مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (1) – 2026: 356-571

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (1) -2026: -356-371

الإدارة المثلى والاقتصادية لإستخدام الإسفلت الطبيعي البشري بإعادة تأهيل الشبكة الطرقية بسورية

مهند ألفا*[1]

*[1]. مدرس في المعهد التقاني الهندسي – جامعة دمشق
mohannad.alfa@damasusuniversity.edu.sy

الملخص:

يتوفر الاسفلت الطبيعي بسوريا في مقلعي البشرى وكفريا، يقتصر الاستخدام الحالي لهذا المورد الطبيعي على الطرق الفرعية ذات أحمال ضعيفة، يهدف البحث إلى دراسة استخدام هذا الاسفلت الطبيعي في الخلطات الاسفلتية المجهزة على الساخن والتي تستخدم في الطرق الرئيسة ذات الاحمال العالية، ويقدم البحث نتائج التجارب المعملية التي تم اجرائها طبقاً لمنهجية الدراسة واشتملت التجارب المعملية على استخلاص البيتومين من الاسفلت الطبيعي وثبات مارشال والتخدد، أظهرت النتائج أنه يمكن استخدام هذه المادة الطبيعية بالطرق الرئيسة ذات الاحمال العالية وذلك بعد الاخذ في الاعتبار بتوصيات هذه الدراسة.

ويهدف هذا البحث في مراحله الأولى تحديد الخصائص الطبيعية والميكانيكية والهندسية للمواد المنتجة المتاحة من الإسفلت الطبيعي بمختلف درجاتها وأنواعها والخلطات الأسفلتية الساخنة المستخدم بها هذه المواد ودراسة مدى تحقيق هذه الخصائص للمواصفات القياسية المنصوص عليها عالمياً، ثم يستهدف البحث دراسة أفضل الأساليب العلمية والإقتصادية والعملية المتاحة لتحسين خصائص تلك المواد وتطوير أسلوب استخدامها في الخلطات الأسفلتية الساخنة بسوريا بما يضمن تحقيق المواصفات الهندسية المطلوبة مع التأكد في نفس الوقت من تحقيق العمر الافتراضي للطرق المزمع استخدام تلك المواد المحسنة في إنشائها.

تشير النتائج بأن الإسفلت الطبيعي يفتقد الخصائص المطلوبة لضمان تحقيق العمر التصميمي لأي طريق نتيجة لتعرضه لعوامل التأكسد والبلمرة في فصلي الصيف والشتاء عبر ملايين السنين، ولقد أثبت البحث إمكانية تحسين تلك الخصائص باستخدام إضافات إقتصادية وعملية هي الأسفلت الطري نسبياً ذو درجة الغرز +300 وهو يعتبر فيول بنسبة عملية تتراوح بين (30–45%) تقريباً من وزن المادة الأسفلتية بالخلطة أو مخلفات زيوت التزييت المعتادة بنسبة 8% تقريباً، وتشمل أيضاً النتائج التفصيلية للأختبارات المختلفة التي تم إجراؤها على خلطات الرصف باستخدام هذه المحسنات ودراسة أسلوب تنفيذها في المجابل الأسفلتية المتنوعة، ويشمل أخيراً هذا البحث الخلاصة والتوصيات التي تم التوصل إليها سواء من النواحي العلمية أو العملية التطبيقية في مجالات رصف كافة أنواع الطرق بسوريا باستخدام الخلطات الأسفلتية الساخنة المصنعة من الإسفلت الطبيعي البشري المعالج.

الكلمات المفتاحية: اسفلت بشري طبيعي، خلطات اسفلتية ساخنة، اسفلت طري، مخلفات زيوت، أحمال مرورية، إضافات، مواد إعادة التكوين، العمر التصميمي، المواد المحسنة.

تاريخ الايداع: 2023/7/2
تاريخ القبول: 2023/8/8

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

ISSN (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

The optimal and economic management of the use of AL-BESHERY natural asphalt in the rehabilitation of the road network in Syria

mohannad Alfa*[1]

[*1]. Lectural at Engineering Technical Institute mohannad.alfa@damasusuniversity.edu.sy

Received: 2/7/2023
Accepted: 8/8/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA

Abstract:

Natural asphalt exists in Syria in Al-Beshery and Kefria quarries. The current use of this natural resource is limited to alleys and byways with low traffic loads. The research aims to study the use of this natural asphalt in the hot prepared asphalt mixtures, which are used in the main roads with high loads. The research presents the results of the laboratory experiments that were conducted according to the methodology of the study. The laboratory experiments included extraction of bitumen from natural asphalt, Marshall stability and rutting. The results showed that this natural material can be used in the main roads with high loads, after taking into account the recommendations of this study.

This research aims, in its early stages, to determine the natural, mechanical and engineering properties of the available produced materials from natural asphalt in its various grades and types, and the hot asphalt mixtures in which these materials are used, and to study the extent to which these properties achieve the standard specifications stipulated globally. Then the research aims to study the best scientific, economic and practical methods available to improve the properties of these materials and develop the method of using them in hot asphalt mixtures in Syria to ensure the achievement of the required engineering specifications while ensuring at the same time that the life span of the roads to be used in the construction of these improved materials is achieved.

The results indicate that the natural asphalt lacks the properties required to ensure the achievement of the design life of any road due to its exposure to oxidation and polymerization factors in the summer and winter seasons over millions of years. The research has proven the possibility of improving these properties by using economical and practical additives, which is the relatively soft asphalt with a penetration degree of +300, which is considered fuel at a practical rate ranging between (30-45%) approximately from the weight of the asphalt material in the mixture or the usual lubricating used oil at a rate of approximately 8%. It also includes the detailed results of the various tests that were carried out on the paving mixtures using these improvers

and the study of the method of their implementation in the various plants asphalt fields. Finally, this research includes the conclusions and recommendations reached in this research, whether from the scientific or practical aspects, in the fields of paving all types of roads in Syria using hot asphalt mixtures manufactured from treated Al-Beshery Natural Asphalt.

Keywords: Al-Beshery Natural Asphalt, Hot Mix Asphalt, Soft Asphalt, Oil Waste, Traffic Loads, Additives, Rejuvenating Agent, Design Life, Improved Materials.

المقدمة:

يمكن العثور على الأسفلت الطبيعي في جميع أنحاء العالم في بلدان مختلفة مثل فنزويلا. بحيرة ترينداد هي منتج طبيعي من الإسفلت المعروف أو البحيرة التي تقع في منطقة ترينداد، غرب جزر الهند. اسفلت بحيرة ترينداد يتألف من خلطات مكونة من 54% اسفلت، ورمل 36% ومكونات ثانوية أخرى بمقدار 10%. الإسفلت يتكون كيميائياً من مالتين بنسبة 65% وأسفلتيين بنسبة 35%. التطبيقات الحالية لبحيرة ترينداد تتضمن رصف الطرق والمطارات.

