

ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: <http://www.tj-es.com>

TJES
Tikrit Journal of
Engineering Sciences

Tarik Kareem Ibraheem, Abdulkhaliq A.M.AL- Taei. Effect of Low-Density Polyethylene on the Stripping Properties under Fatigue Loading of Binder Layer of HMA Mixtures. *Tikrit Journal of Engineering Sciences* 2020; 27(4): 102- 113.

Tarik Kareem Ibraheem ^{1*}

Abdulkhaliq A.M.AL- Taei ²

¹ Chief Research Engineer/ College of Engineering /University of Mosul

² Transportation Eng. Ministry of Housing & Construction

Effect of Low-Density Polyethylene on the Stripping Properties under Fatigue Loading of Binder Layer of HMA Mixtures

A B S T R A C T

The most important problems in the Iraqi Road network that's associated with repetitions of excessive axel traffic loading. This problem will be increased with availability of moisture, its guide to moisture damage or stripping in hot mix asphalt .In this study, it is used the low-density polyethylene polymer (LDPE). It's cheap, and available as local material (particles) in Baghdad Plastic Factories or bags of soft plastic waste, therefore; it's based by searching about the active range of developing asphalt upon moisture damage, and searching about admixture optimum polymer ratio to be added to asphalt to increase stripping resistance. The local materials were used as AL-Daurah Refinery asphalt that have penetration (40-50) or, (PG64-16) and nominal aggregate (19) mm from AL-Nibaic Quarry that's used in binder asphalt pavement. Prepared five percentage of polymer (1%,2%,3%,4%,5%) was added to optimum designed asphalt of (4.8%) by weight and then results were compared with original asphalt and studying the mechanical, and physical properties of asphalt mix. The better polymer percentage found as (3%) for developing the specification of resistance stripping and this characteristic developed to ratio (33.1%) at temperature (25°C), and (26.7%) at (60°C).

© 2020 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: <http://doi.org/10.25130/tjes.27.4.11>

تأثير البولي اثلين قليل الكثافة على ظاهرة الانسلاخ تحت تأثير أحمال الكلال للطبقة الرابطة في طبقات الرصف الاسفلتي

عبدالخالق ما الله محمد أطاني هندسة الطرق والنقل/ كلية الهندسة/ جامعة الموصل.
طارق كريم أبراهيم باحث/ رئيس مهندسين / وزارة الاعمار والاسكان.
الخلاصة

من أهم المشاكل التي تتعرض لها شبكات الطرق في العراق هي تكرار الاحمال المرورية بصورة مفرطة وإن تلك المشكلة ستفاقم بوجود الماء الذي سيتخلل داخل مكونات الرصف الاسفلتي مما يؤدي الى حصول مايسمى بالفشل الرطوبي (Moisture damage) أو الانسلاخ (Stripping) في الخلطات الاسفلتية ويعرف ذلك الفشل على إنه فقدان التماسك بين الاسفلت والركام أو فقدان في قابلية الالتصاق بين مكونات ذلك المزيج بوجود أهم عاملين هما الماء والاحمال المرورية . في هذه الدراسة تم استخدام بوليمر البولي اثلين واطى الكثافة LDPE وبعد رخيص الثمن ومتوفر محلياً بوصفه مادة (حبيبات) في معامل النايلون أو مخلفات بلاستيكية كالحقائب البلاستيكية الرقيقة لذلك تم استخدامه كمادة مطورة للإسفلت والتحرري عن مدى فاعليته في تحسين خصائص ذلك الاسفلت ضد الضرر الرطوبي أو الانسلاخ مع البحث عن النسبة المثالية التي تضاف الى تلك الخلطة لتزيد من مقاومتها للانسلاخ . وقد استخدمت مواد محلية مثل اسفلت الدورة ذات نفاذية (40-50) (PG94-16) وركام ذو مقاس اسمي (19) ملم من مقالع النبايعي والذي يستخدم في الطبقة الرابطة للرصف الاسفلتي .تم تهيئة خمس نسب من البوليمر LDPE (1%,2%,3%,4%,5%) تضاف الى النسبة

