إسفلت البشري في الخلطات الإسفلتية[1]

المهندس مهند ألفا[2] **الدكتور أندراوس سعود[3]**

الملخص

يستعرض هذا البحث دراسة تصميم خلطات بيتومينية مكونة من إسفلت البشري الطبيعي مضافاً إليه الحصويات الفراتية أو الأحجار الكلسية الموجودة في المنطقة نفسها، وذلك من أجل الحصول على مواصفات مناسبة من حيث الثبات والانسياب و استخدامها في الطرق رخيصة التكاليف والتي تحتل مكانة مهمة في المناطق الشرقية من سورية، ثم محاولة استخدامها وتطبيقها لطرقات من الدرجة الثالثة و الرابعة لما لها من اقتصادية كبيرة باستخدام مواد محلية رخيصة الثمن ومتوافرة بكميات كبيرة.

[1] أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندس مهند ألفا بإشراف الأستاذ الدكتور أندراوس سعود.

[2] قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[3] قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

1- مقدمة:

إن تطور الاقتصاد الوطني ونموه يعتمد بشكل كبير على استغلال جميع الثروات الوطنية الموجودة في بلادنا سواء كانت باطنية أم سطحية ومن بين هذه الثروات نذكر الإسفلت الطبيعي الذي يوجد في مقلعين رئيسين في سورية هما مقلع إسفلت جبل بشري ومقلع إسفلت كفرية واللذين يحويان كميات كبيرة من الإسفلت الطبيعي والذي يمكن استخدامه في عدة مجالات من أهمها تعبيد الطرقات وذلك بعد إضافة مواد محلية متوافرة في منطقة المقلع نفسها بحيث نحصل على خلطات تصلح لإنشاء طرق من الصنفين الثالث والرابع، وربما مع التطوير المستمر يمكن الوصول إلى الصنفين الأول والثاني بالإضافة إلى مجال إنشاء الطرق فإنه يمكن استخدام هذا الإسفلت في مجال عزل السطوح والسدود وأقنية الري.

يبلغ مخزون الإسفلت الطبيعي التقريبي في مقلع البشري \60\ مليون طن وتقوم المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية حالياً بتحديد المخزون الاحتياطي المؤكد عن طريق حفر آبار استكشافية تصل أعماقها إلى \40\ متراً.

2- هدف البحث:

الهدف من هذا البحث هو تصميم خلطات بيتومينية ذات درجة ثبات مقبولة حسب مارشال، مع انسيابية منخفضة وتصلح لتعبيد الطرقات التي تصنف من الدرجتين الثالثة و الرابعة، مكونة من إسفلت البشري الطبيعي وحصويات متوافرة محلياً، وهي الحصويات الفراتية و الأحجار الكلسية بحيث نحصل على ثبات مناسب و منطقي لهذه الطرقات و التي هي بالنتيجة طرقات منخفضة التكاليف.

3- لمحة تاريخية عن استخدام الإسفلت الطبيعي عالمياً:

هناك بحيرة معروفة و مشهورة عالمياً تدعى ترينداد و التي تحوي على إسفلت طبيعي، يستخرج هذا الإسفلت من شاطئ البحيرة في ترينداد labrea، و الذي هو

بالطبع عبارة عن مستحلب شبه صلب مؤلف من بيتومين مائع، ومواد معدنية و عناصر ثانوية و بشكل أساسي الماء في حالته الخام.

و في حالته المكررة يكون الماء و العنصر الثانوي مستبعداً أي يتألف أسفلت بحيرة ترينداد من خليط من البيتومين والعناصر المعدنية كالآتي:

- بيتومين ونسبته (53% - 55 %)
- مواد معدنية بنسبة: (36%- 37%)
- مواد أخرى (9%-10%)

وإن الاستخدامات الحالية لإسفلت هذه البحيرة متعددة و متنوعة حيث يستخدم في تعبيد طرقات المدن، والمطارات، و أيضاً من أجل مسارات سباق السيارات، ومن أجل تعبيد الموانئ و الجسور، في القرن الماضي نصت المواصفات الهندسية في المملكة المتحدة على إمكانية استخدامه للطرق الرئيسية مثل الطريق المحيط بقصر باكنجهام و أيضاً طرقات الدراجات النارية، و المشاريع الخاصة مثل الجسور و الأنفاق. وذلك بسبب مقاومتها للتخديد و التشوه و حياة الخدمة الطويلة.

واستخدم في مدن رئيسية مثل هلسنكي، برلين، فرانكفورت، فيينا، و معظم مدن غرب أوروبا.

ويجري حالياً استخدامها في المطارات مثل مطار كياتاك في هونغ كونغ و مطار كستراب في الدينمارك و مطار كندي في نيويورك و مطار بوربانك في كاليفورنيا كما استخدم في الساحات المخصصة لسباق السيارات كما في حلبة نوربيرج للجائزة الكبرى في ألمانيا و مارسيدس و قد استعملت طرق اختبار BMW إسفلت بحيرة ترينداد المعدل لعدة سنوات.

