

إضافة الجبس و تأثير على بعض خواص الإسفلت

د.علي محمد منصور¹ د.بشير العربي تنتوش² م.سامر محمد سالم القزدار³

الملخص

تتعرض الطرق المرصوفة بالخلاطات الإسفلتية لعدة مشاكل تمثلت في (النزف - التشققات - التقادم - الخ...) ، مما حد بالباحثين للتفكير في تحسين خصائص الإسفلت بعدة طرق تمثلت بإضافة مواد لمسحوق مطاط الإطارات المستهلكة - البولي أثلين لمزائج " الكبريت والإسفلت " - الكبريت - الجبس... الخ ، و نظراً لتوفر مادة الجبس بليبيا اختير لهذه الدراسة، حيث تضمنت هذه الدراسة تحسين الخصائص الفيزيائية للإسفلت من خلال إضافة نسب محددة من الجبس تراوحت بين (2-4-6-8-10-12) % من وزن الإسفلت، مع تحديد الخواص الفيزيائية للعينات الإسفلتية المرجعية والمخلوطة بالجبس، حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة تحسن ملحوظ في خصائص الإسفلت مقارنة بالعينات المرجعية من الإسفلت، مع دراسة تجانس الخليط بالفحص الميكروسكوبي.

المقدمة

الإسفلت عبارة عن مادة هيدروكربونية معقدة التركيب ذات أوزان جزيئية عالية تمتاز بدرجة من الصلابة واللدونة في الدرجات الحرارية السائدة حيث استخدم هذا الإسفلت على

1 - عضو هيئة تدريس - كلية الهندسة - جامعة طرابلس

2 - عوض هيئة تدريس - كلية الهندسة - جامعة طرابلس

3 - طالب دراسات عليا - أكاديمية الدراسات العليا - طرابلس - ليبيا

نطاق واسع ومنذ قرون عديدة في الصناعة والبناء، ونظرًا للتقدم والتطور الحضاري اتسعت مجالات استخداماته وتطبيقاته حيث شملت استخدامه كمادة عازلة وممانعة للرطوبة وكمادة لاصقة بالإضافة إلى الاستخدام الأوسع في مجال رصف الطرق، إن هذا التوسع في مجالات الاستخدام قد يقيد في العديد من الحالات بالموصفات ذات العلاقة مما يتطلب تغيير هذه المواصفات لتحسين الأداء بسبب حدوث حالات الفشل والانهيال بعد فترة من الاستخدام، مثال على ذلك حالات التصدع والشرخ التي تصيب الرصف الإسفلتي عند الاستخدام بالإضافة إلى التدهور الناتج من التأثيرات المترافقة للحمولة مع تغير درجات الحرارة في الطرق المعبدة بالخرسانة الإسفلتية. لهذا السبب تكون عمليات التحوير هي الأسلوب المتاح لتحسين خواص الإسفلت المستخدم بما ينعكس إيجابيًا على الأداء وقد تم إضافة عدة مواد للإسفلت لتحسين خواصه ومنها عملية تحوير الإسفلت بمزجه مع الكبريت (الجبس)، فقد استخدم الكبريت كمادة مضافة إلى الإسفلت نظرًا لوفرتة في المصادر الطبيعية، ولأسعاره المقبولة، وبالإضافة إلى ما يمكن أن يضيفه من صفات جيدة على المادة الإسفلتية، كما أن نجاح عملية استخدامه يمكن أن تساعد على تقليل التلوث بتوفيرها منفذًا لاستغلال الفضلات الكبريتية و من ناحيه أخرى توفر خام الجبس بكثرة في ليبيا هذا شجع على إضافة نسب الجبس إلى الإسفلت بهدف تحسين خواصه لتلافي التدهور الناتج عن التغيير الكبير في درجات الحرارة وزيادة في الحمولات المستعلة في الطرق.