(TLA of America 2002, 2006, accessed on August 13), (ASTM D6626-01, 2006, accessed on August 13), (Long Term Performance, 1977, 3 January)

يتواجد الأسفلت الطبيعي مختلطاً بالرمال والأتربة بسوريا في دير الزور (محاجر البشرى) وكفرية، وتتجاوز الكميات المتاحة من هذا الإسفلت الطبيعي ملايين الأطنان بما يكفي لرصف الطرق في سوريا لعدة عقود، ويستخدم هذا الأسفلت حالياً بصورة بدائية لإنشاء طبقات معالجة سطحية للطرق الريفية التي تخدم أحجام حركة مرور محدودة للغاية.

(Alfa,2004), (Alfa,2008,4-8), (Geology Study, 2002, Syria).

إن استخدام مصادر الإسفلت البشري الطبيعي ما يزال محدوداً للطرق منخفضة التكاليف أو ذات أحجام المرور المنخفضة، علماً بأن المادة الإسفلتية الطبيعية كمادة خام كانت تكسر وتوضع على طبقات، لتعمل كطبقة سطحية للطرق منخفضة المرور والتكاليف. وزارة النقل في الجمهورية العربية السورية تشرح بالتفاصيل طرق رصف الطرق منخفضة التكاليف وذلك بمعالجة الطبقة السطحية بطبقة واحدة أو طبقتين من الإسفلت الطبيعي البشري.

(Guha et al, 1963, Ministry of Manufacturing, Syria).

1. منهجية العمل لمراحل وخطوات تصميم خلطة اسفلتية مكونة من الإسفلت الطبيعي البشري:

أول خطوة نقوم بتحديد نسبة الإسفلت الطبيعي الموجود بالخلطة الأسفلتية المتقادمة، وذلك عن طريق استخدام جهاز الإستخلاص، ثاني خطوة نقوم بتقطير المذيب الموجود بالإسفلت (بنزين أو ترايكلوراتيلين)، وذلك بهدف الحصول على عينة نقية من الإسفلت الطبيعي خالية من أي شوائب وذلك بإستخدام جهاز الأبسون ريكافري، علماً بأن هذه المرحلة دقيقة فأي زيادة أو نقصان بنسبة المذيب المخلوط مع الإسفلت المتقادم سوف يؤدي إلى تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة الرابطة الأسفلتية، ثالث خطوة نقوم بعد عملية تجميع كمية كافية من المادة الرابطة الأسفلتية المتقادمة والمستخرجة من الأسفلت الطبيعي بتحليل كامل فيزيائي وكيميائي وذلك بهدف تحديد هوية المادة الرابطة الأسفلتية، وأيضاً بهدف إضافة المحسن المناسب من أجل الحصول على مادة رابطة إسفلتية توازي تقريباً وليس كلياً بالمواصفات المادة الأسفلتية المنتجة من مصافي القطر (حمص–بانياس)، رابع خطوة نقوم بإيجاد نسبة المحسن المضاف والذي يحقق النسبة التصميمية، وذلك بهدف الحصول على منتج إسفلتي مواز تقريباً للمنتج الإسفلتي الذي تقوم بإنتاجه المصافي، بعد استخدام جهاز الإستخلاص، نقوم بتحديد نسبة الإسفلت الموجودة بالخلطة المتقادمة وأيضاً التدرج الحبي للحصويات بمختلف أنواعها، وفي مرحلة لاحقة نقوم بتصحيح التدرج الموجود بالخلطة المتقادمة عن طريق إضافة الحصويات بمختلف أنواعها وأقطارها وبالنسب الصحيحة إلى الخلطة المتقادمة، وفي المرحلة الأخيرة، نقوم بعملية تصميم خلطة إسفلتية مكونة من الإسفلت الطبيعي البشري، الإسفلت الصناعي المضاف أو المحسن، وأيضاً الحصويات بمختلف أنواعها وأقطارها.

(Recycling of Road Construction and Maintenance Materials, 2005, Version 1.0), (Asphalt Hot-Mix Recycling, 1986, Manual Series No. 20 (MS-20) Second Edition)

2. خواص المواد:

إن الأسفلت الطبيعي يتكون من مادتين أساسيتين، الأولى الرمل الكوارتزي أو السيليسي بنسبة 79.4%، والثانية هي الإسفلت الطبيعي المتقادم نتيجة عملية البلمرة والأكسدة عبر ملايين السنين بنسبة 19.63%، وتدرجه بحسب الجدول رقم 1. (Alfa,2008,59)

الجدول (1) التدرج لرمل البشري المستخلص

المناخل	No. 8	No.30	No.50	No.100	No.200
%، نسبة المار	100	95.6	67.5	10.3	0.4

خلطة الإسفلت البشري تتكون من دولوميت كحصويات خشنة، الرمل السيليسي ورمل الإسفلت الطبيعي كحصويات ناعمة، وبودرة الحجر الجيري المارة من المنخل رقم 200 كمادة مالئة، ويضاف إلى هذه الحصويات الإسفلت الطبيعي البشري والذي يحتوي على الرمل الكوارتزي. الخلطة النظامية تتكون من الإسفلت المنتج من مصفاة حمص أو بانياس مخلوطة مع نفس مكونات الحصويات السابقة المضافة للإسفلت الطبيعي حسب الجدول رقم2.(Alfa,2008,59)

3.استخدام اسفلت البشري الطبيعي:

جرى سابقاً تعديل اسفلت البشري الطبيعي بإستخدام نوعين من الإضافات تم اختيارها كمحسن لجعل الإسفلت الطبيعي قابل للرصف الطرقي وذلك بعد عدة محاولات وتجارب:

الأولى بإضافة زيوت عوادم السيارات على البارد وبنسبة قليلة.

الثانية بإضافة إسفلت المصافي الساخن ذو درجة الغرز +300 وهي تعتبر فيول على الخلطة الأسفلتية المكونة من الإسفلت الطبيعي وبنسب اقتصادية.

النتائج أظهرت بشكل واضح أن النسبة 8% من مادة زيوت عوادم السيارات استخدمت كمادة محسنة لأسفلت البشري الطبيعي، المعالجة النهائية حققت كل الخواص المطلوبة، بالمقارنة مع الإسفلت ذو درجة الغرز 85−100.

