها ووضعها في الحمام المائي بدرجة حرارة 60 درجة مئوية لمدة 24 ساعة، أي أن مدة دورة التجمد والذوبان هي 48 ساعة. بالنسبة لعدد دورات التجمد والذوبان فقد اعتمد البرنامج الزمني التالي (1,2,3,5,7,10) دورة، ولكل منها ثلاث عينات، ثم تم تحديد الخواص الميكانيكية والفيزيائية للخلائط الإسفلتية الطبيعية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والنفطية والمعدلة بالبولي إيثيلين.

4- النتائج والمناقشة:

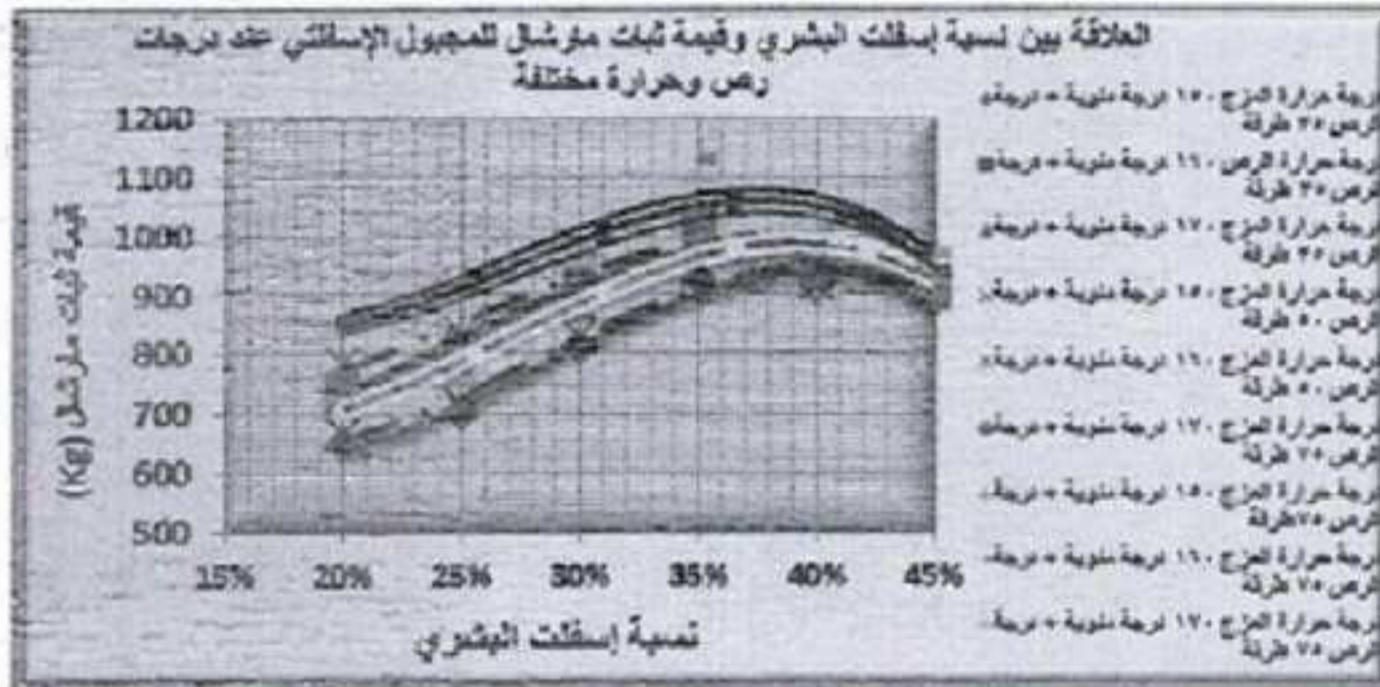
4-1 تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخلائط الإسفلتية الطبيعية:

إن نتائج الاختبارات التي خضعت لها الخلائط الإسفلتية الطبيعية تم تمثيلها بالأشكال التالية (4-1، a، b، c، d، e)، وتمثل القيم الوسطية لكل من الوزن النوعي

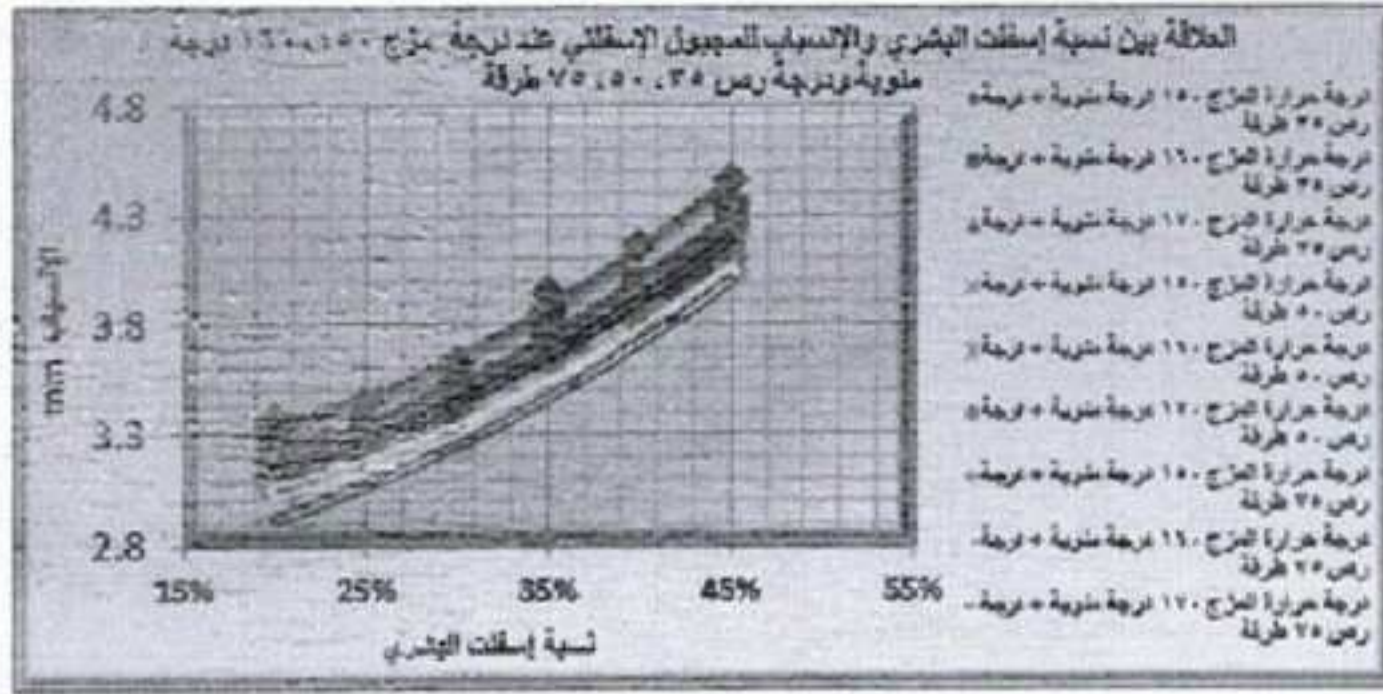
الحجمي لعينات الإسفلت (Gmb) وقيمة ثبات مارشال والانسياب ونسبة الفراغات الهوائية (Pa) ونسبة فراغات المواد الحصوية (VMA) ونسبة الفراغات المليئة (FVA).