البرنامج العملي

يدرس هذا البرنامج الاختبارات المعملية المستهدف إجرائها لمكونات تحضير عينات الإسفلت مع الجبس متضمناً الخلط حتى التجانس و مقارنة النتائج بالموصفات ذات العلاقة، مع توضيح تحضير العينات واختبارات الإسفلت الذي ستجري علي العينة من الإسفلت مع

الجبس بنسب محددة وزناً من الإسفلت، حيث اشتمل هذا البرنامج إجراء مجموعة من الاختبارات علي عينة لإسفلت الخالصة والمضاف اليها نسب الجبس للتأكد من مطابقتها للمواصفات ذات العلاقة.

• المكونات المستخدمة في تحضير العينات:

- الإسفلت Bitumen:- هو عبارة عن مادة سوداء اللون ذات قوام ممتد على نطاق واسع بين المادة الصلدة في درجة حرارة الجو الاعتيادية وعند تسخينه بصورة كافية ليتلين ليصب على مائع (Lewis and Charles, 1879). الإسفلت المستخدم تم الحصول عليه من خزانات شركة ماس الدولية بمصراته - ليبيا (Certificato di Qualita, 2014) وأجريت عليها الاختبارات طبقاً للمواصفة ذات العلاقة (ASTM).
- الجبس Gypsum:- الجبس المستخدم أو الجص هو مادة صلبة مكونة من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم (الصيغة الكيميائية $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) (Anthony, et.al. 2003). من الخامات المتوفرة بكثرة في الأراضي الليبية، وهو أكثر معدن كبريتي منتشر في الطبيعة بأحد شكله المعدني أو صخر رسوبي وهو يتداخل مع معدن الأنهدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية) (Klein, et.al. 1958)، ويتواجد مع الدولوميت والطين والحجر الجيري وهو ذو لون رمادي أو أبيض ويميل إلى الاحمرار في بعض الأحيان وقد يكون وجوده على سطح الأرض أو في الأعماق ودرجة نقاوته 86.0% ودرجة صلاته 2، تم الحصول علي الجبس من المنتجات الليبية لصناعة الجبس يتكون من 97.1% كبريتات الكالسيوم.
- تجهيز العينات وإجراء الاختبارات ذات العلاقة

اتخذت عدة إجراءات لتجهيز العينات الإسفلتية مع الجبس المضاف إليها وإجراء الاختبارات اللازمة لتحقيق أهداف الدراسة علي النحو التالي:

1. تحضير العينات:

بعد تجهيز المواد (الإسفلت - الجبس) نزن كل منها باستخدام ميزان حساس بدقة (± 0.1) جم) حسب الكميات اللازمة لتحضير العينات ، يتم مزج الخليط جيداً، بواسطة جهاز الخلط المجهز برأس لتقليب العينة بسرعته (1200/min) لضمان التجانس، ومن ثم تحديد زمن الخلط لكل عينة والجدول (1) يبين نسب الجبس المضاف وزناً وزمن الخلط المثالي الذي أستغرق لخلط العينة لتصل إل حالة التجانس والشكل (1) يوضح خطوات تحضير العينات. تم تحديد التجانس من العينة بواسطة الفحص الميكروسكوبي لشرائح الإسفلت التي خزنت لفترة زمنية تتراوح شهر في الظروف الجوية في ليبيا، وقد تم استخدام عدسات بقوة تكبير $\times 40$.

جدول 1: نسب الجبس المضافة وزناً وكميات الإسفلت وزمن ال

رقم العينة	نسبة الجبس	وزن الإسفلت	وزن الجبس	زمن الخلط
1	2	797.0	15.94	10
2	4	801.5	32.06	15
3	6	800.5	48.03	20
4	8	799.5	63.96	25
5	10	800.0	80.0	30
6	12	801.0	96.12	35

شكل (1) طريقة تحضير والخلط بين عينات الإسفلت والجبس والجبس

2. تحديد الخواص الفيزيائية للخليط

تم تحديد الخواص الفيزيائية للعينات المخلوطة طبقاً للمواصفة الأمريكية (ASTM) حيث تمثلت هذه الاختبارات في قياس كل من قيمة الاختراق "Penetration"، درجة الوميض "Flash point"، درجة الليونة "Softening point"، الاستطالة "Ductility".