النتائج أكدت أن النسبة بين 30 إلى 45% من الإسفلت ذو درجة الغرز +300 والذي استخدم كمحسن والذي نتج عنه مزيج معالج حقق الحدود المطلوبة من غرز ونقطة تطرية للإسفلت المعروف والتقليدي المكرر ذو درجة الفرز 85−100. النسبة 45 % من الإسفلت ذو درجة الغرز +300 كأسفلت ممزوج حقق الخواص الفيزيائية مثل الغرز ونقطة تطرية لاحظ الجدول 3 و4.

Alfa, M.,Damascus (29/5/2023),ISSN 2789-6854 (online)-NO.8738.

الجدول (2) خواص الحصويات والفلر

الإختبار	الدولوميت الخشن	الرمل السيلسي الناعم	رمل البشري الناعم	بودرة الحجر الجيري	حدود المواصفة
اختبار لوس انجلوس نسبة الفاقد(%) K -بعد 100 دورة -بعد 500 دورة	3.6 19	- -	- -	- -	- < 50
نسبة امتصاص الماء(%)	1.2	0.822	0.8	3.400	< 5
نسبة التفتت(%) n,	0.1	-	-	-	-
الوزن النوعي الجاف للحصويات	2.678	2.695	2.545	2.675	-
الوزن النوعي المشبع السطح للحصويات	2.713	-	-	-	-
الوزن النوعي الظاهري للحصويات	2.775	2.757	2.594	2.930	-

الجدول (3) الخواص الفيزيائية للإسفلت البشري المعالج بإستخدام مادة زيوت عوادم السيارات

الإختبار	نسبة زيوت عوادم السيارات% (من الوزن الكلي للأسفلت)					إسفلت المصفاة ذو درجة غرز 85-100
	0	5	6	7	8	
الغرز (@ 25º C, 100g, 5 S), (0.1mm)	63	15	46	75	80	90
نقطة التطرية(.ºC) ,	58	56	55	54	50	40
اللزوجة الزيتية.C. St,	1,450	585	730	640	530	203
اللزوجة المائية (@ 60º C) (Poise)	30017,	7400	5100	4130	3800	1800
اختبار غشاء الطبقة الرقيقة: الغرز بعد عملية التقادم (@ 25º C, 100g, 5 S), (0.1mm) after: التسخين لمدة 5 ساعات	22	24	30	35	45	60

الجدول (4) الخواص الفيزيائية لإسفلت البشري المستخلص والمعالج بإستخدام مادة الإسفلت ذو درجة الغرز +300

الإختبار	نسبة الإسفلت ذو درجة الغرز 200-250 % (من الوزن الكلي للأسفلت)					إسفلت المصفاة ذو درجة غرز 85-100
	0	25	30	40	45	
الغرز (@ 25º C, 100g, 5 S), (0.1mm)	63	53	62	73	80	90
نقطة التطرية(.ºC) ,	58	65	52	49	45	40
اللزوجة الزيتية.C. St,	1,450	740	610	550	450	203
اللزوجة المائية(Poise), (@ 60º C)	30017,	6400	4700	3600	2500	1800
اختبار غشاء الطبقة الرقيقة: الغرز بعد عملية التقادم (@ 25º C, 100g, 5 S), (0.1mm) after: التسخين لمدة 5 ساعات	22	28	40	53	60	60

3. مقارنة الخواص الميكانيكية لخلطة من إسفلت البشري الطبيعي وغير المعالج مع خلطة نظامية وقياسية من الإسفلت المنتج من مصفاة حمص أو بانياس:

نلاحظ من الجدول 5 أن نسبة الإسفلت المثالية للإسفلت الطبيعي أقل من خلطة إسفلت المصافي، وأيضاً نسبة الفراغات الهوائية لإسفلت المصافي هي أقل من خلطة الإسفلت الطبيعي، وهذا يعزى لأن خلطة إسفلت المصافي فيها تجانس وإحاطة لجميع مكوناتها أكثر من الإسفلت الطبيعي.

أيضاً إن القيمة العالية للثبات لخلطة مكونة من الإسفلت الطبيعي هي أعلى بكثير من خلطة إسفلت المصافي، وهذا يعزى بسبب القساوة العالية للخلطات المكونة من الإسفلت الطبيعي بسبب عملية البلمرة والأكسدة خلال ملايين السنيين. وأيضاً إن قيمة معامل المرونة وقوة الشد التي تتعرض لها الخلطات الإسفلتية المكونة من الإسفلت الطبيعي العالية في جميع درجات الحرارة مقارنةً مع خلطات إسفلت المصافي يعزى بسبب القساوة العالية للخلطات المكونة من الإسفلت الطبيعي بسبب عملية البلمرة والأكسدة خلال ملايين السنيين.

عدد المرات التي تنهار فيها العينة أو يحصل فيها تعب أو تشقق لخلطة مكونة من الإسفلت الطبيعي هي أقل من خلطة إسفلت المصافي، وهذا يعزى لقساوة أوصلابة الخلطات المكونة من الإسفلت الطبيعي (5200) مقارنة مع قساوة إسفلت المصافي (3700).

وهذه النتائج المشروحة مسبقاً هي مهمة جداً لعملية صناعة الطرق بسوريا، حيث أن الخلطات الإسفلتية المكونة من الإسفلت البشري الطبيعي وبدون عملية المعالجة أثبتت في هذا البحث لسرعة قابليتها للتشقق بعد عملية إنشاء الطريق مقارنةً مع الخلطات المكونة إسفلت المصافي. وهذا الكلام مثبت من خلال القطاعات التجريبية التي قامت الخدمات الفنية بحلب بتنفيذها والتي أثبتت فشلها لعدة أسباب (طريق حورا).