كذلك استخدم إسفلت بحيرة ترينداد المعدل في إنشاء الطريق السريع العالمي الجديد و الذي يدعى Hampshire في لندن،ويستعمل هذا الإسفلت في المناطق التي فيها حمولات عالية وثقيلة و قد استخدم في جسرGeorge Washington في الولايات

المتحدة الأمريكية و الذي يمتد على نهر Hudson بين نيويورك و New, fort lee jersey.

– و قد أظهرت البحوث اليابانية نتائج إيجابية لاستخدام الإسفلت من بحيرة ترينداد ومن الأمثلة على استخدامها في اليابان جسور: Kakayama , Mount tateyama وآخر الاستخدامات كان في جسرHonshushikoku والذي هو من أكبر المجازات المفردة في العالم.

كذلك توجد أمثلة أخرى عن استخدام الإسفلت المستخرج من بحيرة ترينداد نذكر منها مطار piarco trinidad , WestIndics و طريق Brenner Autobahn في النمسا والذي يعد من أحد أهم الطرق السريعة وذات الكثافة المرورية العالية في أوروبا، وهو ممتد من مدينة Innsbruck و هي عاصمة التيرول النمساوي إلى Brenner Alpine ماراً من حدود النمسا – إيطاليا . (مرجع رقم 1)

4- لمحة عن الإسفلت الطبيعي في سورية واستخداماته:

4-1- الإسفلت الطبيعي في سورية:

يوجد البيتومين الطبيعي بأشكال متعددة و يمكن أن يكون بشكل لزج أو قاسٍ و يمكن أن يكون على شكل ذرات ناعمة مشبعة بالبيتومين أو على شكل صخور، منه ما هو على سطح الأرض بشكل بحيرات أو مقالع سطحية ومنه ما هو موجود في أعماق الأرض. و يحتاج استخراجه إلى إقامة المناجم، يتوافر في سورية نوعان في صخور البيتومين الطبيعي.

أ– بيتومين جبل البشري. ب– بيتومين كفريا.

أ- بيتومين جبل البشري :

يتوضع البيتومين الطبيعي علىشكل جبل يدعى جبل البشري و يقع بين محافظتي دير الزور والرقة وهو عبارة عن توضعات طبيعية من الرمال الكوارتزية المخلوطة مع البيتومين الطبيعي، وتوجد بشكل متكشف على وجه الأرض في بعض الأحيان و في أحيانٍ أخرى تكون مغطاة بطبقة رملية خفيفة يمكن إزالتها بسهولة بواسطة الآليات

الهندسية. تبلغ السماكة الوسطية للطبقات الحاملة للبيتومين بين (3- 4.5) متراً و قد تصل في بعض المواقع إلى أكثر من 13 م.

تتوزع الطبقات على مساحة لا تقل عن / 6 / كم2، تتراوح نسبة البيتومين بين (17% إلى 22 %) من وزن كتلة الصخر الرملي.

يتميز البيتومين الطبيعي المستخلص بالمواصفات الآتية:

– درجة الغرز(Penetration test) عند درجة حرارة 25°م وتحت تأثير حمل 100 غرام يستمر 5 ثوان تتراوح بين (70 – 80) مم AASHTO T- 49.

– درجة الاستطالة (DUCTILITY) عند درجة حرارة 25° م بين (75- 100) سم AASHTO T- 51

– درجة الوميض:(FLASHING POINT) (150° م) AASHTO T - 48.

– درجة حرارة الليونة (SOFTENING POINT) (48° - 60°) م AASHTO T -53

- نسبة الفاقد بالتقطير عند 360°م تبلغ9% حسب AASHTO T- 78

ومن هنا يمكن القول أن البيتومين الطبيعي الموجود قريباً بمواصفاته من البيتومين النفطي ذو درجة غرز 40-50 و 60-70. أما الرمل فهو النوع السيليسي الخالص تتراوح أبعاده بين0.075 إلى3 مم و هو بمعظمه أقل من1.25 مم.

كما توجد بعض الرمال بأقطار تصل إلى 4.75 مم. تتمركز المناطق المستثمرة في وادي القير و شعفة حيث تستخرج الكتل الصخرية بواسطة المعدات و التجهيزات الهندسية و يتم تسليمها للراغبين على أساس الوزن. (مرجع رقم 2)

ب– بيتومين كفريا: وهو عبارة عن صخور بيتومينية طبيعية مشكلة من أحجار كلسية مشربة بالبيتومين. و تقع مقالع هذه الصخور في منطقة كفريا بمحافظة اللاذقية وعلى بعد قرابة (40كم) إلى الجنوب الشرقي من مدينة اللاذقية، و تتوضع هذه الصخور في أربعة مقالع رئيسية (مقلع الأزرق – مقلع البربورة – مقلع الصفا – مقلع شحادة). تتراوح نسبة البيتومين الطبيعي بين (9% إلى 12%) من وزن الكتلة الصخرية و قد تصل في بعض المواقع إلى 16%. وتبلغ نسبة فحمات الكالسيوم قرابة