• النتائج ومناقشتها

من خلال اجراء التجارب المذكورة تم الحصول على عدة نتائج ثملت في:

1. زمن الخلط:

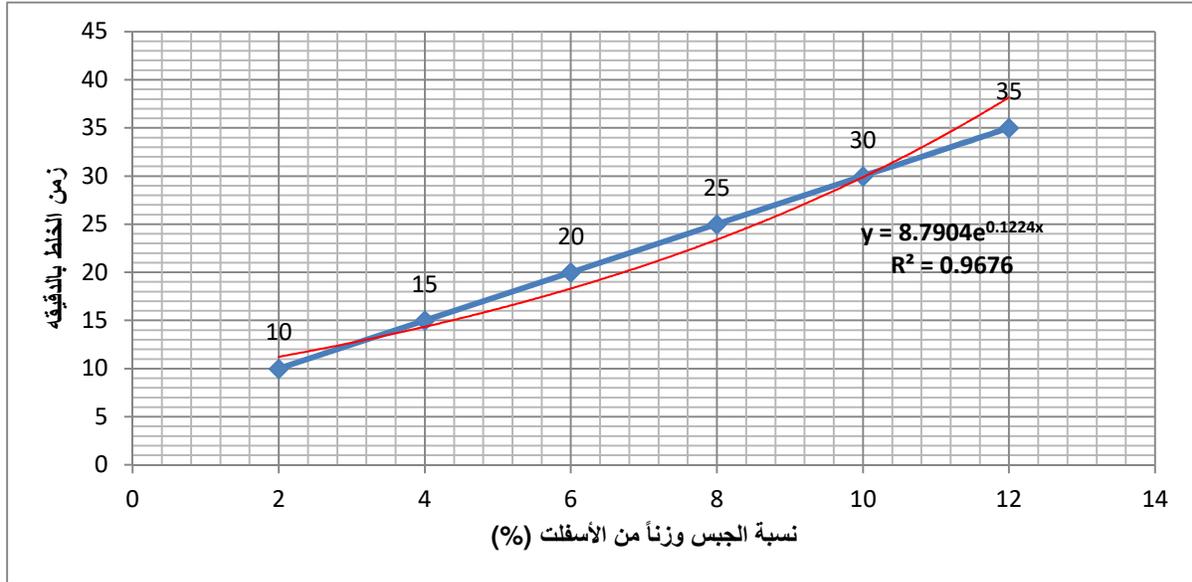
نلاحظ من خلال الشكل (2) كلما زادت نسبة الجبس المضاف للإسفلت كلما زاد زمن الخلط اللازم للوصول إلي عملية التجانس ويكمن تمثيل العلاقة من زمن الخلط ونسبة الجبس المضاف للوصول إلى حالة التجانس من خلال المعادلة الآتية وبمعامل ترابط 98%

$$.y=8.790e^{0.122x}$$

حيث أن y = زمن الخلط المثالي.

X = نسبة الجبس وزناً من الاسفلت.