Roberts et al, 1997, II ed.; NAPA; Maryland), (F.L. Roberts et al, 1996, Second Edition)

4. مقارنة الخلطات الإسفلتية للبشري غير المعالجة والمعالجة مع خلطات إسفلت المصافي:

هناك نوعين من الإضافات لجعل الإسفلت الطبيعي قابل للرصف الطرقي وذلك بعد عدة محاولات وتجارب:

- ❖ الأولى بإضافة زيوت عوادم السيارات على البارد وبنسبة قليلة، والهدف من هذه الإضافة هو زيادة العمر التصميمي للخلطة الإسفلتية وخصوصاً في الحرارة المنخفضة، وأيضاً من أجل تخفيض قساوة مارشال (الثبات/الانسياب)، وتخفيض ثبات مارشال العالي والذي يلاحظ في خلطات الإسفلت الطبيعي الغير معالج حيث ينعكس هذا الثبات العالي على آداء الخلطة الإسفلتية سلباً.
- ❖ الثانية بإضافة إسفلت المصافي الساخن على الخلطة الأسفلتية المكونة من الإسفلت الطبيعي وبنسب اقتصادية ولنفس الأسباب الواردة في السبب الأول وذلك بحسب الجدول 6.
- ❖ أنه من الواضح من خلال الجدول 6 أن خلطة البشري غير المعالجة (Mix D) لها أقل عدد من الحمولات الديناميكية المتكررة حتى الوصول إلى تشققات ناجمة عن التعب (اختبار التعب) بالمقارنة مع خلطة من إسفلت المصافي ذي درجة الغرز 85-100 وخلطات الإسفلت البشري المعالج عن طريق زيوت عوادم السيارات وإسفلت المصافي ذو درجة الغرز +300 (Mixes E and F) تحت تأثير مختلف الظروف المناخية والتحميل. أيضاً، خلطات الإسفلت البشري المعالج (Mixes E and F) متوقع أن يكون لها العمر التصميمي أفضل من الخلطات التقليدية المكونة من إسفلت المصافي ذي درجة الغرز 85-100 والمستخدمة بالرصف الطرقي لعدة عقود وذلك بدرجتي الحرارة المتوسطة 25ºم والعالية 40ºم. قيم معامل المرونة لمختلف سرعة الترددات للخلطة D بدرجات الحرارة 5º،

25ºو 40ºم أكبر من الخلطات E وF وذلك تبعاً للطبيعة القاسية للأسفلت الطبيعي البشري. قيم معامل المرونة لمختلف سرعة الترددات للخلطة F-45% بدرجات الحرارة 5º، 25ºم أكبر من الخلطة E-8%. ولكن، هذه الحالة السابقة الذكر تنعكس في الحرارة العالية 40ºم، وهذا يعزى لوجود كمية عالية من البرافين بالأسفلت ذو درجة الغرز +300 ويكون البرافين متجمداً بدرجات الحرارة التي هي أقل من نقطة انصهاره (نقطة انصهار البرافين تبدأ ب 30ºم) وبسبب ذلك تكون قيم معامل المرونة للخلطات الأسفلتية بدرجات الحرارة 5º، 25ºم أعلى في الأسفلتات التي تحتوي على نسبة عالية من الشموع مثل الخلطة F-45%، أما بالحرارة 40ºم نلاحظ أن قيمة معامل المرونة للخلطة E-8% (642) هي أعلى من قيمته للخلطة F-45% (635).

(Howeedy et al, 1987, PP. 27-46, 1st ed), (Optimization of fatigue cracking resistance of Costa Rican asphalt concrete mixes, 2007, TRB), (El-Basyouny et al, 2005, Transportation Research Board 2005 annual meeting), (El-Basyouny et al, Calibration of the alligator fatigue cracking model for the 2002 design guide, 2005, Transportation Research Board 2005 annual meeting), (Huang et al, 2004, II ed), (Bolk, II.J.N.A. et al, European Seminar 1978, London, 14& 15 Nov), (Shook, J.F. et al, 1982, 5 th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. 1, Ann Arbor, Michigan, PP. 17-44)

5. اختبار العجلة الترددية للخلطات D , E والخلطة F بالمقارنة مع خلطة تقليدية من إسفلت المصافي ذو درجة الغرز 85−100

الشكل رقم 1 يبين مخطط نموذجي للعلاقة بين التشوهات الشاقولية لعينات تم اختبارها والتحقق منها (عمق التخدد، مم) والتي تقابل عدد مرات مرور العجلة الترددية حتى تنهار العينة. وكما نشاهد من خلال المخطط، التشوهات لكل العينات المختبرة تتبع نفس المسار والمنحى. وكل المخططات تبدأ في البداية عن طريق خط مستقيم وتمتلك مجال صغير بالزيادة بالتشوهات الشاقولية (عمق التخدد، مم) وذلك عن طريق الزيادة بعدد مرات مرور العجلة الترددية (التغيير بالزمن والذي يقابل عدد مرات مرور العجلة الترددية). والمخططات بعد تلك المرحلة تظهر تغيير مفاجئ من مرحلة الخط المستقيم إلى مرحلة المنحني. وهذا التغير المفاجئ يعتبر نقطة الإنهيار للبلاطة والتي يجرى عليها اختبار التخدد.

عمق التخدد للخلطات الثلاث D (2.5مم)، E (3.1مم) والخلطة F (4.1مم) يزداد بشكل تدريجي وذلك بتناقص قيمة القساوة (شاهد الجدول7 و 8).(Alfa,2008)

(Balghunaim, F. et al, 1998, Vol. 6, PP. 209-232), (A wheel Tracking Test, 1962, 4 Th International Asphalt Congress), (Gad-Allah, A., 1993, Ph.D. Faculty of Engineering, Zagazig University), (Abdulshafi, A, 1988, Vol. 6, PP. 243-256, Riyadh, February), (Oteng-Seifah, S., 1975, Ph.D. Dissertation, and Oklahoma State University), (Oteng-Seifah, S., 1976, TRB Record, No. 602, PP. 97-99)

الجدول (5) مقارنة بين خلطة من الإسفلت البشري الطبيعي وخلطة قياسية من إسفلت المصافي

الخواص		نوع الخلطة		حدود المواصفات لطبقة الحماية
		خلطة من الإسفلت الطبيعي غير المعالج	خلطة من اسفلت المصافي ذي درجة غرز 85-100	
نسبة الإسفلت الأصولية،(%)		704.	5.30	3.5 – 7
ثبات مارشال،(lbs.)		8002,	2,050	Min. 1800
الانسياب،(0.01-in.)		9.5	9.6	8-16
نسبة الفراغات الهوائية،(%)		604.	3.90	3-5
كثافة قالب مارشال المدموك،(t/m3)		2.390	2.35	-
نسبة الفراغات الموجودة ضمن الحصويات،(%)		14.451	16.350	Min. 14
قوة الشد at 25°C (PSI) ،		195	98	-
معامل المرونة(Mpa) ، at: ،	5ºC	25,058	7,910	-
	25ºC	5,522	2,630	-
	40ºC	1,240	510	-
التعب الذي يعبر عن التشقق:at ,	5ºC-MR	22,750	119,790	-
	25ºC-MR	158,020	487,940	-
	40ºC-MR	1,075,250	4,084,400	-
قساوة مارشال(N/mm) ,		5,200	3,700	

الجدول (6) مقارنة الخلطات الإسفلتية للبشري غير المعالج والمعالج مع خلطات إسفلت المصافي