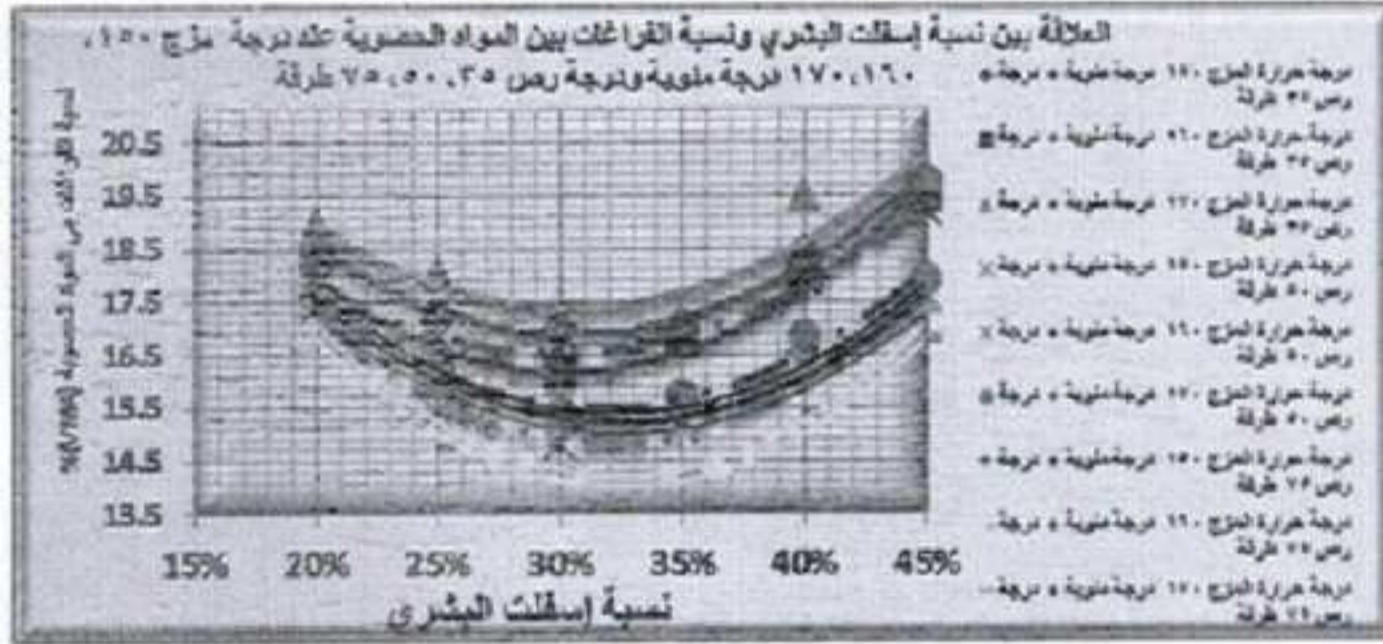
الشكل (a.1-4)



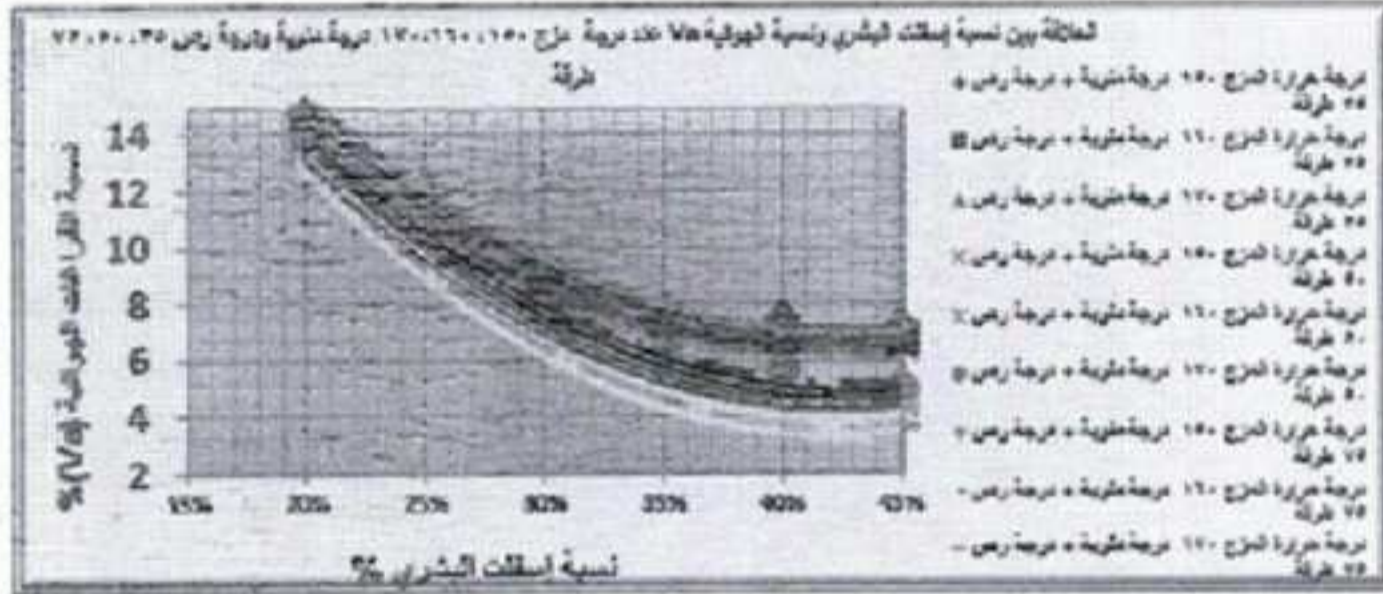
الشكل (b.1-4)



الشكل (c، 1-4)



الشكل (d، 1-4)



الشكل (e، 1-4)



الشكل (f,1-4)

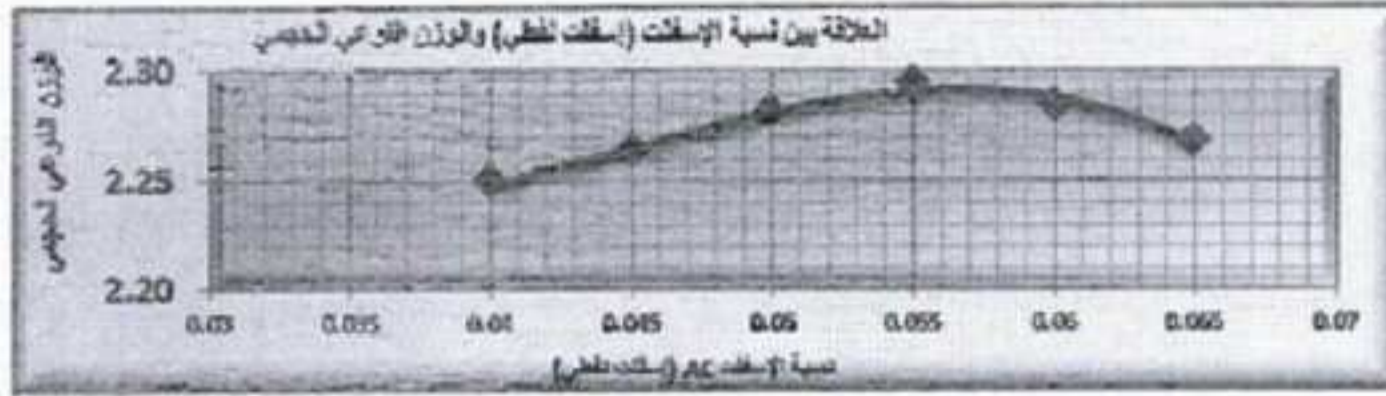
تؤدي زيادة درجة الحرارة الخلط من 150 إلى 160 درجة مئوية لتقليل لزوجة الإسفلت مما يساعد بتغليف أفضل للمواد الحصوية بطبقة مناسبة وإعادة تشكيلها وسهولة انزلاقها وتداخلها مع بعضها البعض، وهذا يقود لزيادة قيم ثبات مارشال والوزن النوعي الحجمي ونسبة الفراغات المليئة بالإسفلت (FVA)، وتقل قيم الانسياب والفراغات بين المواد الحصوية (VMA) ونسبة الفراغات الهوائية (Pa). حيث تؤدي زيادة درجة الحرارة من 160 إلى 170 درجة مئوية لتطاير المواد الطيارة من الإسفلت وحرق لمواده مما يزيد من لزوجة الإسفلت ونقصه وبالتالي لصعوبة انزلاق الحصويات وتداخلها فيما بينها وهذا يقود لنقص قيم ثبات مارشال والوزن النوعي الحجمي ونسبة الفراغات المليئة بالإسفلت (FVA)، وتزداد قيم الانسياب والفراغات بين المواد الحصوية (VMA) ونسبة الفراغات الهوائية (Pa). كذلك تؤدي زيادة طاقة الرص لتقارب الحصويات وتعتيقها فيما بينها وبالتالي زيادة في الوزن النوعي الحجمي وقيم ثبات مارشال ونسبة الفراغات المليئة بالإسفلت وتقل من قيم الانسياب ونسبة الفراغات الهوائية والفراغات بين المواد الحصوية. بعد أن تم تمثيل العلاقة بين نسبة إسفلت البشري والخواص الفيزيائية والميكانيكية للخلطة الإسفلتية، مما تقدم يستنتج أن درجة حرارة الخلط 160 درجة مئوية ودرجة الرص المثالية هي 75 طنقة، وهما اللتان تعطيان نسبة الإسفلت الأصولية للخلائط الطبيعية، وهي المتوسط الحسابي لنسبة الإسفلت التي

تُعطي وزن حجمي نوعي وثبات مارشال أعظميان ونسبة فراغات هوائية 4%، تم إيجاد نسبة إسفلت البشري الأصولية وهي 37.5% إسفلت بشري من الوزن الكلي للمزيج المُشكل من المواد الحصوية وإسفلت البشري الطبيعي.