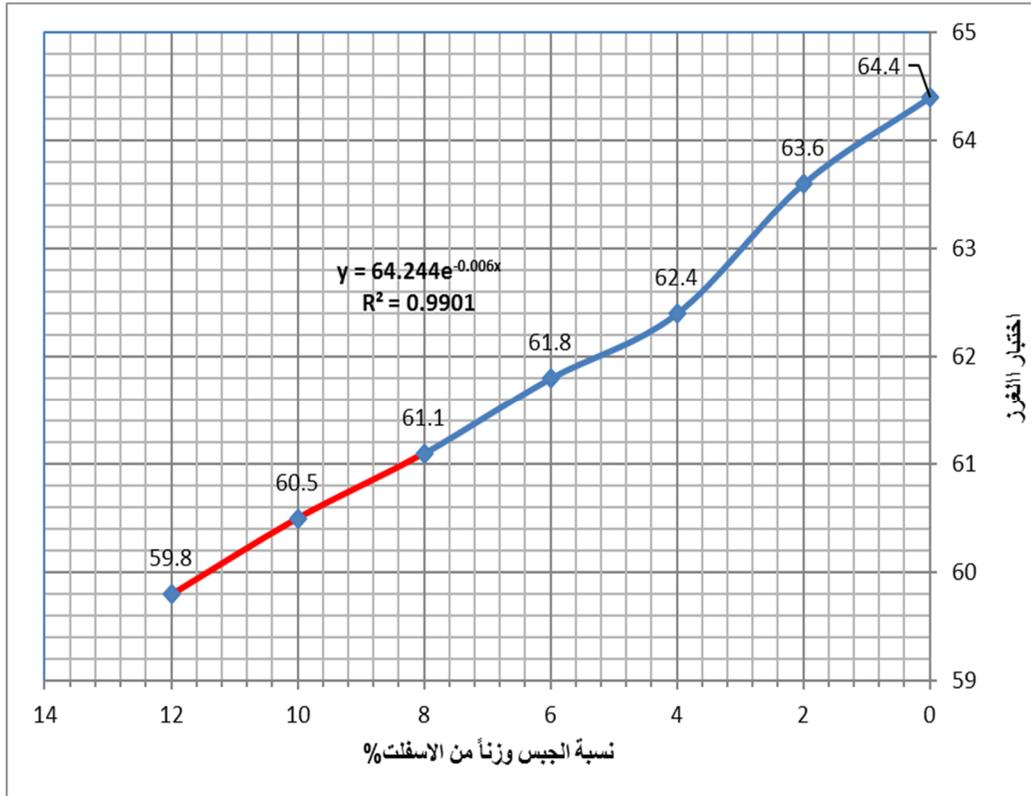
شكل (2) العلاقة بين نسبة الجبس وزناً للإسفلت والزمن الخلط



شكل (2) العلاقة بين نسبة الجبس وزناً للأسفلت والزمن الخلط

2. درجة الغرز أو لاختراق "Penetration"

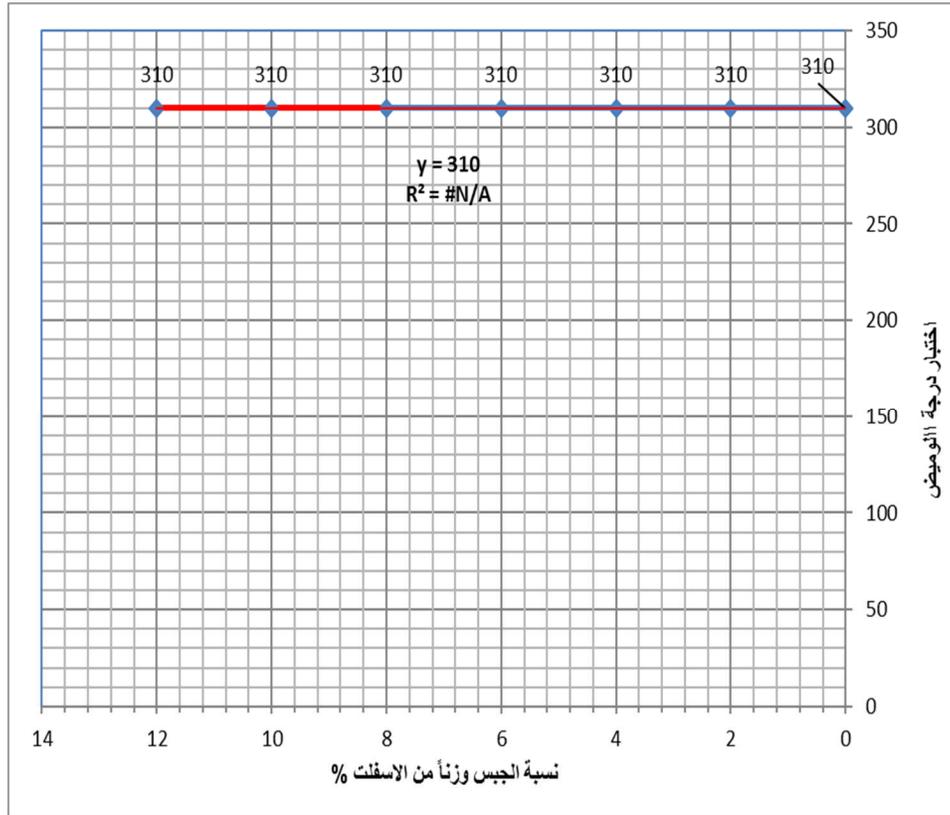
من خلال الشكل (3) والذي يوضح العلاقة بين نسبة الجبس ودرجة الغرز ، نلاحظ كلما زادت هذه النسبة كلما قلت درجة الغرز ويمكن تمثيل هذه العلاقة من خلال المعادلة $y=64.24e^{-0.06x}$ ومعامل ارتباط 99%.