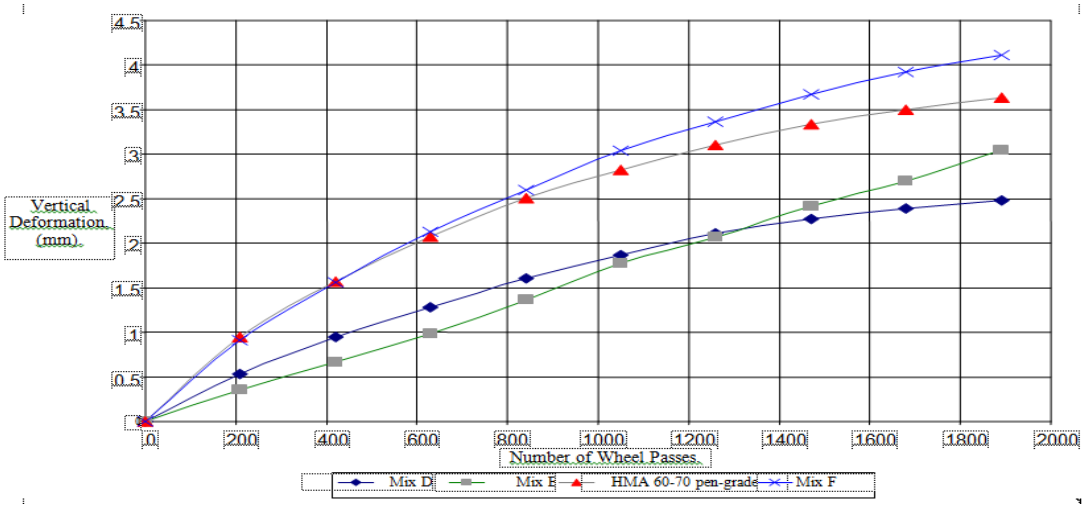
الخواص		Types of Mix				حدود المواصفات لطبقة الحماية
		Mix D خلطة البشري الغير معالج	Mix E (البشري+8% زيوت عوادم السيارات)	Mix F (البشري +45% إسفلت مصافي)	خلطة من إسفلت المصافي ذو درجة الغرز 85-100	
نسبة الإسفلت الأصولية , (%)		704.	4.63	5.0	5.30	3.5 – 7
الثبات(lbs.)		8002,	2,300	1,800	2,050	Min.1800
الانسياب(0.01-in.) ,		9.5	8.80	11.6	9.6	8 - 16
الفراغات الهوائية(%)		604.	3.40	3.03	3.90	3 - 5
كثافة قالب مارشال المدموك (t/m3)		2.390	2.405	2.403	2.35	-
الفراغات الهوائية الموجودة ضمن الحصويات(%) ,		14.451	13.790	14.340	16.350	Min.14
قوة الشد at 25°C (PSI) ,		195	117	104	98	-
معامل المرونة (MPa), at:	5ºC	25,058	13,194	17,600	7,910	-
	25ºC	5,522	1,870	2,639	2,630	-
	40ºC	1,240	642	635	510	-
التعب الذي يعبر عن التشقق (Nf) at:	5ºC- MR	22,750	95,933	110,825	119,790	-
	25ºC- MR	158,020	1,171,924	1,259,732	487,940	-
	40ºC- MR	1,075,250	4,609,734	7,820,368	4,084,400	-

6. تكنولوجيا خلط الإسفلت الطبيعي بالمجابل المتنوعة بالحقل:

إن استخدام الأسفلت البشري الطبيعي في الخلطات الأسفلتية الساخنة بهدف استخدامه في الرصف الطرقي للطرقات ذات الأداء العالي (من الدرجة الأولى) يواجه عدة مشاكل وهي كالتالي:

- ❖ المشكلة الأولى وهي مشكلة في الخلط: حيث يعتبر خلط مادة ذات لزوجة عالية (أربع أضعاف لزوجة الأسفلت المنتج من مصفاة حمص أو بانياس) مع الحصويات المحلية بوجود الرمل الكوارتزي في الأسفلت الطبيعي مشكلة حقيقية لايمكن تلافيها إلا عن طريق ابتكار أو استيراد مجبل معدل يعمل بنفس طريقة عمل المجبل المستخدم من أجل إعادة استخدام المواد الطرقية المكشوطة (يجب أن يحقق التماسك والتلاصق والتجانس في الخلطة الأسفلتية المعدلة بواسطة زمن للخلط يختلف تماماً عن زمن خلط الخلطة العادية).
- ❖ المشكلة الثانية وهي مشكلة الديمومة: وهي مشكلة شائعة في مجال الرصف الطرقي في بلدنا، حيث لايعبر شكل الخلطة الأسفلتية عن مدى مقاومتها للتشقق والتخدد الموجود فيها وقد وجدت عدة أجهزة حديثة لتقييم أداء وعمر الخلطات الأسفلتية في الحرارة المنخفضة والعالية (غير طريقة العالم مارشال)، وإن مشكلة الخلطة الأسفلتية الطبيعية هي قساوتها العالية نتيجةً لعملية البلمرة والأكسدة التي حصلت لها عبر ملايين السنين وقد حلت هذه المشكلة عن طريق إضافات إقتصادية والتي أدت إلى زيادة عمرها التصميمي ليصبح قريباً من العمر التصميمي للخلطة الأسفلتية المستخدمة في الرصف الطرقي ببلدنا.

ومن خلال المشاهدة الحقلية لطريق منطقة حورا المنفذ منذ حوالي تقريباً 16 سنة لوحظ وجود تشققات طولية وعرضية وأيضاً تمساحيه في معظم قطاعات هذا الطريق، وأيضاً لوحظ بأن طبقة الإهتراء أو ماتسمى بطبقة الحماية في منتصف الطريق متآكلة تماماً وأن طبقة الإهتراء القديمة متكشفة بشكل واضح وملموس، وقد لوحظ أيضاً وجود بعض القطاعات السليمة والتي لم تتعرض للتآكل وهذا يؤكد عدم التجانس في خلط هذه المادة الفاقدة لخواصها نتيجةً لتعرضها لعملية البلمرة والأكسدة خلال ملايين السنين، وإن الصور الآتية تبين هذه العيوب كالآتي (الشكل رقم 2):