97%. كما تبلغ نسبة الفاقد بالاهتراء حسب لوس أنجلوس قرابة 39% للقسم الأعظم من هذه الصخور. (مرجع رقم 2)

4-1- استخدام إسفلت جبل البشري الطبيعي في أعمال الرصف:

تتضمن عملية تنفيذ طبقة سطحية باستخدام إسفلت جبل البشري الطبيعي ما يأتي:

- رش طبقة التشرب باستخدام بيتومين سائل من نوع (MC-0) بدرجة حرارة لا تقل عن 100° م.
- رش طبقة من البيتومين النفطي على الساخن بدرجة غرز 60-70 أو 80- 100 بدرجة حرارة لا تقل عن 160°م .
- فرش مادة الإسفلت الطبيعي بعد طحن الصخور بواسطة مطحنة خاصة و تتم هذه العملية ليلاً.
- فرش بحص كلسي بأبعاد تتراوح بين (3-12) مم.
- دحي الطبقة المنفذة بواسطة مداحل ملساء تزن من 8 إلى 12طناً.

نتيجة لذلك ينغرز البحص ضمن إسفلت البشري والذي التصق سابقاً مع البيتومين النفطي.(مرجع رقم 3).

5- التجارب المخبرية:

تم تحضير عينات من إسفلت البشري الطبيعي لإجراء اختبارات ثبات مارشال ولذلك وفق مواصفات الـــ AASHTO مع تعديل الحد الأدنى لعدد ضربات المطرقة من 35 حسب الـــ AASHTO إلى 25 ضربة، بغية محاكاة ما يمكن أن يحدث من سوء في التنفيذ في أثناء عملية الدحي مفترضين أن الرقابة لن تكون بصورة سليمة في أثناء تنفيذ مثل هذه الأعمال الممتدة على مسافات طويلة.

ومن ثَمَّ حضرت العينات بعدد من الطرقات على الوجهين:

أ- 25 طرقة على الوجهين ونرمز لها بالرمز M25.

ب- 50 طرقة على الوجهين ونرمز لها بالرمز M50.

جـــ – 75 طرقة على الوجهين ونرمز لها بالرمز M75.

وبغية دراسة تأثير درجة حرارة الاختبار في النتائج تم غمر العينات في المرة الأولى بماء درجة حرارته 10°م، وفي المرة الثانية بماء درجة حرارته60°م، وفي المرة الثالثة بماء درجة حرارته 80°م.

وأجريت الاختبارات بحسب مارشال كما في الجداول (1،2،3) المرفقة.

بعد ذلك تم تصميم ثلاثة أنواع من الخلطات البيتومينية وجرى مقارنة نتائجها مع نتائج عينات إسفلت البشري الطبيعي.

5-1- تصميم الخلطة الأولى:

5-1-أ– محتويات الخلطة:

تتكون الخلطة الأولى من:

1-1000 غرام إسفلت بشري طبيعي.

2-300غرام كلس فراتي.

5-1–ب– طريقة العمل:

– نزن 1000 غرام من الإسفلت البشري لدرجة حرارته بين (°120م– °150م)

– نزن 30% من وزن الإسفلت البشري الطبيعي أحجاراً كلسيةً مأخوذة من مقلع أبو قبيع، و هذا المقلع موجود في الرقة، و هذه الحصويات موجودة جانب سرير النهر و بكميات كبيرة وهي عبارة عن كلس فراتي.

– نقوم بتسخين هذه الحصويات حتى درجة حرارة °100م.

– نقوم الآن بخلط الإسفلت البشري الطبيعي مع هذه الحصويات أو الأحجار الكلسية مع التحريك المستمر على منبع حراري.

– ثم نقوم بعد عملية الخلط بتنفيذ قالب مارشال و الدق 50 دقة على كل وجه من العينة.

– بعد وضع العينات في حمام مائي بدرجة حرارة 60ْم نقوم بكسر العينة على جهاز مارشال الذي يعطينا على الحاسب مخططاً بيانياً يبين العلاقة بين الانسيابية و الثباتية. والنتائج مبينة في الجدول رقم 4.

5-2- تصميم الخلطة الثانية:

5-2-أ– محتويات الخلطة الثانية:

تتكون الخلطة الثانية أيضاً من مواد وحصويات محلية قريبة من جبل البشري وهي كالآتي:

1- الإسفلت الطبيعي البشري والذي وزنه(350) غرام و نسبته 3/1.

2- حصويات فراتية مأخوذة من سرير النهر مارة من المنخل (3/8ً) ووزنها700 غراماً ونسبتها 3/2.

3– البودرة أوالفلر المار من المنخل (75) ميكروناً أي المهزة رقم 200، ونسبتها بين (7% إلى 10%) من مجموع وزني الحصويات الفراتية مع الإسفلت الطبيعي البشري فيكون وزنها 73.5 غراماً.

5-2-ب– طريقة العمل:

نقوم بتنفيذ الخلطة حسب الخطوات الآتية:

– قمنا بنخل البودرة (الفلر) و إمراره على المهزة 75 ميكروناً و تم تجفيف البودرة بدرجة حرارة 100ْم.