شكل (3) العلاقة بين نسب الجبس وزناً للإسفلت واختبار الغرز

3. درجة الوميض "Flashing point"

من خلال الشكل (4) والذي يوضح العلاقة بين نسبة الجبس ودرجة الوميض ، حيث نلاحظ ثبات درجة الوميض بالرغم من زيادة نسبة الجبس المضاف للعينات ، ويأتي هذا نظراً لأن درجة حرارة اشتعال الجبس عالية ولم تؤثر النسب المضافة من الجبس إلي الإسفلت على درجة الوميض.

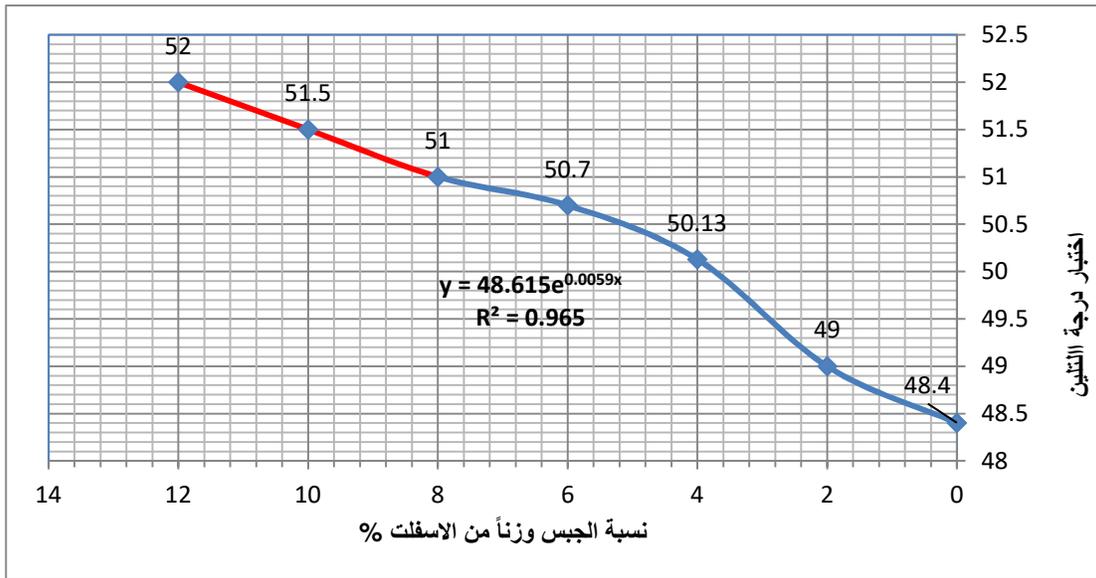


شكل (4) العلاقة بين نسبة الجبس وزناً للإسفلت واختبار درجة الوميض

4. درجة التلين "Softening point"