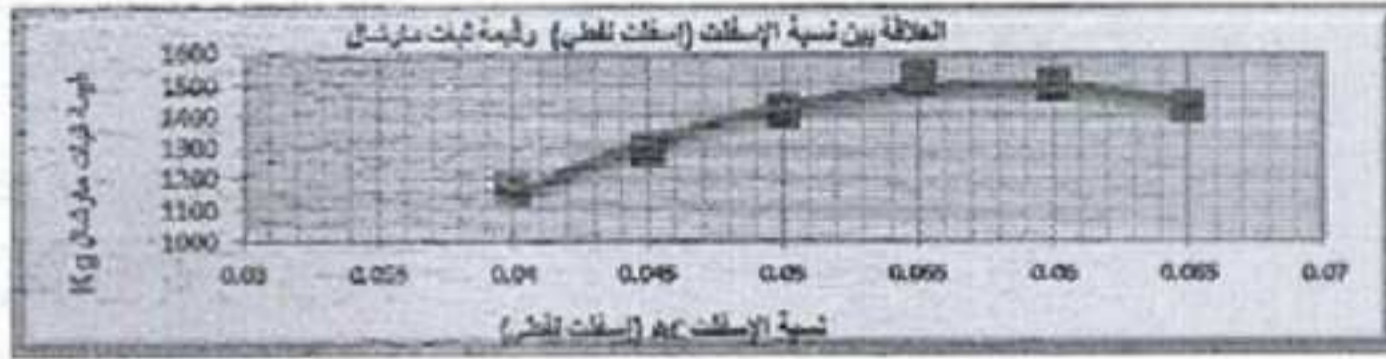
٢-٤ تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخلائط الإسفلتية النفطية:

تبين الأشكال (a,b,c,d,f-2-4) الخواص الخصائص الفيزيائية والميكانيكية

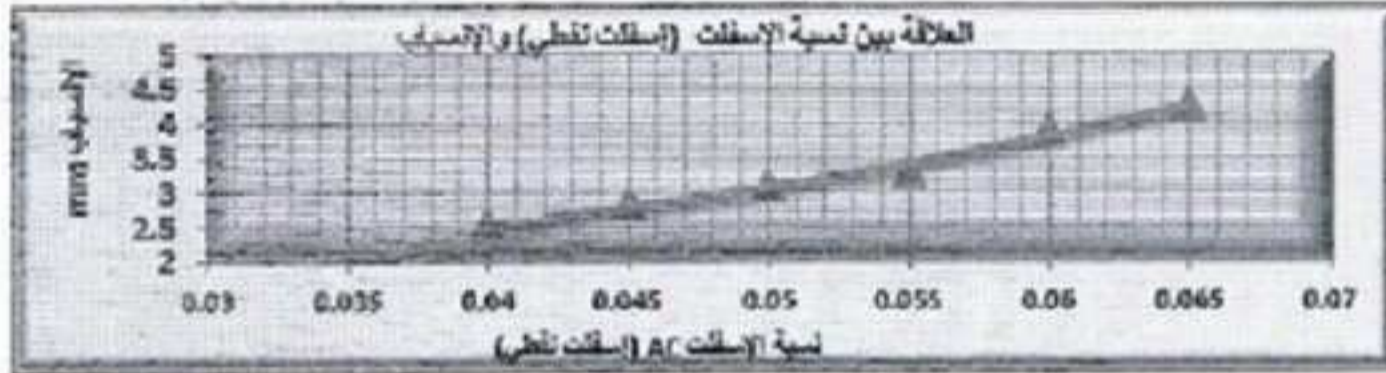
للخلائط الإسفلتية النفطية.



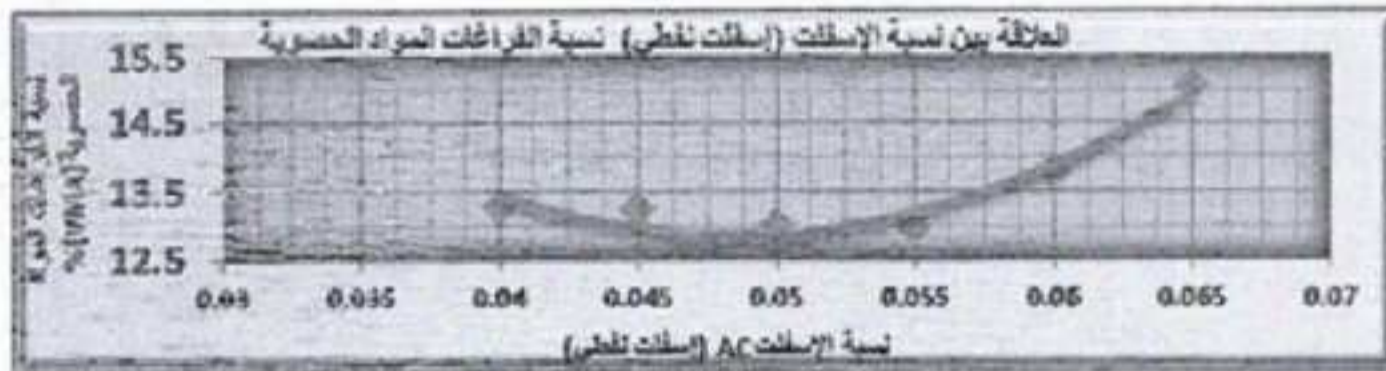
الشكل (a-2-4)



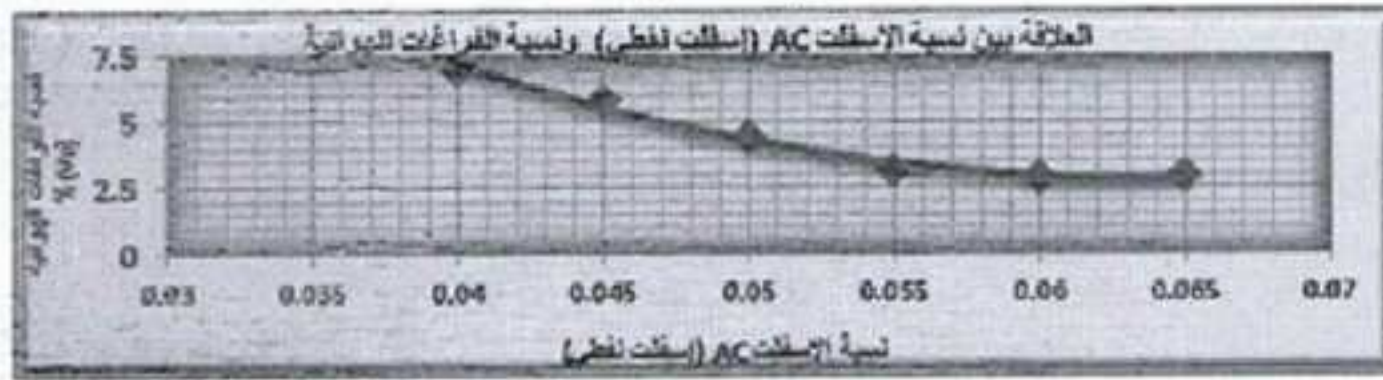
الشكل (b-2-4)



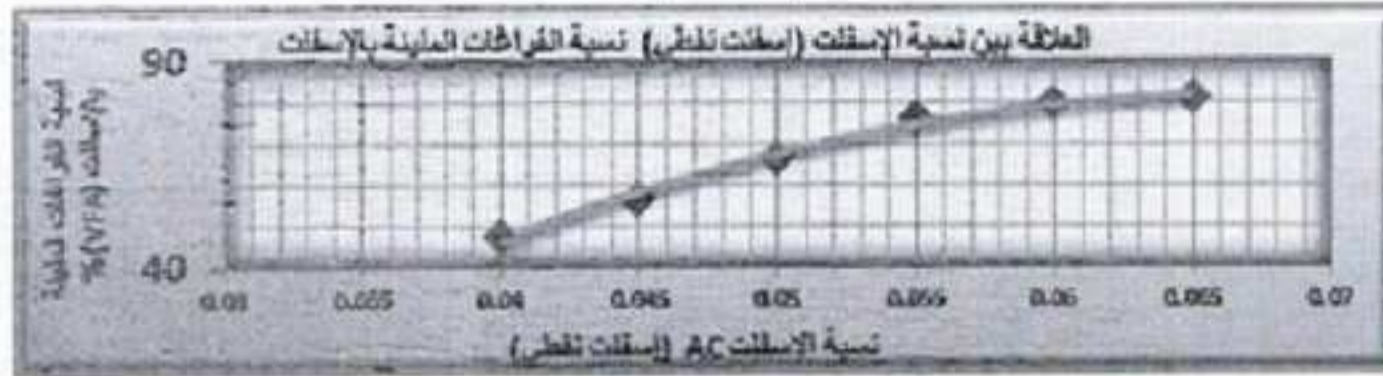
الشكل (c-2-4)