– وجرى أخذ الحصويات المارة من المنخل (3/8ً) و قمنا أيضاً بتجفيفها في الفرن الحراري لمدة (24) ساعة للتخلص من الرطوبة، م جرى خلط الفلر مع الحصويات الفراتية و كانت درجة الخلط 150ْم.

– و بعد تحريك البودرة و الحصويات الفراتية بشكل جيد على المنبع الحراري ، نقوم الآن بوضع الإسفلت الطبيعي البشري، الذي قمنا بتسخينه في الفرن الحراري لدرجة حرارة 150ْم، على الحصويات الفراتية و البودرة.

– ثم نبدأ بعملية الخلط المستمر و التحريك حتى يغلف الإسفلت البشري الحصويات الفراتية و الفلر.

– بعدها نحضر قالب مارشال باستخدام طاقة رص بمقدار 50 ضربة على كل وجه.

– نقوم الآن بتنفيذ خلطة أخرى بمواصفات الخلطة الثانية نفسها لكن بعدد ضربات 25 ضربة على كل وجه، بهدف مقارنتها مع الخلطة الثانية، لمعرفة سلوكية المادة الطبيعية في الخلطة هل ستزداد ثباتيتها بزيادة عدد الضربات إلى 50 ضربة على كل وجه أم ستنتفص كما حدث في عينة الإسفلت الطبيعي البشري دون إضافات بدرجتي حرارة 10ْم و 60ْم ؟

– بعد 48 ساعة من الصب نقوم بعملية الكسر أيضاً بدرجة حرارة 60ْم فنحصل على الجدول رقم 5.

– و بالطريقة نفسها نحصل على الجدول رقم 7 وذلك لكسر عينة بدرجة حرارة 60ْم و بطاقة رص بمقدار 25 ضربة من أجل مقارنتها مع الخلطة الثانية. انظر الجدولين رقم 5 و7.

5-3- تصميم الخلطة الثالثة:

5–3–أ– محتويات الخلطة الثالثة:

تتكون الخلطة الثالثة من:

1- رمل فراتي مار من المنخل (2.4) مم، وزنه 294 غراماً.

2- بيتومين مأخوذ من مصفاة بانياس أو حمص، ووزنه 56 غراماً.

3- حصويات فراتية مارة من المنخل (3/8ً)، ووزنها 700 غراماً .

4- الفلر أو البودرة، ووزنه 73.5 غراماً أي المار من المنخل 75 ميكروناً.

5-3-ب– طريقة العمل:

– ثَمَّ في هذه الخلطة أخذ المار من المنخل 2.4 مم حسب التحليل الحبي الذي قمنا به للرمل الكوارتزي المستخلص من الإسفلت البشري عن طريق المحل وهو البنزن،

وبلغ وزن الرمل الكوارتزي 294 غراماً و قمنا بتحديد هذا الرقم حسب نسبة البيتومين الطبيعي و التي حصلنا عليها في المخبر و هي 16%، و لذلك فإن 350 غراماً من الإسفلت الطبيعي البشري تنقسم هنا إلى جزأين، الجزء الأول هو رمل كوارتزي ووزنه 294 غراماً. الجزء الثاني هو إسفلت مأخوذ من المجبل أو هو إسفلت ناتج عن تقطير النفط ووزنه 56 غراماً.

– و جرى بعد ذلك خلط الرمل الكوارتزي مع البيتومين الذي جلب من المصفاة بدرجة حرارة °100م، وبعد الخلط و التحريك المستمر قمنا بالخطوة الثالثة و هي وضع البودرة على الرمل الكوارتزي و البيتومين و التحريك بشكل مستمر.

– تم وضع الفلر و الحصويات الفراتية المارة من المنخل(3/8″) لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة °100 م من أجل تسخينها وتجفيفها.

– وفي المرحلة الأخيرة قمنا بصب الحصويات الفراتية على الرمل الكوارتزي و بيتومين المصفاة و الفلر، وبعدها جرت عملية الخلط المستمر حتى تغليف ذرات البيتومين السائل للحصويات الفراتية بشكل كامل، و حصلنا على خلطة متجانسة.

– و بعد ذلك جرى صب الخلطة في قالب مارشال وباستخدام طاقة رص مقدارها 50 ضربة على كل وجه ، و بعد الانتهاء من الدق نقوم بنزع العينة من القالب ثم توضع في الماء بدرجة حرارة °60 م، وبعد 48 ساعة نقوم بقياس الثباتية و الانسيابية عن طريق جهاز مارشال، انظر الجدول رقم 6 .

و قد لاحظنا في الخلطة الثانية المكونة من الحصويات الفراتية العدسية بنسبة 3/2 و الإسفلت البشري 3/1 و الفلر بنسبة من(7-10%) من مجموع الوزنين أنها حققت ثباتية عالية وصلت إلى(10.9) KN في الـــ M25، ومن أجل الوثوق بهذه النتيجة و من أجل حساب مجال الثقة تم اختبار عدد كبير من العينات بالنسب نفسه.