تم قياس درجة التلين لعينات الإسفلت مع الجبس ومن خلال النتائج في الشكل رقم (5) تبين أن متوسط القراءات لكل عينة الفارق بينهم ملحوظ نسبياً و متوسط القراءة بين العينة المضاف لها الجبس 8% ومقارنتها مع العينة المرجعية كان الفارق كبير يساوي 2.60، ويرجع هذا الفارق لزيادة نسبة الجبس، أي أن كلما زادت نسبة الجبس كلما زادت درجة التلين في العينة عينة ويمكن تمثيلها بالعلاقة:

$$y = 48.61e^{0.0059x} \quad \text{وترباط مقدار } R^2 = 0.982$$



شكل (5) العلاقة بين نسبة الجبس وزناً للإسفلت واختبار درجة التلين

5. الاستطالة " Ductility "

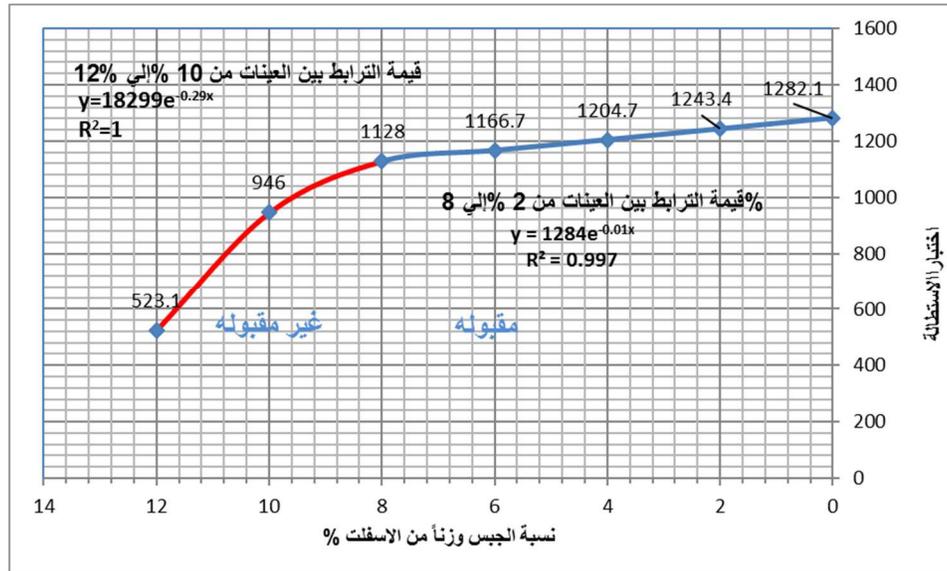
من خلال قياس الاستطالة لعينات الإسفلت المخلوط مع الجبس ومن خلال النتائج الموضحة في الشكل رقم (6) نلاحظ أن كلما زادت نسبة الجبس كلما نقص مقدار الاستطالة في العينة وهذا التناسب الطردي منتظماً حتى نسبة 8% ثم التناقص في مقدار الاستطالة مع زيادة نسبة الجبس بعد 8% كان حاداً ، ويمكن تمثيل العلاقة في الجزئين بالمعادلات الآتية:

$$y=1284e^{-0.01x} \text{ وترابط مقدار } R^2=0.98$$

لنسب أقل من 8%، وتمثيل الجزء ذو النسب الأكبر من 8% بالعلاقة:

$$y=18299e^{-0.29x}$$

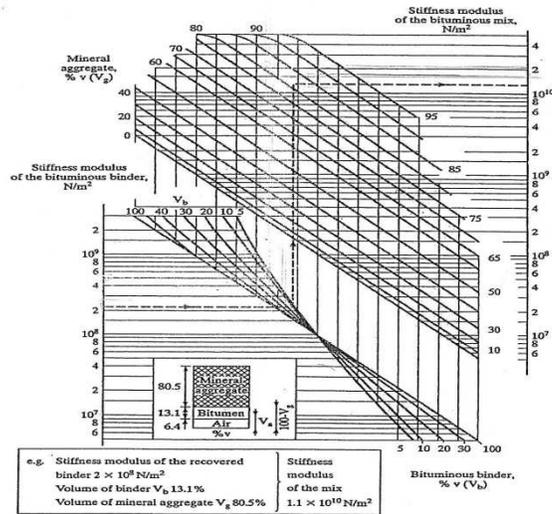
بمعامل ترابط قوي، مع ملاحظة أن مقدار الاستطالة للجزء الأول أكبر من 1000 مم بينما تكون أقل من 1000 مم للجزء الثاني (النسب الأكبر من 8 %). متوسط القراءات لكل عينة الفارق بينهم ملحوظ نسبياً و متوسط القراءة بين العينة المضاف لها الجبس 8% ومقارنتها مع العينة المرجعية كان الفارق كبير يساوي 54.1 مم، ويرجع هذا الفارق لزيادة نسبة الجبس.



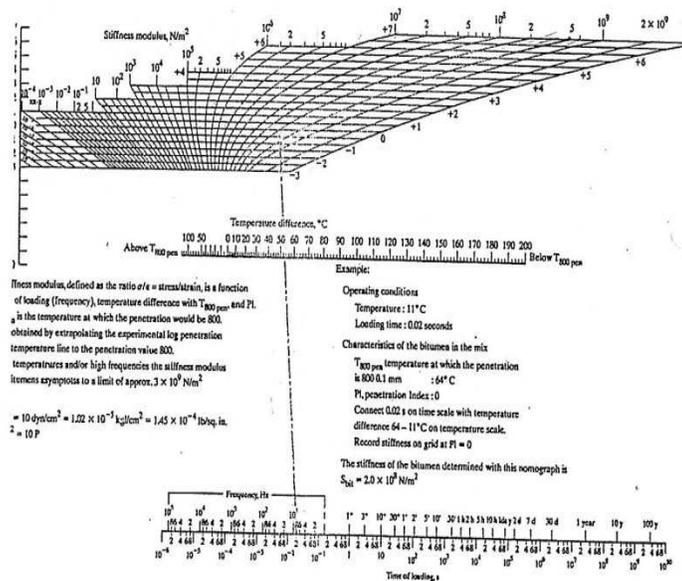
شكل (6) العلاقة بين الجبس وزناً للإسفلت واختبار الاستطالة

6. صلابية المخلوط:

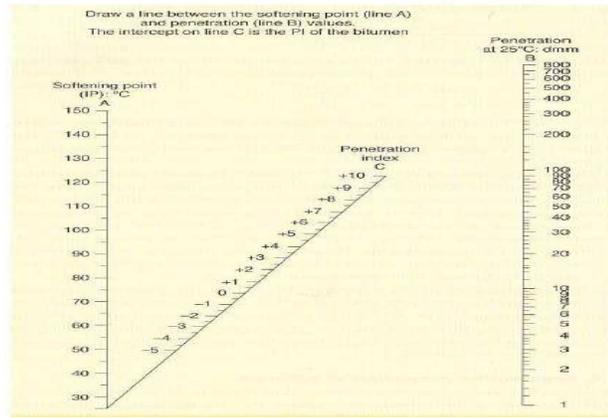
يمكن تحديد الصلابة للخلطة (Smix) بقياسه مباشرة من اختبار الرصف الجاسئ أو بتقديره باستخدام المخططات الخاصة بالعلاقة بين معامل الصلابة للخلطة (Stiffness Modulus Of the Bituminous Mix) ومعامل الصلابة للأسفلت (Stiffness Modulus Of the Bituminous) ، حيث يعرف بمخطط شل كما هو مبين في الشكل (7) ، كما يمكن حساب معامل الصلابة للأسفلت (Stiffness Modulus Of the Bituminous) باستخدام مخطط فاندربول (Vander Poel) كما هو موضـح في الشكل (8) ، حيث يمكن تقدير الصلابة عند درجات الحرارة و أوقات التحميل باستخدام مؤشر الاختراق (PI) والذي يمكن حسابه باستخدام مخطط تقدير مؤشر الغرز للأسفلت كما هو موضـح بالشكل (9). (Read and David, 2003).