الشكل (d,2-4)



الشكل (e,2-4)

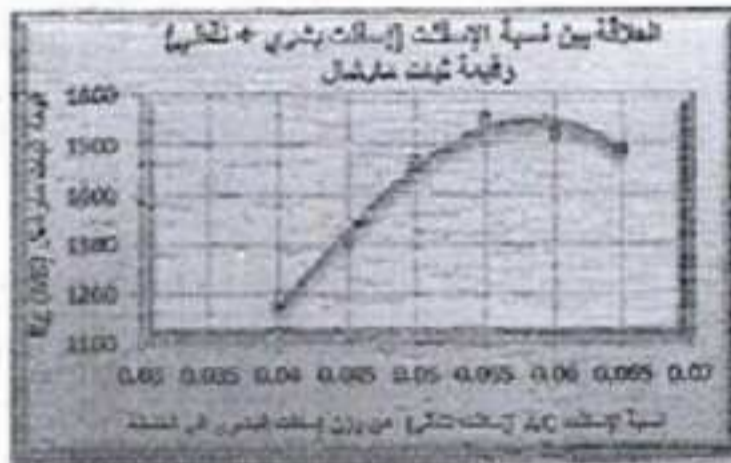


الشكل (f,2-4)

نسبة الإسفلت الأصولية التي توافق ثبات وزن نوعي حجمي أعظمي ونسبة فراغات هوائية 4% هي 5.53% من الوزن الكلي للخلات الإسفلتية. 3-4 تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخلات الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي:

بعد أن تم تعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه الخلطات، مُلت النتائج

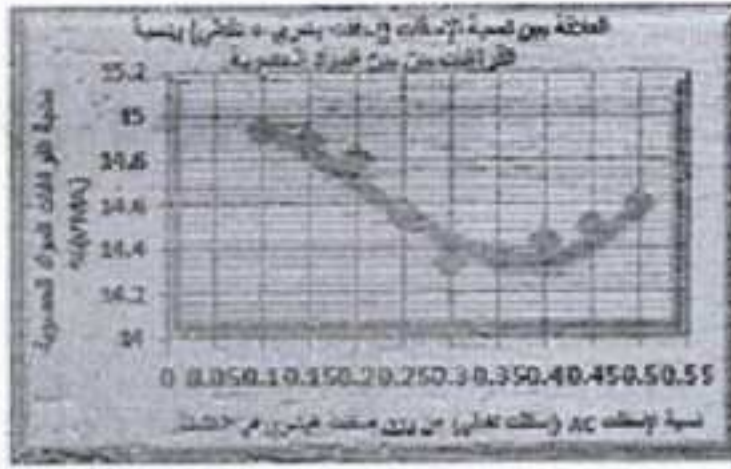
في الأشكال التالية (a,b,c,d,e,f-3-4).



الشكل (b-3-4)



الشكل (a-3-4)



الشكل (d-3-4)



الشكل (c-3-4)

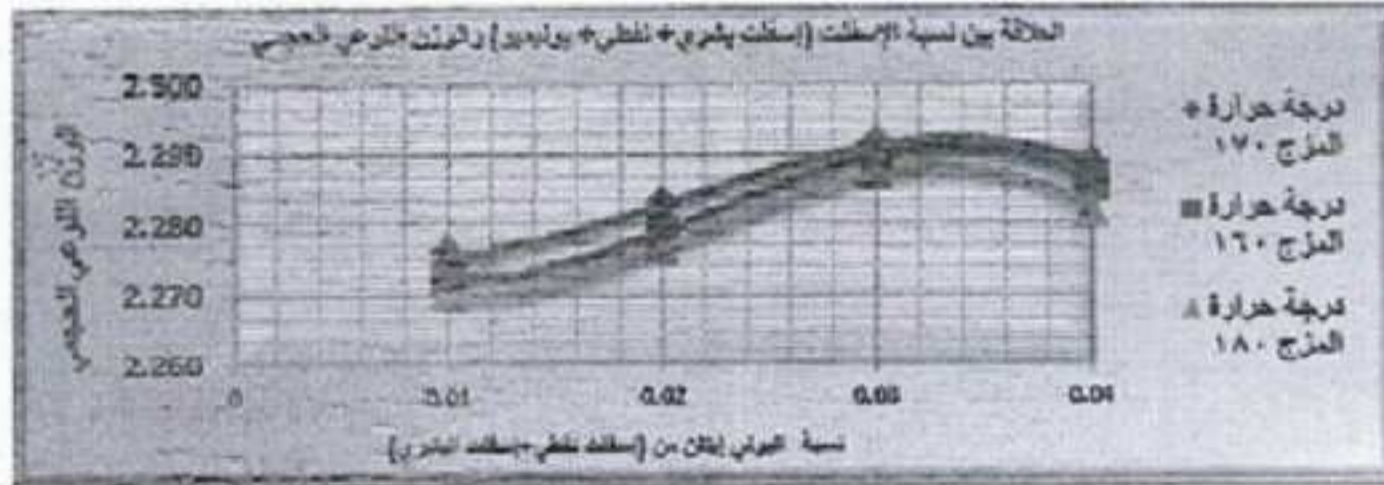


الشكل (f-3-4)

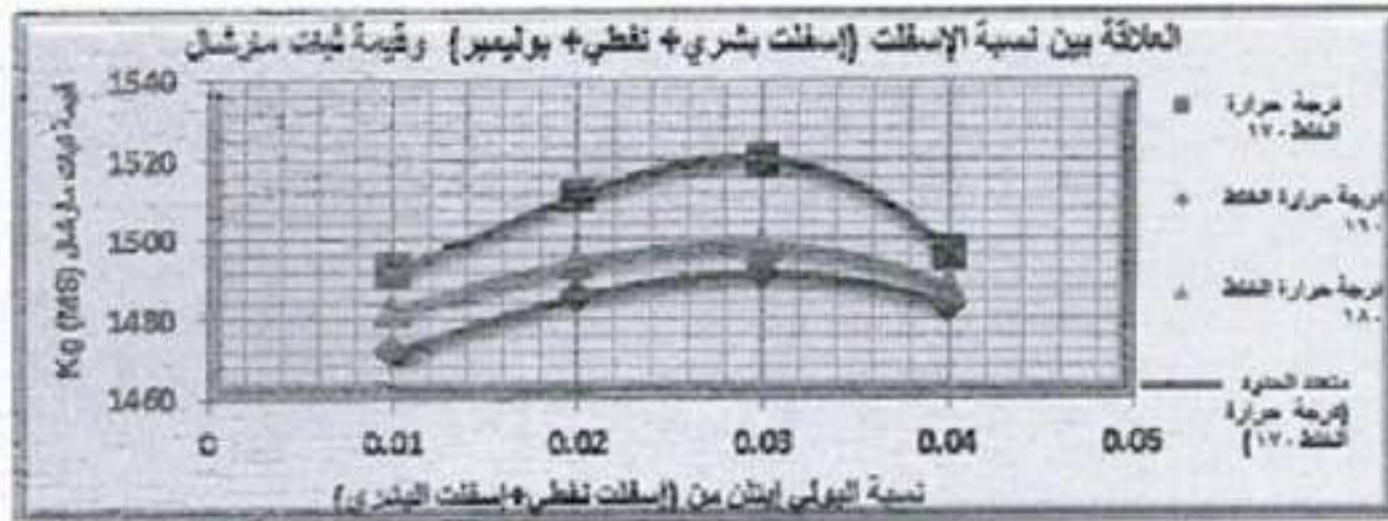


الشكل (e-3-4)