بالنسبة لـــ M25 أخذنا (11) عينة و من الكتلة نفسها، لأن العامل الأساسي الذي يؤدي دوراً كبيراً في تغيير الثبات هو نسبة الإسفلت في الخلطة، فكان مجال الثقة للثبات معتمدين على توزيع ستودنت والذي علاقته كالآتي:

$$P\left(0 \le t \le t^*\right) = \frac{\gamma}{2}$$

$$\bar{x} - \frac{t^* \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} \le \mu \le \bar{x} + \frac{t^* \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

γ : درجة الثقة . ومن ثَمَّ حسب $\gamma/2$ نعين t^* من جدول إحصائي.

n: حجم العينة.

σ_{n-1} : الانحراف المعياري.

$\bar{x}$: متوسط حسابي.

P : احتمال. (مرجع رقم 4 - 5)

وبدرجة من الثقة مقدارها 90% نستطيع القول إنَّ متوسط الثبات يقع في المجال

$$3.53 \le \mathrm{M}\delta \le 4.21$$

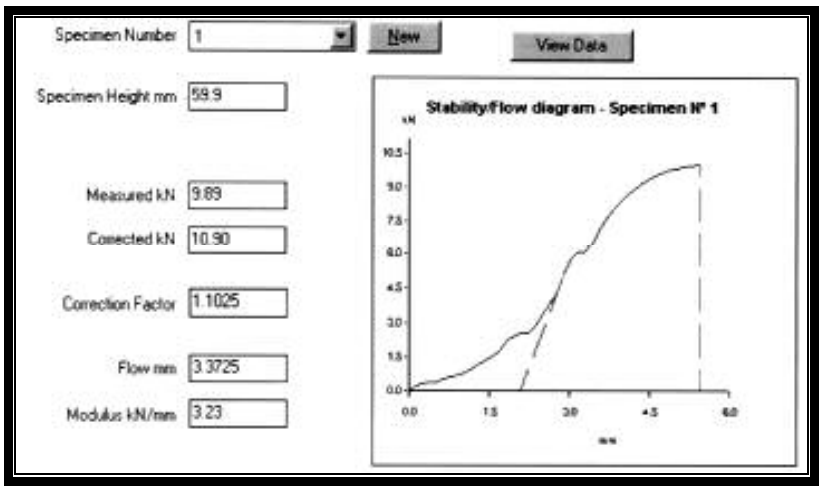
حيث لاحظنا هنا انخفاض قيمة الثبات عن القيمة السابقة بسبب اختلاف الكتلة التي أخذنا منها الإسفلت.

أما بالنسبة لـــ M50 على كل وجه و أيضاً من الكتلة نفسها فكان مجال الثقة للثبات حسب علاقة ستودنت وبدرجة ثقة مقدارها 90% كالآتي:

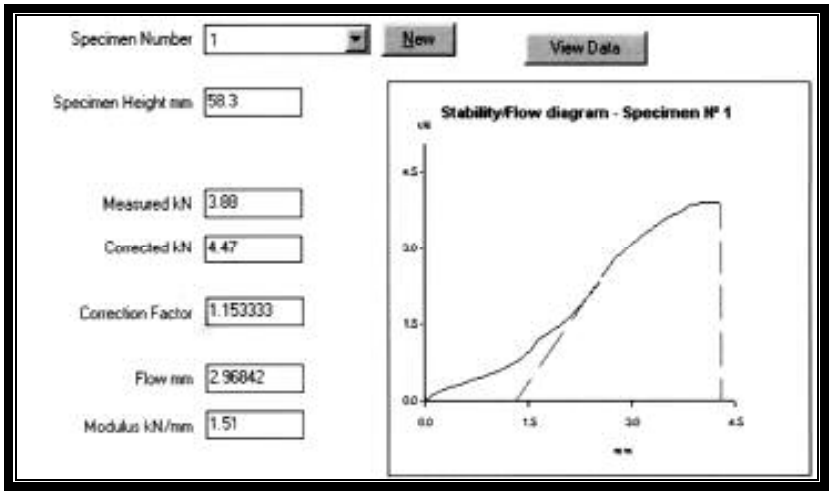
$$3.08 \le M\delta \le 4.08$$

حيث في الـــ M50 بقي الثبات أخفض و تقريباً في كل الحالات من الـــ M25.