* Corresponding Author: Tarik Kareem Ibraheem

المالية التصميمية للإسفلت (4.8%) وزناً ثم مقارنة النتائج مع الإسفلت التقليدي (الغير محسن) فقد لوحظ حصول نقصان في قيم النفاذية بنسبة (37%-) والمطيلية بنسبة (15.3%-) وحصول زيادة في قيم اللزوجة بنسبة (13.9%+) ونقطة التلين (12.7%+) وبعد دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لذلك المزيج الاسفلتي فقد لوحظ ان افضل نسبة بوليمر تضاف الى المزيج هي (3%) من وزن الاسفلت والتي ستحسن خصائصه من ناحية مقاومة الضرر الرطوبي حيث لوحظ ان التحسن في هذه الخاصية سيكون بحدود (33.1%) بدرجة حرارة 25°C و (26.7%) عند 60°C .

1-المقدمة:

(9) (Rokade,2012):- إستخدم الباحث المخلفات البلاستيكية الرقيقة البولي اثلين واطى الكثافة (LDPE) ومسحوق ألمطاط CRM الحاصل عليه من مخلفات الإطارات للمركبات واستخدامهما بوصفهما بوليمرات محسنة لخصائص الخلطة الاسفلتية , حيث تم الخلط بالاعتماد على الطريقتين الجافة و الرطبة وقد استخدم الباحث نسب مختلفة من البوليمرات المذكورة أنفاً ويبحث عن خصائص مارشال وقد حصل الباحث على نتائج افضل في الثباتية وأديمومة للخلطة الاسفلتية المحسنة وكانت نتائج مقاومة الخلطة للتحسن الرطوبي افضل من الخلطة التقليدية التي تكون بدون مضافات .

3-اهداف البحث

- دراسة وتقييم تأثير البولي اثلين واطى الكثافة على خصائص الخلطة الاسفلتية المطورة بذلك البوليمر من ناحية مقاومتها للانسلاخ وبطريقة الاسفلت فائق الأداء .
- دراسة وتقييم الخصائص الريولوجية التي طرأت على الاسفلت بوجود ذلك البوليمر .

4- برنامج البحث :-

تتألف الدراسة من المواد التالية المستخدمة في البحث:-

- الاسفلت : تم استخدام اسفلت الدورة ذي نفاذية (40-50) , (PG64-) (16) وأجريت الفحوص الريولوجية عليه بموجب مواصفات (1) (AASHTO,2010) مع مقارنة النتائج مع مواصفات الهيئة العامة للطرق والجسور (10) (SORB,2003) كما مبينة النتائج في الجدول رقم (1)
- الركام : تم استخدام ركام مكسر من مقالع النبايعي في شمال بغداد ذي مقاس اسمي 19 ملم وأجريت عليه الفحوص الريولوجية بموجب مواصفات الهيئة العامة للطرق والجسور (10) (SORB,2003) مع تصميم هيكل الركام بحسب نظام الاسفلت فائق الأداء
- الفلر : استخدم حجر الكلس المطحون ذي مؤشر لدونة اقل من 4% عابر من غربال رقم 200
- المواد المضافة : استخدم حبيبات البولي اثلين واطى الكثافة LDPE وخلطه مع النسبة المثلى للاسفلت

5- التصميم بموجب نظام الاسفلت فائق الأداء

5-1: تصميم هيكل الركام

حددت ادارة الطرق الاتحادية الامريكية (5) (FHWA,1999) آلية تدرج الهيكل التصميمي للركام حيث يتم التصميم بمجموعة محددات وهي (النقاط الحاكمة , المنطقة المقيدة , رفع مقاسات الغرابيل الى القوة 0.45 وبعد ذلك خط الكثافة القصوى (Maximum Density Line) مابين محور المناخل ونسبة المواد المارة ويحقق نسبة مار 100% عند المقاس الاقصى للركام واصلاً الى نقطة الاصل) . وعند إجراء محاولات