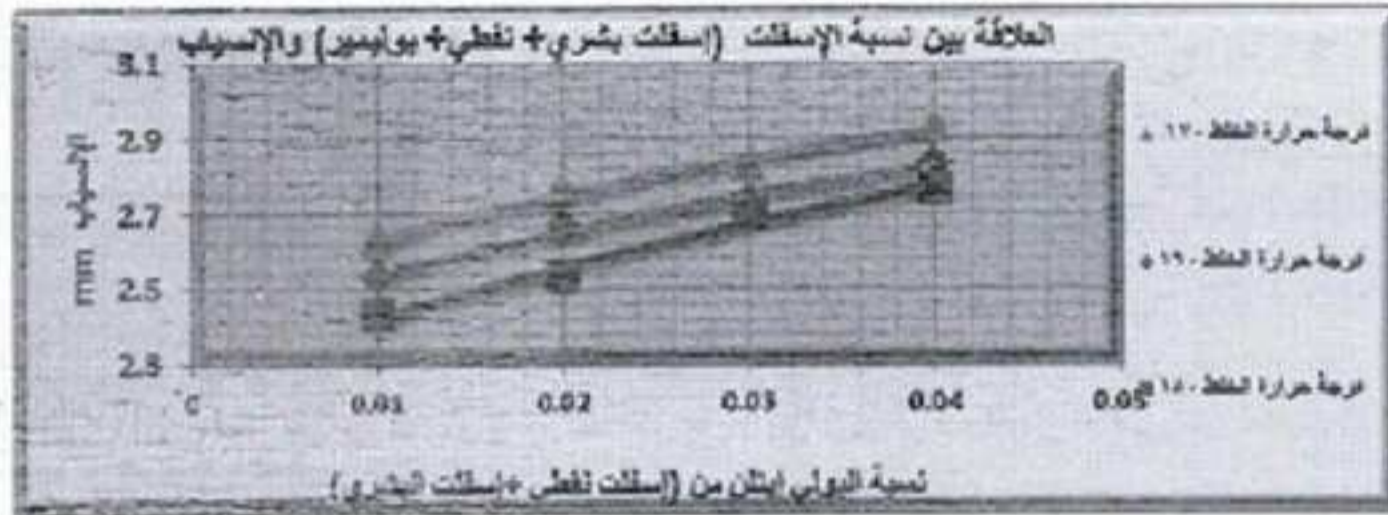
من المخططات التالية يُستنتج أن نسبة الإسفلت الأصولية 28.91% إسفلت نطفي من وزن إسفلت البشري الطبيعي.
 4-4 تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نطفي وبالبولي إيثيلين:
 تُبين الأشكال (a,b,c,d,e,f-4-4) الخواص الميكانيكية والفيزيائية للخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النطفي والبولي إيثيلين.



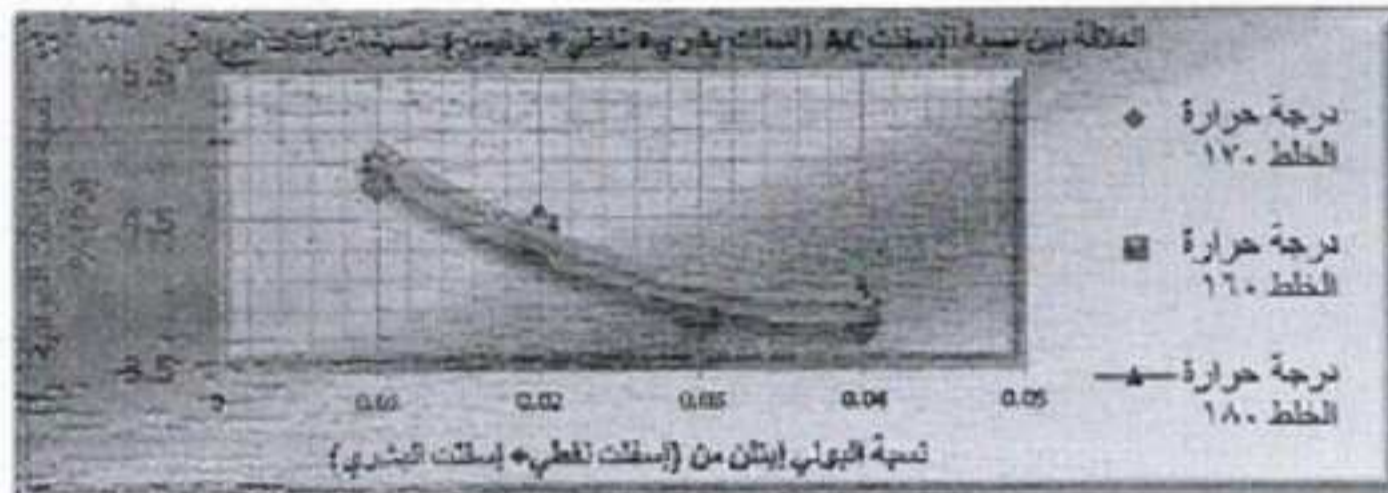
الشكل (a-4-4)



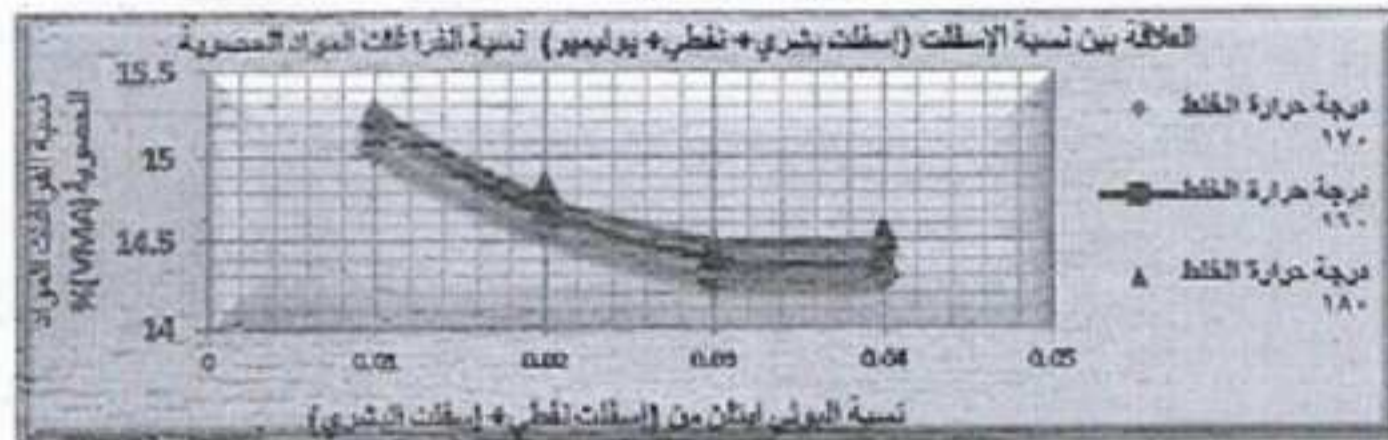
الشكل (b-4-4)



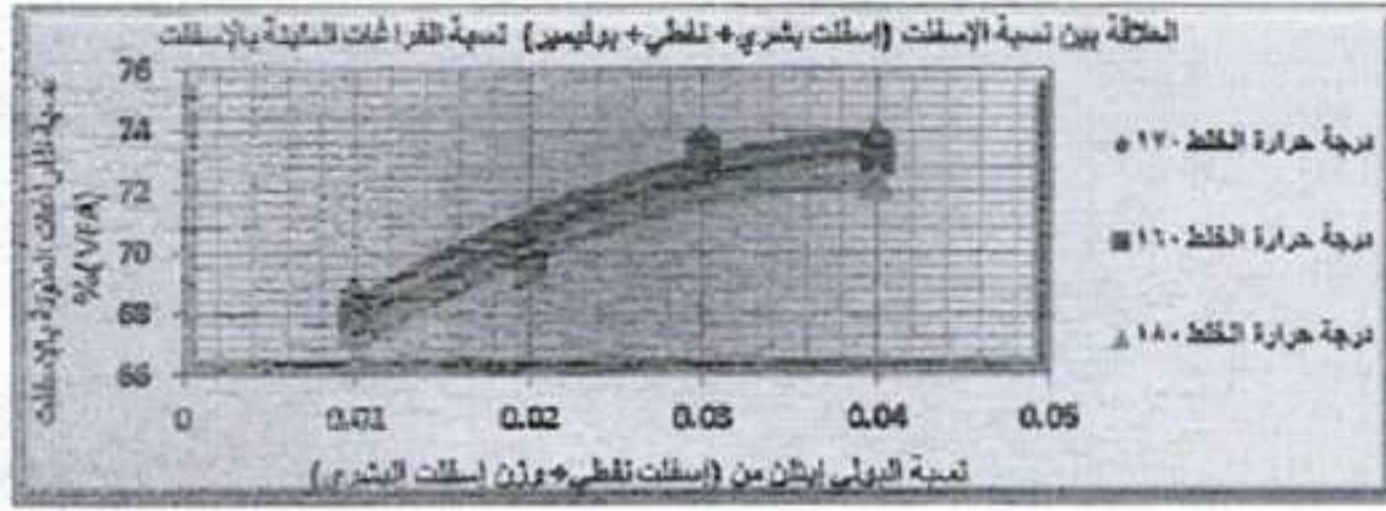
الشكل (c-5-4)