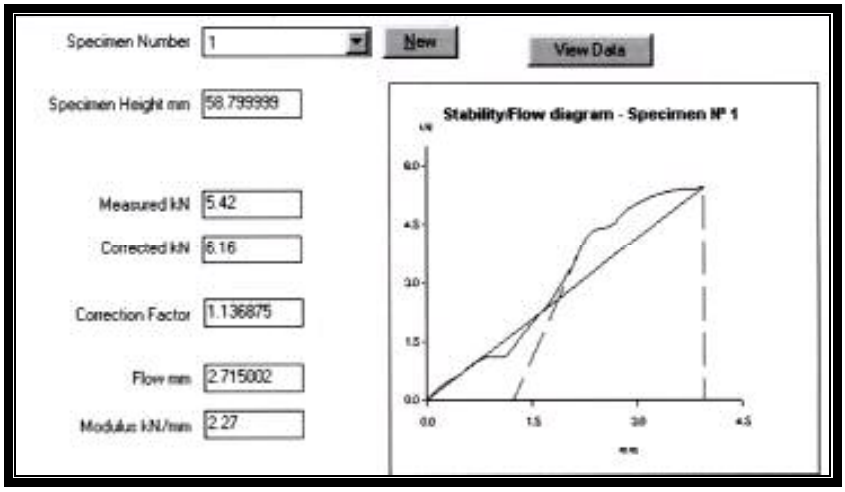
و تبين المخططات الآتية العلاقة بين الثبات و السيلان للخلطة الأولى و الثانية و الثالثة و أيضا تبين الشرائح المجهرية و بشكل واضح وصريح تكثف البنية في الـــ 25 ضربة عن الـــ 50 ضربة، حسب الصور المأخوذة لشرائح محضرة تحت مجهر استقطابي كما في الصور و المخططات التالية المرفقة حيث العينات المصورة تحت المجهر هي عبارة عن عينات نصف أسطوانية مأخوذة في طرف الشريحة الأيسر وعلى محورها والتكبير لكل عينة هو 1x1 وزمن عينة الـــ M25 هو 0.11 ثانية وزمن عينة الـــ M50 هو 0.16 ثانية:



مخطط رقم 1 خلطة M25

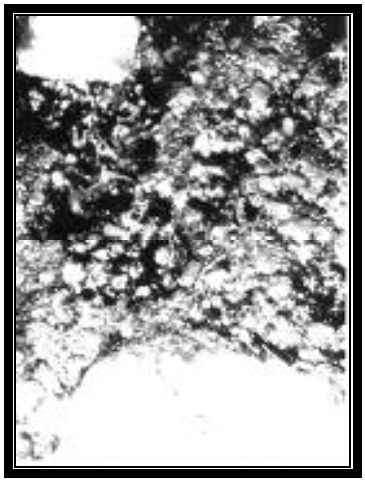


مخطط رقم 2 خلطة مصفاة M50



مخطط رقم 3 خلطة M50

صورة مجهرية لـــ M25



صورة مجهرية لـــ M50

6- نتائج البحث وتوصياته:

6-1- من خلال التجارب التي وضعت من أجل الوصول إلى خلطة رخيصة التكاليف في منطقة قد لا تكون فيها مراقبة جيدة لتنفيذ الأعمال تبين لنا أنَّ الخلطات التي تعرضت لـــ 25 ضربة على كل وجه أعطت ثباتاً أعلى في معظم الحالات من ثبات للعينات التي تعرضت لـــ 50 ضربة على كل وجه.

6-2- تبين إمكانية استخدام إسفلت البشري في خلطات بيتومينية باستخدام حصويات محلية تصلح للطرقات من الدرجة الثالثة و الرابعة.

6-3- عندما يعمل الإسفلت البشري الطبيعي في شروط الحرارة بين 5- 15° م أدى سلوكاً مشابهاً تماماً لسلوك بيتومين المصافي من حيث الزيادة الملحوظة في الثبات.

6-4- ومن خلال الشرائح والصور المجهرية نلاحظ الفرق في توزع الحصويات و البيتومين داخل العينات التي تعرضت لـــ 50.25 و 75 ضربة على كل وجه، و نلاحظ أنَّ الحصويات متجمعة و متكثفة بشكل جيد عند الـــ 75 ضربة و الـــ 25 ضربة، و النتائج متقاربة بين الحالتين مع أفضلية نسبية لـــ 75 ضربة على كل وجه.

6-5- يجب التعمق بدراسة الإسفلت البشري الطبيعي من حيث التركيب الكيميائي ومن حيث سلوكيته كي نتمكن مستقبلاً من الاستثمار بشكل أمثل، وتحديد نسب البيتومين المختلفة في منطقة المقلع و ذلك للحصول على تصنيف ملائم لهذه النسب والتي تؤثر بشكل مباشر في الثبات و الانسياب.

6-6- عندما نقوم بتنفيذ قالب مارشال والدق بمقدار 50 ضربة على كل وجه في الخلطات نحصل على قالب حجمه أقل من حجم قالب مارشال للإسفلت الطبيعي العادي دون أي إضافات وذلك لأن الوزن النوعي للحصويات الفراتية هنا كبير.

6-7- يجب القيام بتنفيذ تجارب حقلية واحتساب الكلف لنتمكن من تحديد الجدوى الاقتصادية بشكل سليم.

المراجع

1- G: \ Bitomen \ trinidad lake Asphalt – current Applications . htm . copy right © TLA of America 2002 , all rights reserved Design and Hosting power Pix TLA .

2- المواصفات العامة للطرق والجسور الصادرة عن وزارة المواصلات لعام 2002 .