الشكل (7) مخطط شل لتقدير صلابة الخلطة الإسفلتية



الشكل (8) مخطط فاندربول لتقدير صلابية الاسفلت



الشكل (9) مخطط تقدير مؤشر الاختراق للإسفلت

من خلال الأشكال (7، 8، 9) تم تحديد مؤشر الاختراق (PI) عند درجة الحرارة 25°C ، ثم تعيين صلابة الإسفلت عند درجة حرارة 54°C ووقت تحميل 0.02 sec ، بعد ذلك تم تعيين معامل صلابة الخلطة الإسفلتية عند حجم الإسفلت 11% (V_b) وحجم الركام 80% (V_g) كما موضحة بالجدول (3) ومن الملاحظ أن معامل صلابة الخلطة الإسفلتية ثابت لا يتغير مع زيادة نسبة الجبس المضاف.

جدول 3 : مؤشر الاختراق (PI) و معامل صلابة الاسفلت ، والخلطة الاسفلتية

درجة الحرارة = 54°C ، وقت التحميل 0.02sec

معامل صلابية الخلطة الاسفلتية	معامل صلابية الاسفلت (Pa)	مؤشر الاختراق (PI)	درجة التلين c ⁰	درجة الغرز Mm	نسبة الجبس المضاف %
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×5.1	-1	48.4	64.4	9
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×5.1	-1	49.0	63.3	2
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×4.86	-0.5	50.13	62.4	4
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×4.86	-0.5	50.7	61.8	6
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×4.86	-0.5	51.0	61.1	8
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×4.86	-0.5	51.5	60.5	10
¹⁰ 10×1.6	⁸ 10×4.86	-0.5	52.0	59.8	12

الخلاصة :

- اهتمت هذه الدراسة بالتركيز علي تحسين خواص الإسفلت من خلال إضافة نسب مختلفة من الجبس وبناء علي النتائج المتحصل عليها تم استخلاص النتائج الآتية:
- النسبة المثلي لإضافة الجبس للإسفلت لا تزيد عن من 8% من وزن الإسفلت في حالة بعض المناطق التي تحتاج إلي استطالة أكثر من 100سم، والنسب الأعلى أثرت على الاستطالة.
 - يمكن استخدام نسبه من الجبس أعلي من 8% لتحسين خواص الإسفلت في الحالات التي لا تكون فيها درجة الاستطالة ذات أهمية (استطالة أقل).
 - التجانس في العينات بين الجبس والإسفلت يلعب دوراً مهماً للحصول علي خواص فيزيائية المطلوبة.

- لم تؤثر زيادة نسب الجبس على صلابية الخلطة الاسفلتية والتي بقيت ثابتة في حدود 10×1.6^{10} .

المراجع:

- 1-bitumen in Charlton T. Lewis and Charles Short (1879) A Latin Dictionary, Oxford: Clarendon Press.
- 2-Certificato di Qualita, Eni S.P.A, N315, 27-apr-14, SAN MATTEO, Misurata (Libya).
- 3-Anthony w, Bideavx ,Richarda ,Bladh Kenneth W. and Nicho is Montec .ed (2003). "Gypsum".Handbook of mineralogy (PDF). V (Borates, Carbonates, Sulfates).Chantilly, VA, VS: Mineralogical Society of America.
- 4- Klein, Cornelis, Hurlbut,Cornelius S.,Jr.(1958),Manual of Mineralogy (20th ed), Jonn Wiley, PP.252-253
- 5-The Shell Bitumen Handbook, Fifth Edition Authors: John Read and David Whiteoak, 2003