الشكل (d-5-4)



الشكل (e-4-4)

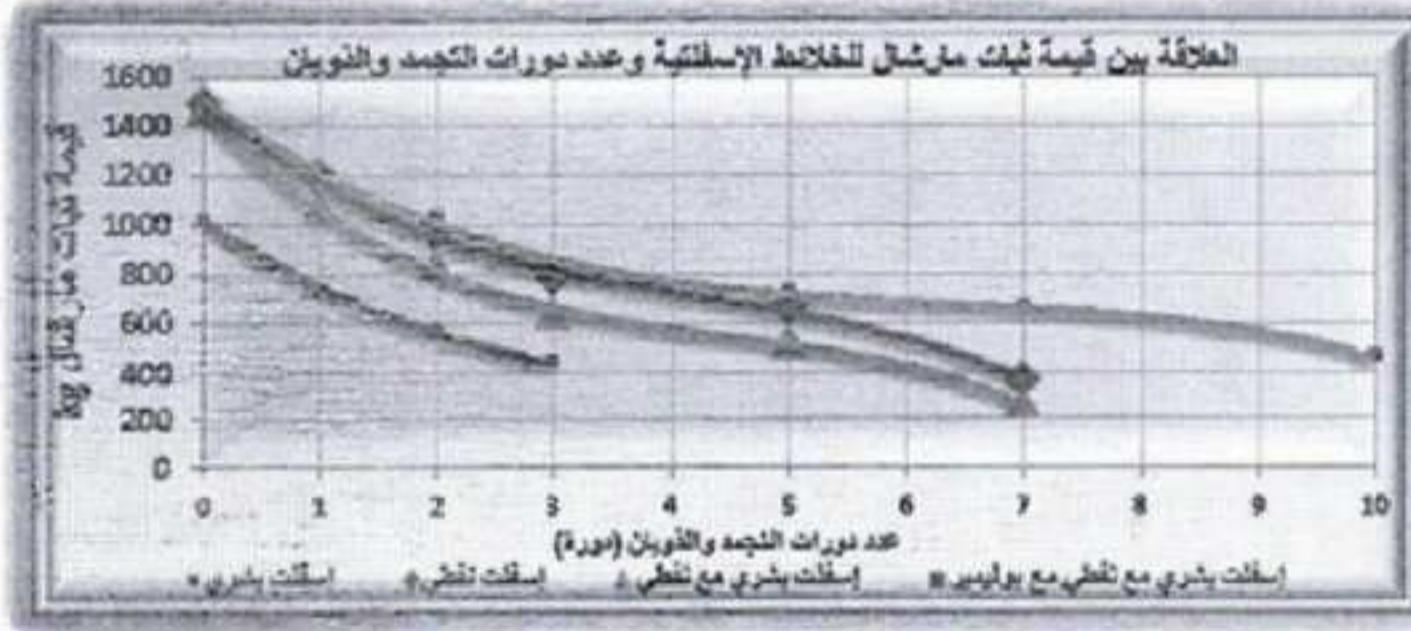


الشكل (f-4-4)

تم تحديد نسب البولي إيثيلين التي تُعطي قيمة ثبات ووزن نوعي أعظمى وقيمة فراغات هوائية 4%، وهي 2.9% من وزن الإسفلت البشري والنفطي والتي تُعطي نسبة الإسفلت الأصولية.

5-4 تأثير دورات التجمد والذوبان على الخواص الميكانيكية للخلات الإسفلتية:

تم تحضير عينات مارشال وفق النسب الأصولية للخلات الإسفلتية الطبيعية والنفطية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين، حيث وضعت بمجمدة بدرجة حرارة (-18) لمدة 24 ساعة ومن ثم أخرجت ووضعته بحمام مائي لمدة 24 ساعة وفق جدول زمني (10,7,5,3,2,1) دورة. يؤثر تكرار دورات التجمد والذوبان كثيراً في قيم ثبات مارشال لكافة الخلات الإسفلتية المستخدمة بهذا البحث كما هو موضح بالشكل (5-4).

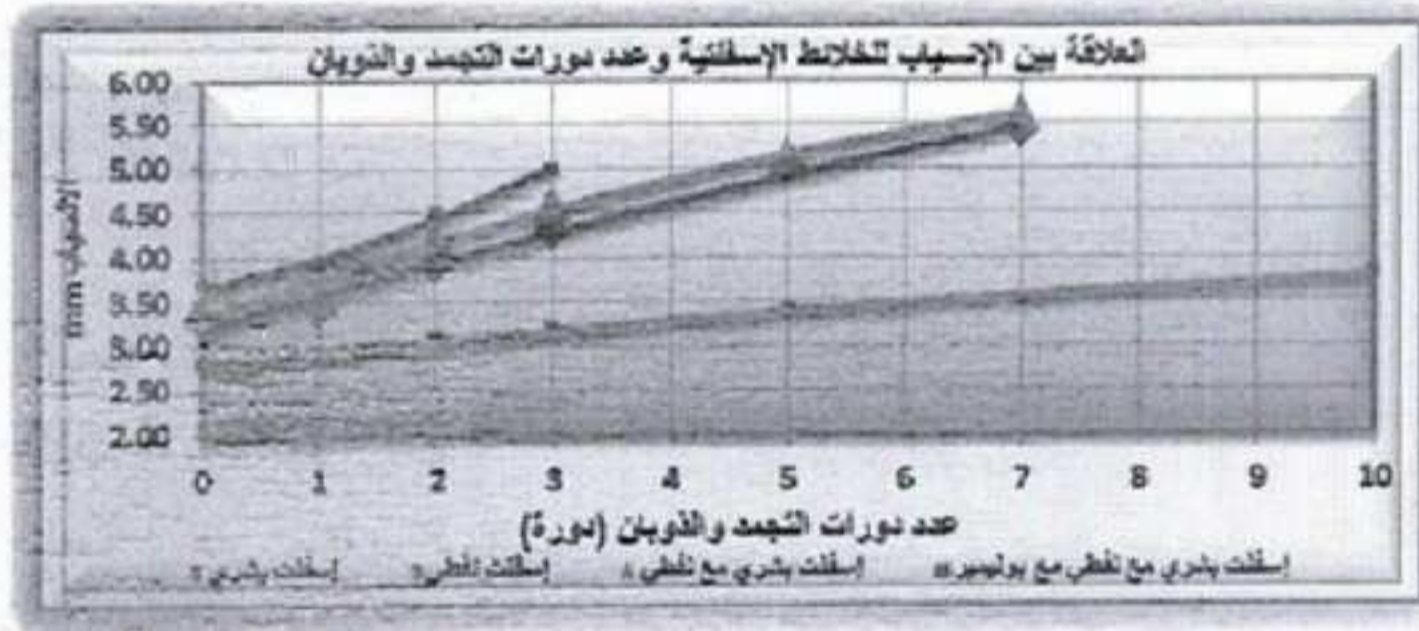


الشكل (4-5)