إن الضرر الرطوبي الذي يحصل للخلطة الاسفلتية يُعرّف على إنه فقدان الصلابة والمقاومة أثناء تخلل الماء تحت تأثير تكرار الأحمال المرورية وضياح المادة الرابطة بين المزيج ومن حول سطوح المادة الركامية المكونة للهيكل الصلب لجسم الخرسانة الاسفلتية المرصوفة ويسمى بظاهرة الانسلاخ (Stripping) والذي سيكون له الأثر في حصول أنواع أخرى من الفشل مثل شقوق الكلال (Fatigue Alligator) Cracking , التخذد (Rutting) , الحفر (Potholes) , التقشر (Dis- integration) . وبما أن التبليل الإسفلتي يتكون من مواد ركامية ومادة إسفلتية رابطة مع فراغات هوائية فإن سلوك نقل الأحمال المرورية ونتائج الفشل الإسفلتي تعتمد على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لتلك المواد . وهناك دراسات واسعة في استخدام المحسنات كالمخلفات البلاستيكية والمطاطية لغرض تطوير خصائص الرصف الأسفلتي من ناحية أداء لمقاومة الظروف المحيطة مع الأخذ بنظر الاعتبار متطلبات السلامة وإمكانية استخدام المواد المحلية المتوفرة المناسبة (11) (Yalmaz, et. al, 2010).

2-الدراسات السابقة:

(12) (Zoorob and Suparma, 2000) : استخدم الباحثان البولي اثلين واطى الكثافة (LDPE) والتي هي مخلفات القطع البلاستيكية المعاد تدويرها بوصفها بديلاً عن جزء من حجم الركام المحصور بين المقاسين 2.36 ملم والمقاس 5 ملم وتسمى هذه العملية *Plastiphalt* ولاحظ الباحثان بان الكثافة النوعية (*Bulk Density*) سوف تقل مقارنة بالخلطة التقليدية , فقد توصلوا الى ان اضافة (30%) حجماً من القطع البلاستيكية المذكورة سيؤدي الى تقليل تلك الكثافة النوعية الى (16%) وإن هذا النقص في الوزن يفيد في تقليل تكاليف النقل بحسب رأي الباحثين أنفاً , كما لوحظ ايضاً حصول زيادة في ثباتية مارشال بنسبة (250%) كذلك تم الحصول على إنفعال معاد (*Recovery Creep*) بنسبة (14%) مقارنة بالخلطة التقليدية أما معامل صلابة الشد (*Indirect tensile stiffness modulus : TSM*) فكان اقل مما هو عليه في الخلطة التقليدية .

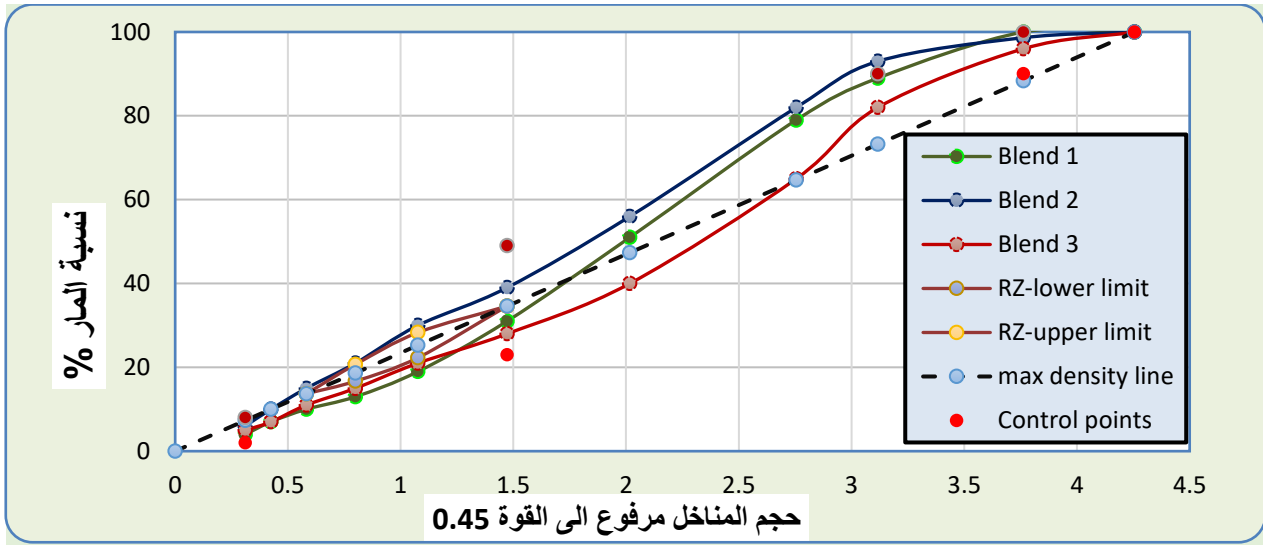
(8) (Punith and Veeraragavan, 2007) :- درس الباحثان