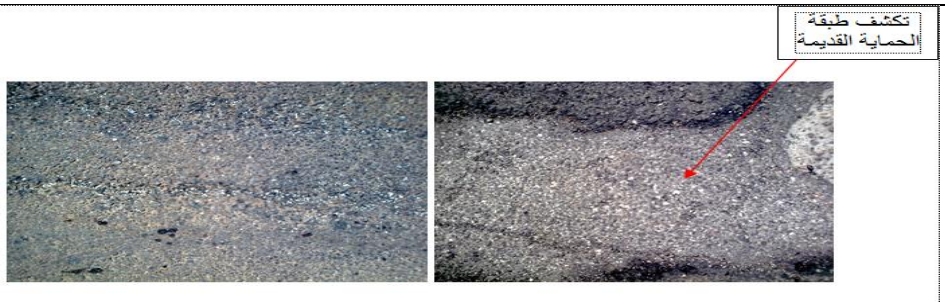
الشكل رقم (1) نتائج اختبار العجلة الترددية (عمق التخدد، مم) لكل من الخلطات D , E والخلطة F بالمقارنة مع الخلطة التقليدية من إسفلت المصافي ذو درجة الغرز 85-100

الجدول (7) نتائج اختبار العجلة الترددية (عمق التخدد، مم) لكل من الخلطات D , E والخلطة F بالمقارنة مع الخلطة التقليدية من إسفلت المصافي ذو درجة الغرز 85-100

الزمن، دقيقة	عدد مرات مرور العجلة الترددية	عمق التخدد، (مم)			
		البشري الغير معالج	Mix E البشري+7% زيوت عوادم السيارات)	Mix F البشري +40% إسفلت مصافي)	خلطة من إسفلت الصافي ذو درجة الغرز 60-70
0	0	0	0	0	0
5	210	0.531	0.349	0.911	0.949
10	420	0.949	0.667	1.556	1.569
15	630	1.278	0.984	2.125	2.075
20	840	1.607	1.365	2.593	2.511
25	1050	1.866	1.778	3.036	2.827
30	1260	2.113	2.064	3.365	3.099
35	1470	2.277	2.413	3.669	3.340
40	1680	2.391	2.699	3.922	3.498
45	1890	2.479	3.048	4.111	3.631
عمق التخدد (RD), مم)	2.479		3.048	4.111	3.631
معدل التخدد(TR) مم/ساعة × 10-2	147.32		393.7	299.72	213.36
التخدد الكلى (CTR) مم/ساعة × 10-2	326.6		409.16	531.57	458.3
الثبات الميكانيكى (DS) مشوار / مم	771.59		615.89	474	550

الجدول (8) عدد مرات مرور العجلة الترددية حتى انهيار البلاطة لكل من الخلطات D , E والخلطة F بالمقارنة مع الخلطة التقليدية من إسفلت المصافي ذو درجة الغرز 85-100

عدد مرور العجلة الترددية حتى الإنهيار (بدرجة حرارة 60°م)	الوصف	نوع الخلطة
771.59	خلطة الإسفلت البشري الغير معالجة	Mix D
615.89	خلطة الإسفلت البشري المعالجة بمقدار 7% زيوت عوادم السيارات	Mix E
474	خلطة الإسفلت البشري المعالجة بمقدار 40% إسفلت مصافي ذو درجة غرز 200-250	Mix F
550	خلطة مثالية بهدف المقارنة	خلطة من إسفلت الصافي ذو درجة الغرز 85-100



الشكل (2) الصورة على اليمين توضح تكشف طبقة الإهتراء القديمة بسبب تآكل طبقة الحماية المكونة من إسفلت البشري، والصورة على اليسار تبين أحد القطاعات السليمة بسبب تجانس عملية الخلط

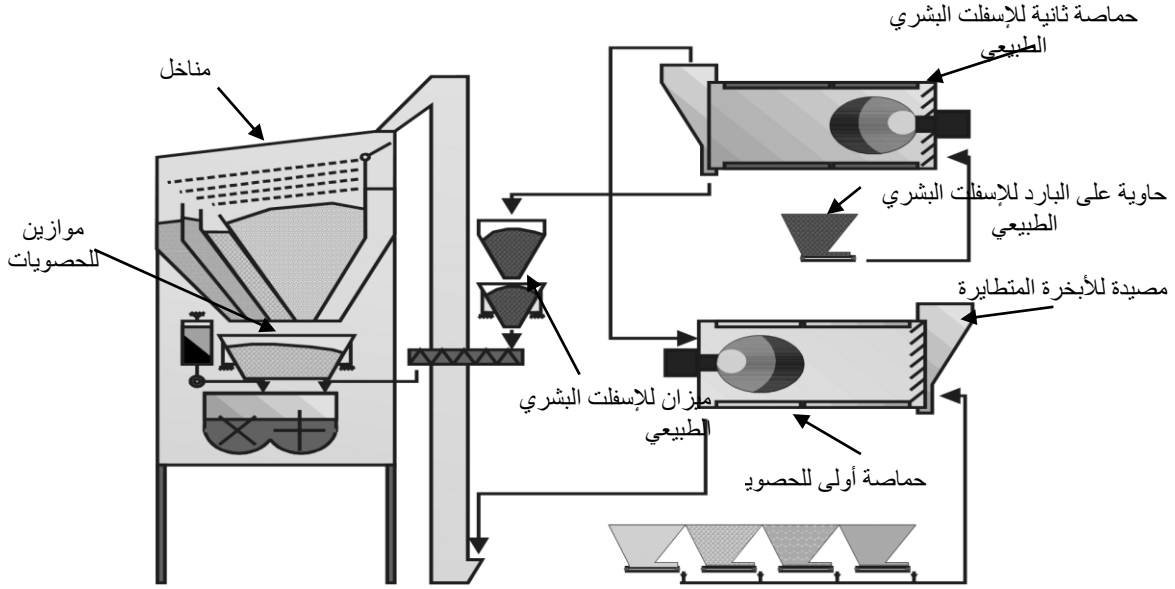
إن طريقة معالجة الإسفلت الطبيعي بالخلط عن طريق المجبل هي نفسها من أجل الإسفلت المكشوط، ولكن إن نسبة الحصويات الجديدة المضافة إلى الإسفلت الطبيعي هي أكبر من نسبتها المضافة في حال الإسفلت المكشوط. وهذا بسبب أن الإسفلت الطبيعي يحتوي فقط على رمال ناعمة متوضعة بين المنخل رقم 50 والمنخل رقم 200. هناك عدة حلول مختلفة من أجل إضافة مادة الإسفلت الطبيعي إلى الحصويات الجديدة المستقدمة من المقالع وذلك من أجل خلطها في الخلاطة الموجودة بوحدة الخلط. هذه الطرق المتنوعة تعتمد على نسبة الإسفلت الطبيعي الموجودة في الخلطة الإسفلتية. إن تكنولوجيا الخلط بالمجبل تعتمد على شيئين رئيسيين. الأول يعتمد على نوع الخلطة، والثاني على نسبة الإسفلت المتقادم الموجود بخلطة الإسفلت الطبيعي. الخلطات المعدة منها الأسفلت البشري الطبيعي هي خلطات معدلة (أي مضاف إليها محسنات أو مواد إعادة التكوين)، لأن مواد إعادة التكوين تضاف إلى مادة الإسفلت الطبيعي. إن نسبة الإسفلت الطبيعي الموجودة ضمن الخلطة الأسفلتية المصممة تتراوح بين النسب 17.8%، 22%، و25%.