لا تقاوم عينات مارشال المحضرة من الإسفلت الطبيعي أكثر من ثلاث دورات تجمد وذوبان، في حين أن العينات المحضرة من كل الإسفلت النفطي والإسفلت الطبيعي- النفطي تستطيع أن تصل للدورة السابعة من التجمد والذوبان، كما وأن العينات المحضرة من الإسفلت الطبيعي والمعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين استطاعت الصمود للدورة العاشرة من التجمد والذوبان. تتقارب قيم ثبات مارشال للعينات المحضرة من الإسفلت الطبيعي والمعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين وعينات الخلائط النفطية حتى الدورة الخامسة من التجمد والذوبان، وذلك لأن البولي إيثيلين ساعد على زيادة خاصتي التماسك واللصق للإسفلت وبالتالي تحمّل أكبر. تتخفّض قيم ثبات مارشال في الدورة الأولى للتجمد والذوبان بنسبة 38.89% في الخلائط الطبيعية وفي الدورة الثانية 28.57% وعند الدورة الثالثة 30.23%. تزداد قيم ثبات مارشال للخلائط المحضرة من الإسفلت الطبيعي-النفطي عن تلك المحضرة من إسفلت البشري عند الدورة الثالثة بنسبة تصل 46%، أما في الدورة السابعة تصل نسبة الزيادة في قيم ثبات مارشال إلى 136.53% في الخلائط الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين عن الخلائط الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي وكذلك تزيد بنسبة 79% عن الخلائط الإسفلتية النفطية. أن زيادة عدد دورات التجمد والذوبان أدت لغسل وأكسدة طبقة الإسفلت المحيطة بالمواد الحصوية وبالتالي تقسية وشيخوخة الرابط الإسفلتي الأمر الذي يؤدي لدخول الماء للمسامات ووصله إلى المجال الفاصل بين الحصويات والرابط الإسفلتي، ويقود هذا لانخفاض ميزة اللصق، وبتكرار حادثة التجمد والذوبان فإن الماء المحصور ضمن المسامات والفراغات الهوائية يزداد حجمه مسبباً إجهادات شد وضغط داخلية تقوم بإضعاف خاصية التماسك للرابط الإسفلتي، وفي الوقت الذي تفوق به هذه الأجهادات لقوة التماسك والترابط بين المواد الحصوية تبدأ عينات الخلائط الإسفلتية بالانهيار والتفكك وبالتالي تعطي قيماً متدنية للثبات. يستنتج مما سبق أن إضافة إسفلت نفطي للخلائط الإسفلتية الطبيعية يؤدي لتحسين أداء تلك الخلائط

وزيادة مقاومتها لتكرار حادثة التجمد والذوبان، وكذلك فإن إضافة البولي إيثيلين ساعدت كثيراً في زيادة قيم ثبات مارشال وبالتالي تحسين مقاومة الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين لتأثير حادثة التجمد والذوبان.

الشكل (4-6) يمثل العلاقة بين الانسياب وعدد دورات التجمد والذوبان، حيث تزداد قيم الانسياب مع زيادة عدد دورات التجمد والذوبان، ويُلاحظ بأن هناك فارق كبير بين قيم الانسياب في الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت النفطي والبولي إيثيلين والخلائط الطبيعية والخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت النفطي وتقارب إلى حد ما بين قيم الانسياب لدى الخلائط الإسفلتية النفطية والطبيعية المعدلة بالإسفلت. يبلغ الفرق بين القيمة العليا والقيمة الصغرى للانسياب في الخلائط الإسفلتية الطبيعية 36%، وفي الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت النفطي 35%، وفي الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي وبولي إيثيلين 14.29%، وعند الخلائط النفطية 30.30%، وذلك عند الدورة الثالثة.

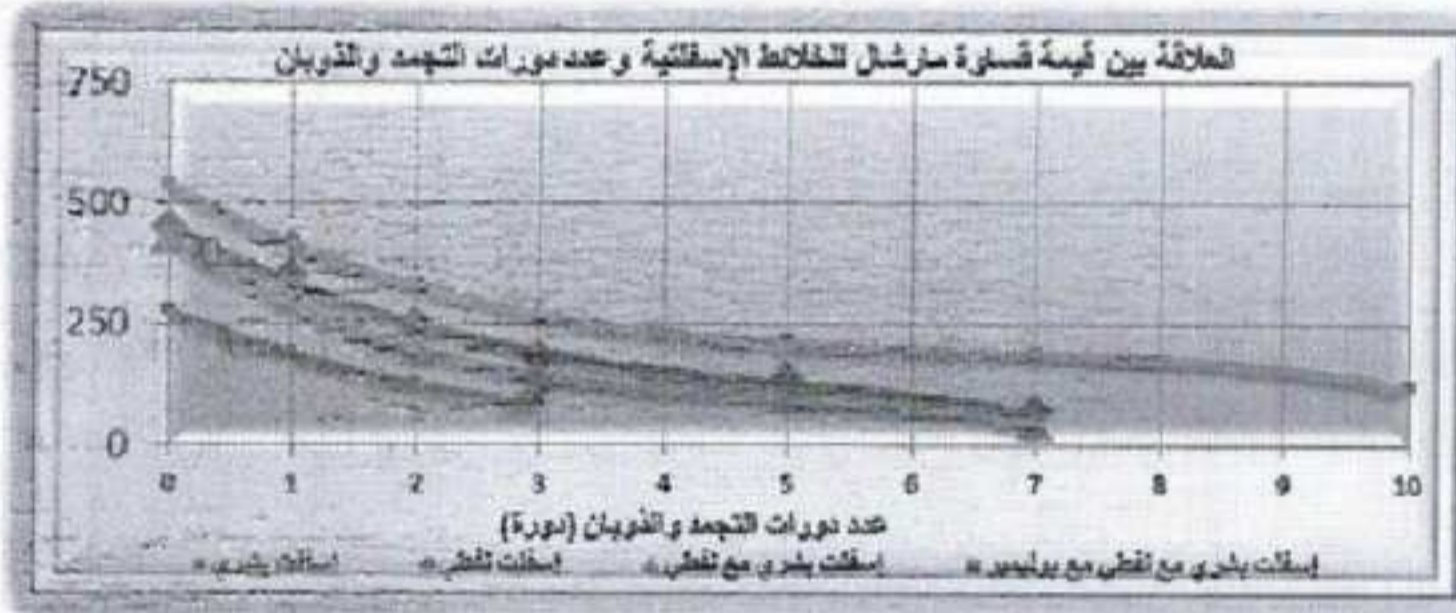


الشكل (4-6)

في الخلائط الإسفلتية الطبيعية تزداد قيمة الانسياب بنسبة 5.69% عن العينة المرجعية (بدون أية دورة تجمد والذوبان) في الدورة الأولى للتجمد والذوبان وفي الدورة الثانية ترتفع النسبة إلى 15.38% وعند الدورة الثالثة تزداد بنسبة 11.12%، أما بالنسبة للخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت النفطي والبولي إيثيلين فإن الزيادة تكون أقل، فمن أجل الدورة الأولى تزيد القيم بنسبة 3.6% عن

العينة المرجعية والدورة الثانية 6.9% والدورة الثالثة 3.23% وفي الدورة الخامسة 6.25% وفي الدورة السابعة 2.9%. يمكن ملاحظة أن قيم الانسياب عند الدورة الثالثة تنخفض بنسبة 56.25% في الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين مما عليه في الخلائط الإسفلتية الطبيعية وبنسبة 44% عن الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي وبنسبة 34% عن الخلائط الإسفلتية النفطية. مما تقدم يتبين إن إضافة كل من الإسفلت النفطي والبولي إيثيلين للخلائط الإسفلتية الطبيعية ساعد في خفض قيم الانسياب الأمر الذي أدى لزيادة قدرة الخلائط على مقاومة التجمد والذوبان.

إن الشكل (4-6) يُجسد العلاقة بين عدد دورات التجمد والذوبان وقساوة مارشال، ويمكن ملاحظة أن قيم القساوة تنخفض مع زيادة عدد دورات التجمد والذوبان للخلائط الإسفلتية الطبيعية والخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والنفطية والخلائط الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين.