امكانية استخدام البولي اثلين بوصفه مادة مطورة لخصائص الخلطة الاسفلتية. حيث وجد هذان الباحثان من خلال اجراء فحوص

الاداء على تلك الخلطة المحسنة بالبوليمر بانها افضل من تلك الخلطة التقليدية حيث لاحظ بان قيم التخذد وحساسية الخلطة تتحسن بشكل افضل بوجود هذا البوليمر والذي هو عبارة عن مخلفات بلاستيكية.

المنحني على شكل حرف S . أن الهيكل التصميمي للركام يثبت بعد التأكد من مدى مطابقة الركام للمواصفات المحددة بطريقة الاسفلت فانق الاداء كما موضح في الشكل رقم (1) والجدول رقم (1) اللذان يبينان محاولات التدرج حيث تم اختيار المحاولة الثالثة كونها تتطابق مع المحددات المذكورة آنفاً .

المزج بين مقاسات الركام المدموجة فقد بينت الادارة الاتحادية بان المنحني المقبول لهيكل الركام المناسب أن يراعى فيه مجموعة محددات منها أن يكون المنحني أقرب الى خط الكثافة القصوى , لا يمر المنحني بالمنطقة المحظورة ويفضل ان يمر من القسم الاسفل لتلك المنطقة المحظورة , أن يحدد المنحني بين نقاط السيطرة , ويفضل ان يكون



الشكل رقم (1): محاولات التدرج لتصميم هيكل الركام

الجدول رقم (1) تقييم نتائج الاسفلت الاسمنتي بموجب المواصفة (SORB/ R9 /2003) ⁽¹⁰⁾			
المتطلبات		نتيجة الفحص	الخصائص
مواصفة اجراء الفحص	حدود المواصفة		
AASHTO T49/2007	40-50	46	الاختراق (10/1) مم (5sec,100gm, 25°C)
AASHTO T201/2010	----	0.525 0.138	اللزوجة عند 135°C اللزوجة عند 165°C
AASHTO T48/2006	232 <	232 <	نقطة الوميض (°C)
AASHTO T51/2009	100 <	100<	السحب (سم)
AASHTO T53/2007	---	55	نقطة الليونة (°C)
AASHTO T44/2007	99 <	99.7	الذوبان في محلول تري كلورو اثيلين %
AASHTO T228/2009	----	1.04	الوزن النوعي
AASHTO T 179/2005	----	0.35	الفقدان بالحرق (5) ساعات وبدرجة حرارة (°C) (163)
الفحوص على المتبقي(بعد الفقدان)			
AASHTO T51/2009	% 25 <	80	السحب (% من الاصل)
AAASHTO T49/2007	% 55 <	76	الاختراق (% من الاصل)

الجدول (2) محاولات التدرج						
مواصفات الطرق والجسور	مواصفات الاسفلت فائق الاداء		محاولة 3	محاولة 2	محاولة 1	حجم الغرابيل
	نقاط السيطرة	النقاط المقيدة	Blend3	Blend2	Blend 1	ملم
100	100	----	100	100	100	25
90-100	90-100	----	97	100	95	19
76-90	----	----	81	93	85	12.5
44-74	----	----	66	81	70	9.5
28-58	----	----	39	55	39	4.75
----	28-58	39.1	30	40	25	2.36
----	----	25.6-31.6	20	31	19	1.18
----	----	19.1-23.1	16	22	13	0.6
5-21	----	15.5	10	15	11	0.3
----	----	-----	8	10	7	0.15
4-10	2-8	-----	5	5	5	0.075

5-2 - اختيار محتوى الاسفلت التصميمي

التصميمي الذي نسبته (4.8%) وزناً من مجموع الخلطة الاسفلتية الحارة

من خلال الرسم البياني المذكور آنفاً مابين نسبة الفراغات الهوائية ومحتوى الرابطة الاسفلتية تم تحديد محتوى الرابطة التصميمي المطلوب الذي يتقاطع مع نسبة الفراغات الهوائية (4%) وبذلك تمثل تلك النسبة محتوى الاسفلت الامثل الذي تم اعتماده في اعداد المزيج الاسفلتي الساخن HMA.