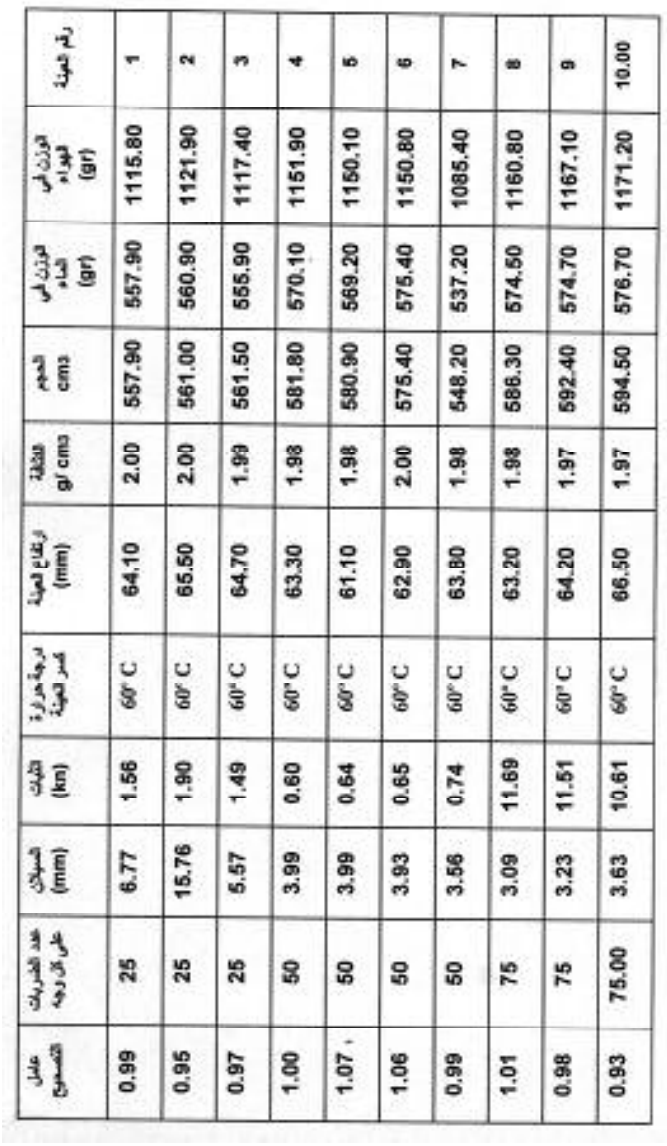
3- دفتر الشروط الفنية الخاصة لأعمال تزفيت الطرق الفرعيـــة بالزفـــت البـــشري الطبيعي والمعمول به لدى مديرية الخدمات الفنية بدير الزور ومجالس المدن والبلدان والبلديات في ريف محافظة دير الزور .

4- Shaum's.

5- Introduction to probability and statics.

رقم العينة	الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm3	الكثافة gr/ cm3	ارتفاع العينة (mm)	درجة حرارة كسر العينة	قابلية (kn)	السيلان (mm)	عدد الضربات على كل وجه	عامل التصحيح
1	1092.10	540.60	551.50	1.98	65.80	10° C	10.67	2.48	25	0.96
2	1098.30	543.30	554.70	1.98	63.40	10° C	11.30	2.48	25	1.00
3	1096.90	540.10	556.80	1.97	64.20	10° C	17.44	2.53	25	0.98
4	1156.10	578.00	578.10	2.00	65.50	10° C	5.95	4.65	50	0.95
5	1155.30	574.70	580.60	1.99	64.30	10° C	6.21	2.41	50	0.93
6	1152.90	576.40	576.50	2.00	62.90	10° C	4.13	6.34	50	1.01
7	1163.10	581.50	581.60	2.00	63.50	10° C	20.67	1.26	75	1.00
8	1169.20	584.60	584.60	2.00	64.20	10° C	20.36	1.26	75	0.98
9	1162.90	578.50	584.40	1.99	61.90	10° C	21.55	1.26	75	1.04

جدول رقم (1)



رقم العينة	الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm3	الكثافة gr/ cm3	ارتفاع العينة (mm)	درجة حرارة كسر العينة	الثبات (kn)	الشيلان (mm)	عدد الضربات على كل وجه	عامل التصحيح
1	1115.80	557.90	557.90	2.00	64.10	60° C	1.56	6.77	25	0.99
2	1121.90	560.90	561.00	2.00	65.50	60° C	1.90	15.76	25	0.95
3	1117.40	555.90	561.50	1.99	64.70	60° C	1.49	5.57	25	0.97
4	1151.90	570.10	581.80	1.98	63.30	60° C	0.60	3.99	50	1.00
5	1150.10	569.20	580.90	1.98	61.10	60° C	0.64	3.99	50	1.07
6	1150.80	575.40	575.40	2.00	62.90	60° C	0.65	3.93	50	1.06
7	1085.40	537.20	548.20	1.98	63.80	60° C	0.74	3.56	50	0.99
8	1160.80	574.50	586.30	1.98	63.20	60° C	11.69	3.09	75	1.01
9	1167.10	574.70	592.40	1.97	64.20	60° C	11.51	3.23	75	0.98
10.00	1171.20	576.70	594.50	1.97	66.50	60° C	10.61	3.63	75.00	0.93