لشرح أفضل طريقة من أجل خلط الإسفلت الطبيعي في المجابل:

7. طرق خلط الإسفلت الطبيعي في المجابل:

وذلك بطريقة الخلط في المجبل المتوازي والتي تستقبل نسبة إسفلت مكشوط أو طبيعي أقل من 50%. هذا النوع من المجابل (نسبة الإسفلت الطبيعي أقل من 50%، يوجد مناخل لنخل الحصويات) ربما يكون مناسباً بسبب النسبة المقبولة أقل من 50%. هذا النوع من المجابل ينتج حتى 200 طن/ساعة. إن الشيء المختلف بهذا النوع من تكنولوجية الخلط هو أن الحصويات والمادة الأسفلتية الطبيعية تسخن كل على حدا بواسطة حماصتين متوازيتين.

إن الإيجابية الرئيسية لهذا النوع من المجابل هو نخل الحصويات، قابل للتطبيق لنسبة الإسفلت الطبيعي حتى 50%. ولكن، هذا النوع من المجابل يحتاج إلى استثمار كبير حسب الشكل رقم 3.



الشكل(3) طريقة الخلط في المجبل المتوازي والتي تستقبل نسبة إسفلت مكشوط أو طبيعي أقل من 50%

النتائج والتوصيات حول استخدام ورصف الإسفلت البشري:

النتائج:

اعتماداً على النتائج في هذا البحث، يمكن أن نستنتج:

1. الخواص الميكانيكية للخلطات الإسفلتية المكونة من الإسفلت البشري الطبيعي أعطت مؤشراً لقيمة الثبات العالي، عمق التخدد قليل وقيمة عالية لمعامل المرونة بالمقارنة مع الخلطات التقليدية. ولكن، التشقق لهذه الخلطات ممكن أن يتوقع بشكل آني بعد رصف الطرق وإن المؤشر هو نتيجة التعب الحاصل لهذه الخلطات القاسية.

2. الخلطات الإسفلتية المكونة من الإسفلت البشري الطبيعي متوقع لأن تكون أقل حساسية للتخدد من تلك الخلطات المعروفة والمنتجة من الإسفلت الصناعي ذو درجة الغرز 85-100. لذلك، مادة الإسفلت البشري الطبيعي يوصى بأن تطبق في المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة.

3. منهجية التحسينات تمثلت بحوالي 45% من اسفلت المصافي الطري (ذو درجة غرز +300) واستخدمت كإضافة من أجل الحصول على نتائج مخبرية مرضية للإثنين المادة الرابطة الإسفلتية والخلطات المكونة منها.

4. وبشكل مشابه، 8% من مادة متجانسة، ذات تكلفة منخفضة، منتج من مخلفات عوادم السيارات (زيوت المحركات المستعملة) قد أضيف إلى مادة الإسفلت الطبيعي البشري وقد حققت تحسينات بشكل كاف وعالي للإثنين المادة الرابطة الإسفلتية والخلطات المكونة منها.

5. طريقتي منهجية التحسين أنتجت المادة الرابطة الإسفلتية والخلطات الإسفلتية المكونة منها بحيث تكون إلى حد كبير وبعيد قابلة للمقارنة مع المادة الرابطة الإسفلتية المكررة ذات درجة الغرز 85-100 والخلطات المكونة لها.

6. التطبيقات الحقلية للخلطات الإسفلتية المكونة من الإسفلت البشري المعالج يجب أن تتبع تكنولوجيا مشابهه ومتلائمة مع

طبقات الرصف المكشوطة والمعاد استخدامها مع بعض التعديلات البسيطة بالنسبة للأسفلت الطبيعي.

7. زيوت عوادم السيارات هي أكثر إقتصادية من الإسفلت الطري ذو درجة الغرز 200–250 وذلك تبعاً للتالي:

❖زيوت عوادم السيارات تضاف إلى الخلطات الإسفلتية بدون عملية تسخين (على البارد)، بالمقارنة مع الإسفلت الطري ذو درجة الغرز 200–250.

❖الوزن الجزيئي لزيوت عوادم السيارات هو أقل، بالمقارنة مع الإسفلت الطري ذو درجة الغرز +300.

❖زيوت عوادم السيارات هي أقل لزوجةً من الإسفلت الطري ذو درجة الغرز +300، ولهذا السبب، يمكن أن نقوم بخلطها مع عناصر الخلطة الأخرى بشكل سهل وسلس.

التوصيات:

1. استخدام الإسفلت البشري بالصورة الحالية وبدون إضافات هو صالح فقط للطرق من الدرجتين الثالثة والرابعة، حيث تبين من خلال هذه الطرق المنفذة أنها طرق ذات غزارات مرورية ضعيفة.

2. التحقق من البدائل عن طريق انتاج مختلف درجات وأنواع المواد الرابطة الأسفلتية من خلال التحكم من تركيز ونسبة الإضافات المحتملة (المحسن).

3. تقييم تكنولوجيا مناسبة للخلط بالحقل لمادة الإسفلت البشري الطبيعي مع الحصويات الأخرى و/أو الإضافات لإنتاج خلطات إسفلتية ذات أداء عالي (هناك أنواع متعددة من أنواع الخلط تم ذكرها سابقاً).

4. تصميم، وتقييم لإنجاز قطاع حقلي تجريبي من هذا النوع من طبقات الرصف آخذين بعين الإعتبار إنجاز خلطات الإسفلت البشري الساخنة المحسنة.