اجريت بعد ذلك فحوص الاداء على المزيج لبيان مدى مطابقته لمتطلبات الاسفلت فائق الاداء .

أضيفت نسب وزنية من بوليمر البولي اثلين واطى الكثافة LDPE تتراوح (1-5%) من وزن الاسفلت الامثل ثم التحري عن التغير الذي طرأ على خصائص الاسفلت الاسمطي وخصائص المزيج الاسفلتي الحار HMA ثم مقارنة ذلك التغير في الخصائص مع المزيج الذي لا يحتوي على بوليمر (المزيج غير المحسن) .

تقييم أداء الخلطة الاسفلتية من ناحية حساسية المزيج للرطوبة والذي يعد الخطوة الرابعة في التصميم بحسب نظام الاسفلت فائق الاداء .

تم ايجاد المحتوى الامثل للمزيج الاسفلتي للطبقة الرابطة باستخدام مواد متوفرة محلياً (ركام + اسفلت + مادة مالئة) وقد اجريت عليها خلطات تجريبية بنسب متغايرة وبطريقة نظام التصميم الاسفلتي فائق الاداء (Superpave) الذي حدده معهد الاسفلت الامريكي وايجاد الخصائص الحجمية للخلطة الاسفلتية الحارة HMA بموجب المواصفات الامريكية (AASHTO TP-4 and Sp-2)⁽¹⁺³⁾ عند مستويات محتوى الاسفلت المتغايرة وندرج فيما يأتي أهم خطوات ذلك التصميم :-

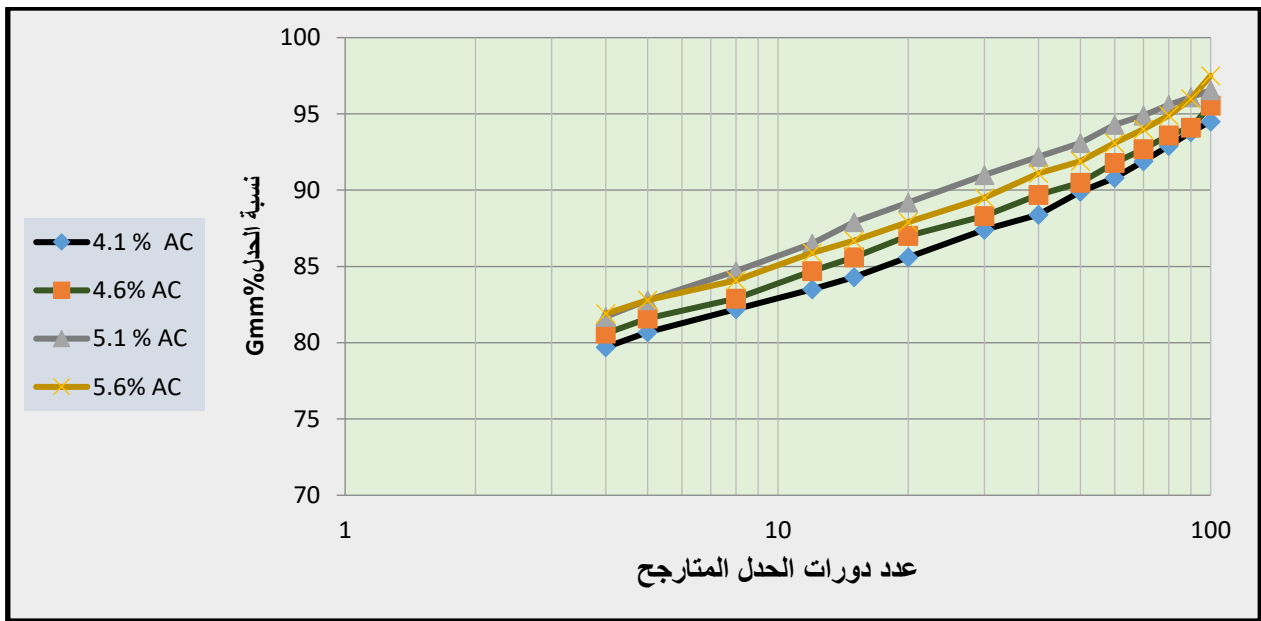
- أعدت أربع خلطات متغايرة في محتوى الاسفلت التخميني (Pbe) بحيث يكون الفرق بين أي نسبتين متواليتين ($\pm 0.5\%$) وتهيئة قالبين لكل نسبة ثم تحدل بواسطة جهاز الحدل المتارجح .
- تم حساب الخصائص الحجمية لتلك النسب كما في الجدول (3) بحسب المواصفة الامريكية (1)^(AASHTO M-323/2010) بجهاز الحدل الدوراني المتارجح كما في الشكل (2) ثم رسم علاقات تلك الخصائص بياناً مع محتوى الرابطة الاسفلتية التخميني والتي تتطابق مع متطلبات الاسفلت فائق الاداء المبينة الاشكال (3,4,5,6) بحيث تتوافق تلك الخصائص مع محتوى الاسفلت