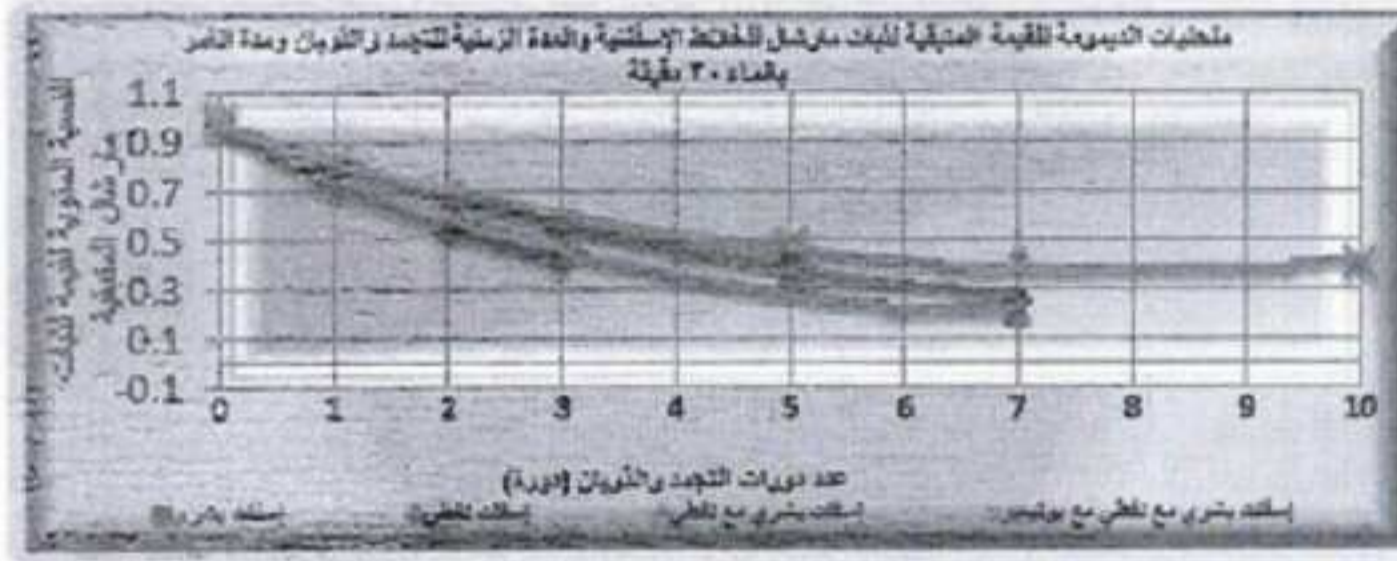


الشكل (4-7)

تملك الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين أكبر قيم لقساوة مارشال فتزداد بنسبة 195.39% عن الخلائط الإسفلتية الطبيعية وبنسبة 86% عن الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي وبنسبة 43.37% عن الخلائط الإسفلتية النفطية وذلك عند الدورة الثالثة للتجمد والذوبان. تتقارب إلى حد ما قيم القساوة بين الخلائط الإسفلتية النفطية والخلائط

الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي عند الدورة السابعة من التجمد والذوبان، بينما تزداد قيم القساوة في الخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين بنسبة 176.22% عن الخلائط النفطية. مما تقدم يتبين إن استخدام الإسفلت النفطي للخلائط الطبيعية أدى لزيادة قساوة مارشال، وكذلك بالنسبة لإضافة البولي إيثيلين للخلائط الطبيعية وذلك بفضل تحسين خاصتي اللصق والتماسك للإسفلت.

يبين الشكل (4-6) العلاقة بين القيم المتبقية لثبات مارشال وعدد دورات التجمد والذوبان وتدعى هذه العلاقة بمنحنيات الديمومة.



الشكل (4-8)

يبقى سلوك كل الخلائط الإسفلتية النفطية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين متقارباً حتى الدورة الخامسة من التجمد والذوبان كما هو موضح من خلال منحنيات الديمومة، كما ويتبين وجود اختلاف ملحوظ بين سلوك الخلائط الإسفلتية الطبيعية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي من جانب والخلائط النفطية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين من جانب آخر في الدورة الأولى والثانية والثالثة من التجمد والذوبان، حيث يبلغ الفقد في الديمومة 27، 44، 56% تقريباً في الدورة الأولى والثانية والثالثة من التجمد والذوبان على التوالي للخلائط الإسفلتية الطبيعية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي، ويبلغ النقص في الديمومة والخلائط النفطية والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين 20، 35، 45% تقريباً في الدورة الأولى والثانية والثالثة من التجمد والذوبان

على التوالي، ولهذا لا يمكن الحكم على سلوك هذا الخليط من خلال دورة تجمد وذوبان، لكن عند الدورة السابعة يظهر الفرق بين كل من الخليط الإسفلتي النفطي والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي من جهة والخليط النفطي والطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين من جهة أخرى، حيث تخسر الخليط الإسفلتي الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي 80% من ديمومتها وكذلك تفقد الخليط النفطي 75% عند الدورة السابعة من التجمد والذوبان، في حين أن الخليط الإسفلتي الطبيعي المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين لا تفقد أكثر من 56% من ديمومتها عند الدورة نفسها وفي الدورة العاشرة لا يطرأ تغير كبير على ديمومة هذا الخليط حيث لا يتجاوز الفقد في الديمومة عن 59%.

5- الاستنتاجات:

يُمكن إيجاز النتائج التي تم التوصل إليها بما يلي:

1. إن نسبة إسفلت البشري الطبيعي الأصولية المضاف للمواد الحصوية بلغت 37.5% من الوزن الكلي المكون من الإسفلت والمواد الحصوية، كما دلت التجارب على أن درجة حرارة خلط المواد الحصوية مع إسفلت البشري هي 160 درجة مئوية، وأن طاقة الرص المناسبة لرص العينات هي 75 طرفة.
2. بلغت نسبة الإسفلت النفطي المضاف للخليط الإسفلتي الطبيعية 29% تقريباً من نسبة إسفلت البشري الداخلة في تركيب الخليط الإسفلتي الطبيعية. وكذلك فإن نسبة البولي إيثيلين المضافة للإسفلت النفطي والبشري 2.9% من وزن الإسفلت النفطي والبشري، وبلغت درجة حرارة خلط البولي إيثيلين مع الإسفلت النفطي والطبيعي 170.
3. أظهرت الاختبارات لتقييم ديمومة الخليط الإسفلتي بتأثير عدد دورات التجمد والذوبان أفضلية الخليط الإسفلتي الطبيعية المعدلة بالإسفلت النفطي والبولي إيثيلين على الخليط الأخرى، فلم تستطع عينات الخليط الإسفلتي الطبيعية تحمل (3) دورات من التجمد والذوبان، والخليط الإسفلتي النفطي والطبيعية المعدلة بإسفلت

نفطي تحطمت عند (7) دورات تجمد وذوبان، في حين استطاعت الخلائط الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي والبولي إيثيلين البقاء للدورة (10) من التجمد والذوبان. 4. أدى استخدام البولي إيثيلين كمحسن للخلائط الإسفلتية الطبيعية المعدلة بإسفلت نفطي لتحسين ديمومة هذه الخلائط بشكل كبير بتأثير المدة الزمنية للتجمد والذوبان. 6- المراجع:

المراجع العربية

- 1- المويليمي صالح، 2002 - تصميم الخلطات الإسفلتية للطرق سوهر بيف "Superpave". دار الخريجي للنشر والتوزيع، 257 صفحة.
- 2- حديدي فارس، 2009- استخدام خام زفت البشري في خلطات المجدول الإسفلتي الكثيف والساخن (HMADG) في الرصف المرن في سورية، بحث تم إعداده للمشاركة في أعمال المؤتمر السوري الثاني للطرق.
- 3- شلحوط عماد، 2007 - ديمومة الخلطات الإسفلتية باستخدام المواد الحصوية الكلسية. أطروحة دكتوراه مقدمة لجامعة دمشق-كلية الهندسة المدنية.
- 4- عاصي مروان، 2003- هندسة طبقات الرصف (الطرق 2). منشورات جامعة حلب- كلية الهندسة المدنية-مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، 333 صفحة.
- 5- مبارك محمد عمران، 2004 - هندسة الرصف. منشورات مكتب البحوث والاستشارات الهندسية، جامعة الفاتح - قسم الهندسة المدنية، ليبيا، 321 صفحة.

المراجع الأجنبية

- 6- Alfa M, 2008 – Utilization of Syrian Natural Asphalt in Hot Mix Concrete Mixture. Thesis of Doctor Submitted to the Faculty of Engineering at Cairo University, 185 page.
- 7-Asphalt Paving Design Guide, Published by the Asphalt Paving Association of Iowa. <http://www.apai.net/apai2003/designg...ositeSmFst.pdf>.

- 8-BadruM. Kiggundu and Freddy L. Roberts, 1988 - **Stripping In HMA Mixtures: State-of-the-art and Critical Review of Test Methods.**<http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep88-02.pdf>.
- 9- E. Ray Brown, PrithviS. Kandhal, and Jingna Zhang, 2001- **Performance Testing for Hot-Mix Asphalt.**<http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep01-05A.pdf>.
- 10- Prithvi S. Kandhal, 1992 - **Moisture Susceptibility of HMA Mixes: Identification of Problem and Recommended Solutions.**<http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep92-01.pdf>.
- 11-T.F.Wfs, 2006 - **The handbook of highway engineering.** Department of Civil Engineering - National University of Singapore.