جدول رقم (2)

رقم العينة	الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm3	الكثافة gr/cm3	ارتفاع العينة (mm)	درجة حرارة كسر العينة	الثقلية (kn)	السيلان (mm)	عدد الضربات على كل ربعة	معامل التصميم
1.00	1104.80	549.50	555.10	1.99	64.20	60°C	0.74	4.28	25.00	0.98
2.00	1100.30	549.70	550.60	2.00	63.20	60°C	0.76	4.28	25.00	1.01
3.00	1110.10	549.40	560.70	1.98	66.10	60°C	0.71	4.28	25.00	0.94
4.00	1148.80	570.50	576.30	1.99	67.40	60°C	0.78	5.19	50.00	0.91
5.00	1147.10	567.80	579.30	1.98	65.10	60°C	0.81	5.19	50.00	0.94
6.00	1149.30	568.80	580.50	1.98	66.80	60°C	0.81	5.19	50.00	0.95
7.00	1162.30	578.20	584.10	1.99	61.80	60°C	8.41	2.70	75.00	1.04
8.00	1167.70	580.90	586.80	1.99	62.10	60°C	8.34	2.70	75.00	1.04
9.00	1167.10	583.50	583.60	2.00	64.40	60°C	10.68	3.38	75.00	0.98

جدول رقم (3)

رقم العينة	الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm³	الكثافة gr/cm³	ارتفاع العينة h (mm)	درجة الحرارة	الثبات (kn)	السيلان (mm)	عدد الضربات على كل وجه	عامل التصحيح	محتويات الخلطة
1	1188.1	592.6	587.5	2	67.6	60°C	3.47	15.54	50	0.91	300gr حصويات من الفتل مزيج 2.4mm درجة حرارة الخلط 120°C
2	1380.7	664.9	635.8	2	74.7	60°C	4.42	5.85	50	0.78	300gr حصويات من الفتل مزيج 2.4mm درجة حرارة الخلط 145 °C
3	1282.5	652.1	630.4	2	71.5	60°C	7.09	4.64	50	0.83	300gr حصويات من الفتل مزيج 2.4mm درجة حرارة الخلط ٥١٠ °C
4	1286	652.7	633.3	2	73.4	60°C	4.88	5.18	50	0.80	300gr حصويات من الفتل مزيج 2.4mm درجة حرارة الخلط 150°C

جدول رقم (4)

رقم العينة	الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm3	الكثافة g/ cm3	ارتفاع الجبهة h (mm)	درجة الكسر	الثبات (kn)	السماكة (mm)	عدد الضربات على كل وجه	عامل التصحيح	مخلوطات تجريبية
1	1127.8	635.7	492.1	2.29	58.1	60°C	3.45	3.47	50	1.16	350 gr رمل سلت بشري 75.5 gr فلفر 700 gr حصويات قرنية مدرجة من المنخل 9530 ميلمتر
2	1118.3	635	483.30	2.31	58.2	60°C	6.16	2.72	50	1.14	350 gr رمل سلت بشري 75.5 gr فلفر 700 gr حصويات قرنية مدرجة من المنخل 9530 ميلمتر
3	1117.2	628.2	489	2.28	57.6	60°C	5.81	3.09	50	1.18	350 gr رمل سلت بشري 75.5 gr فلفر 700 gr حصويات قرنية مكسرة مدرجة من المنخل 9530 ميلمتر

جدول رقم (5)

رقم العينة		الوزن في الهواء (gr)	الوزن في الماء (gr)	الحجم cm3	الكثافة gr/ cm3	ارتفاع العينة h (mm)	درجة الكسر	الثبات (kn)	السيلان (mm)	عدد الضربات على كل وجه	عامل التصحيح	محتويات الخلطة
1		1112	642	470	2.37	58.2	60°C	4.16	3.5	50	1.16	مجبول من مجبول 56 gr زفت 294 gr فوسفوريت 700 gr رملة حصوية فراشة 3.5 فلير
2		1090.4	623.3	467.1	2.33	58.3	60°C	4.47	2.97	50	1.15	مجبول من مجبول 56 gr زفت 294 gr فوسفوريت 700 gr رملة حصوية فراشة 3.5 فلير

جدول رقم (6)

رقم العينة	1
الوزن في الهواء (gr)	1124.3
الوزن في الماء (gr)	652.6
الحجم cm3	492.1
الكثافة gr/ cm3	2.28
ارتفاع الجزء h (mm)	59.5
درجة الحرارة	60°C
القطر (bo)	10.9
السماكة (mm)	3.37
عدد الشريحات على كل لفة	25
معامل التصميع	1.10
معلومات إضافية	نوع الورق مقوى بشري نوع الكرتون 2.5 كرتون نوع الصمغ حمص نشا قرنبة عدد اللفات في اللفة 9550 ملاحظات

جدول رقم (7)

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق:2004/5/18.