الجدول (3) :

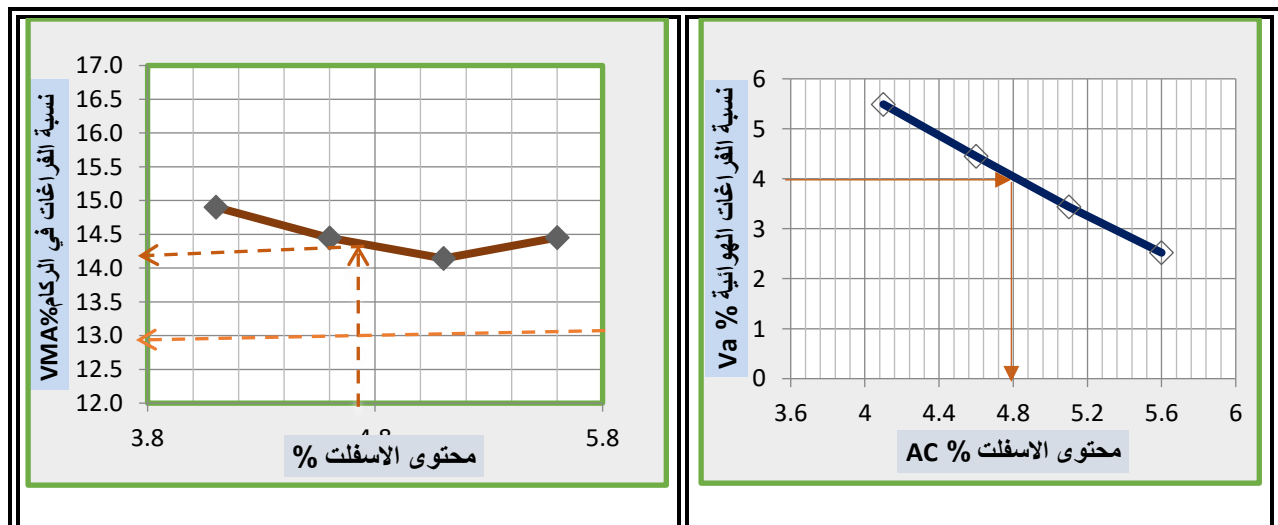
نتائج الخصائص الحجمية

نسبة الاسفلت AC	الكثافة المكورة Gmb	الكثافة القصوى Gmm	نسبة الحدل % Gmm	الفراغات الهوائية % Va	نسبة الركام Ps	الكثافة النوعية للركام Gsb	فراغات الركام المعدني VMA	الفراغات المملوءة بالاسفلت VFA
4.1	2.351	2.488	94.51	5.49	95.9	2.65	14.9	63.2
4.6	2.376	2.487	95.55	4.45	95.4	2.65	14.4	69.2
5.1	2.397	2.485	96.47	3.44	94.9	2.65	14.1	75.0
5.6	2.420	2.483	97.48	2.52	94.4	2.65	14.5	77.2