5. لقد لوحظ بأن اختبار مارشال هو الاختبار الوحيد الذي يجرى على الخلطات الإسفلتية المستخدم فيها الإسفلت البشري وذلك في المخابر البحثية الموجودة بسوريا، وهذا لا يعطي تقييم لأداء الخلطات الإسفلتية حسب الكودات والنورمات العالمية، حيث أن ثبات وانسياب مارشال يعطي فقط مؤشراً مبدئياً لتصميم هذه الخلطات ولا يدخل هذا في حساب العمر التصميمي لهذه الخلطات، علماً بأنه تم استخدام أجهزة تقوم بتقييم حالة المجبول الأسفلتي بالحرارة المرتفعة (اختبار العجلة الترددية)، وفي الحرارة المتوسطة (اختبار التعب) عن طريق تعيين معامل المرونة للخلطة الأسفلتية بثلاث درجات حرارة (5–25–40°م)، حيث يعتبر اختبار معامل المرونة MR عن طريق جهاز (UTM) من أهم الإختبارات التي تقوم بحساب العمر التصميمي للمجبول الإسفلتي.

6. يجب إجراء بعض الإختبارات على الخلطات الإسفلتية المعدلة من الإسفلت البشري الطبيعي وذلك باستخدام إضافات تطبيقية واقتصادية مختلفة عن هذا البحث، والهدف من هذه الإضافات زيادة العمر التصميمي للمنشآت الطرقية المنفذة بهذا الإسفلت، بحيث نجعل هذه المنشآت الطرقية المنفذة بهذا الإسفلت مقاربة لمواصفات الخلطات الإسفلتية المعتمدة والمستخدمة بالرصف الطرقي.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

References

1. "A wheel Tracking Test to Compare the Resistance to Deformation of Rolled and Mastic Asphalt", 4 Th International Asphalt Congress, London, 1962
2. Asphalt Hot-Mix Recycling, Manual Series No. 20 (MS-20) Second Edition. The Asphalt Institute, 1986.
3. Abdulshafi, A, "Rutting-Review of Existing Models and some Applications to Saudi Arabia", Proceedings, 3 rd IRF Middle East Regional Meeting, , Riyadh, February, 1988, PP. 243-256
4. Alberta & Virama Karya Feasibility Study for Refining Asbuton, "Physical and Chemical Characterization of Asbuton", Final Report Vol.3, Jakarta (1989).
5. Alfa M., (2004). Construction of Low-Volume Roads by Al-Beshery Natural Asphalt (Master Thesis, College of Engineering, Damascus University).
6. ASTM D6626-01, "Standard Specification for Graded Trinidad Lake Modified Asphalt Binder", accessed on August 13, (2006).
7. Alfa, M., (June 2008). Utilization of Syrian Natural Asphalt in Hot – Mix Concrete Mixtures (DOCTOR OF PHILOSOPHY In PUBLIC WORKS DEPARTMENT, FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY, GIZA, EGYPT).
8. Alfa, M.,Damascus (29/5/2023), "Physical and Chemical Treatment of the Aged asphalt binder found in Al-Beshery Natural Asphalt in order to reuse it again in various types of roads"ISSN 2789-6854 (online)-NO.8738.
9. Bolk, II.J.N.A. and Van de Loo.P.J., The Creep Test : "a Routine Method for the Design of Stable Asphalt Mixes, European Seminar 1978", the Challenge of the Future for Asphalt Roads, London, 14& 15 Nov. 1978.
10. Balghunaim, F., Dhubaib, I., Khan, S., Fatani, M, Abdulwahhab, H. and Bubshait, "A Pavement Rutting in the Kingdom of Saudi Arabia: A Diagnostic Approach to the Problem", Proceedings, 3 rd IRF Middle East Regional Meeting, Vol. 6, Riyadh, February, 1998, PP. 209-232.
11. El-Basyouny, Mohamed and Witczak, Matthew; "Development of the fatigue cracking models for 2002 design guide; Transportation Research Board 2005 annual meeting; Washington D.C.", 2005.
12. El-Basyouny, Mohamed and Witczak, Matthew; "Calibration of the alligator fatigue cracking model for the 2002 design guide; Transportation Research Board 2005 annual meeting; Washington D.C. ", 2005.
13. F.L. Roberts, P.S. Kandhal, E.R. Brown, D. Lee, and T.W. Kennedy. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction, Second Edition, NAPA Education Foundation, Lanham, MD, 1996.
14. Guha M., and Al-Betar A., "Report about Al-Beshery Natural Asphalt", Ministry of Manufacturing, Syria, 1963.
15. Gab-Allah, A., "Rutting of Asphalt Pavement in Egypt Roads and Methods of its Prediction and Evaluation", Ph.D. Faculty of Engineering, Zagazig University, 1993
16. Geology Study of Al-Beshery Natural Asphalt, "the General Authority for Geology and Metal Fortunate", Syria, 2002.
17. Howeedy, M.F. Nour El-Din, M.S. and Meiz, A.H., " A Study of the Behavior of Asphalt Concrete Mixture Under Loading Using the Dynamic Modulus DEM", Arab Roads Journal, Cairo, 1st ed., 1987, PP. 27-46.
18. Huang, Yang H, "Pavement analysis and design, II ed.; Prentice Hall; New Jersey"; 2004.

19. "Long Term Performance of Trinidad Asphaltic Concrete" - Trinidad Lake Asphalt 3 January (1977).

20. Oteng-Seifah, S., "Characteristics of Rutting on High Quality Bituminous Highway Pavements", Ph.D. Dissertation, and Oklahoma State University, 1975.

21. Oteng-Seifah, S., and Manke, P.G., "Study of Rutting in Flexible Highway Pavements in Oklahoma", TRB Record, No. 602, 1976, PP. 97-99.

22. "Optimization of fatigue cracking resistance of Costa Rican asphalt concrete mixes", TRB. 2007.

23. TLA of America 2002, "Design and Hosting: Power Pix TLA- Trinidad Lake Asphalt- Natural Asphalt", accessed on August 13, (2006).

24. Rostler, F.S. and Sternberg, "Influence of Chemical Composition of Asphalts on Performance, Particularly Durability", ASTM Spec. Tech. Pub No. 227, (1959).

25. "Recycling of Road Construction and Maintenance Materials", National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide), (2005, Version 1.0)

26. Roberts, Freddy and others; "Hot mixed asphalt materials, mixture design, and construction", II ed.; NAPA; Maryland; 1997.

27. Shook, J.F. ; Finn, F.N. ; Witczak, M.W. and Monismith, C.L., "Thickness Design of Asphalt Pavements : The Asphalt Institute Method", Proceedings, 5 th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Vol. 1, Ann Arbor, Michigan, 1982, PP. 17-44.

28. Shaker M., "Evaluation and improvement of local asphalt". Ph.D. Dissertation, Faculty of Engineering, Cairo University. 1983.

29. Stepwise chemical demineralization of Goyniik (Turkey) oil shale and pyrolysis of demineralization products", Ind. Eng. Chem. Res. 2006, 45, 906-912.