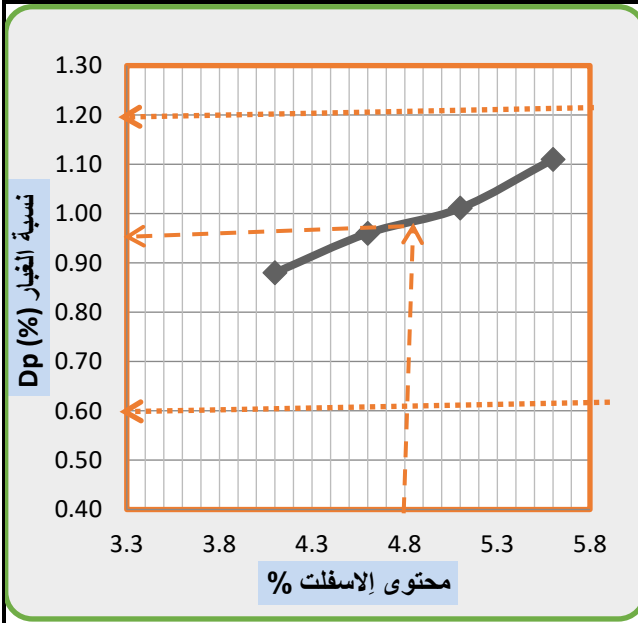
الجدول (4) مقارنة نتائج الخصائص الحجمية مع متطلبات الاسفلت فانق الاداء		
الخصائص	النتيجة	المتطلبات
الفراغات الهوائية التصميمية Av %	4	4
الكثافة الكلية للخلطة Gmb عند نسبة الاسفلت 4.8%	2.385	-----
فراغات الركام المعدني VMA% @Ndes	14.32	اكبر او يساوي 13
الفراغات المملوءة بالاسفلت VFA% @Ndes	72.07	65-75
نسبة الاسفلت الفعال Pbe	4.7	-----
نسبة الغبار Dp%	0.94	0.6-1.2
الحدل عند الدك الاول % G _{mm} @ N _{ini}	82.6	اقل من 89
الحدل عند الدك التصميمي % G _{mm} @ N _{des}	94.8	لا يتجاوز 96
الحدل عند الدك الاقصى % G _{mm} @ N _{max}	96.4	لا يتجاوز 98



الشكل (2): يمثل علاقة عدد دورات الحدل المتارجح مع نسبة الحدل لمحاولات محتوى الاسفلت

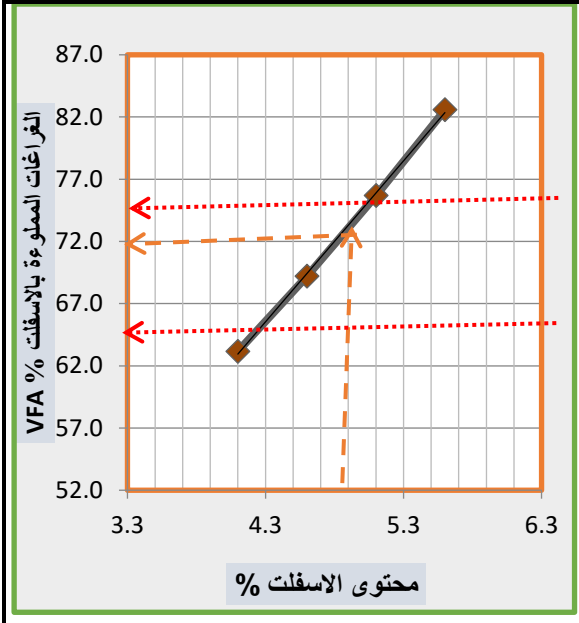


الشكل (4) علاقة محتوى الاسفلت مع VMA



الشكل (6) علاقة محتوى الاسفلت مع نسبة الغبار

الشكل (3) علاقة محتوى الاسفلت مع الفراغات الهوائية



الشكل (5) علاقة محتوى الاسفلت مع VFA

داخل حلقة مانعاً وسهل الانسياب لمسافة عمودية (2.54 سم) تحت تأثير وزن كرة حديدية قياسية فقد بينت الاختبارات لهذه الدراسة حصول زيادة في قيم نقطة التلين عند زيادة محتوى البوليمر LDPE التي تتراوح من (1-5%) كما موضحة النتائج في الشكل (8) .

7-3: مؤشر النفاذية :-

يُعرف هذا المعامل على أنه مقياس لتغير قوام الاسفلت مع دالة درجة الحرارة أو بتعبير آخر هو دليل عن مدى حساسية الاسفلت لمتغيرات درجات الحرارة وندرج فيما يأتي المعادلات والمحددات لذلك المؤشر بحسب الباحث (7) (Huang,2004) . كما في الشكل (9) حيث لوحظ ان حساسية الاسفلت للحرارة ضمن الحدود المسموح بها (±2)

7-4: - فحص المطيلية:-

أجري هذا الفحص بموجب المواصفة الامريكية (1) (AASHTO T 51/2009) فقد بينت تلك المواصفة ان الغاية من هذا الفحص لقياس مدى مرونة المادة أو قابليتها على السحب عندما تتعرض للشد تحت الظروف القياسية (الغمر في الماء بدرجة حرارة 25°C , والسحب بسرعة 5 سم/الدقيقة) فقد بينت النتائج المخبرية للدراسة الحالية بأن قابلية السحب للمادة الاسفلتية تقل مع زيادة نسب البوليمر وكما موضح في الشكل (10) .

7-5: فحص اللزوجة:-

أجري هذا الفحص بموجب المواصفة (1) (AASHTO T201/2010) وإن الغاية منه لتحديد درجة صنف الرابط الاسفلتي حسب مواصفات الهيئة العامة للطرق والجسور وتعديلاتها (46) (SORB, 2003) ويعد ايضاً مقياس لقوام المادة الاسفلتية عند أي درجة حرارة كما ويمكن الاستفادة منه في تحديد درجة حرارة الحدل الموقعي عند مقدار اللزوجة (0.28±0.03 Pa.s) عند درجة الحرارة المذكورة آنفاً بحسب متطلبات معهد الاسفلت الامريكي (3) (Asphalt institute,2001) . ومن خلال التجربة لوحظ بأن قيم اللزوجة تزداد بزيادة نسب البوليمر كما موضح في الشكل (11) .

6- تهيئة الاسفلت المحسن بالبوليمر

تُعتمد الطريقة الرطبة في هذا الدراسة لتحضير الخلطات الاسفلتية المحسنة بالبوليمر في مزجه مع الاسفلت حيث تتم العملية بفصل مجموعة أوزان من حبيبات البوليمر وبالنسب التي تتراوح (1-5%) وزناً من محتوى الاسفلت الامثل (4.8%) ثم بعد ذلك تتم عملية الخلط بعد أن تثبت درجة الحرارة (170°C) وزمن الخلط (120 دقيقة) (5) بعد ذلك تستخرج تلك العينات من الخلاط وتجرى عليها الفحوص الريولوجية (النفاذية , المطيلية , اللزوجة , نقطة التلين , والفقدان بالحرق) التي من خلالها يتم دراسة تغير الخصائص التي طرأت على الاسفلت الاسمنتي مع دراسة حساسيته للحرارة بعد الفقدان بالحرق لفحوص النفاذية والمطيلية مع تغير نسب البوليمر (1) (AASHTO,2010)

7- الفحوص الريولوجية على الاسفلت المحسن

7-1:- فحص النفاذية :-

أجري هذا الفحص بموجب المواصفة (1) (AASHTO T49/2007) وبظروف قياسية (100غم , 25°C , 5 ثانية) فقد بينت المواصفة آنفاً بأن الغاية من إجراء هذا الفحص لتحديد صلابة أو قوام المادة الاسفلتية (Consistency) عندما تغرس إبرة قياسية في نموذج اسفلتي بالظروف المذكورة آنفاً . ومن خلال التجربة فقد لوحظ حصول نقصان في قيم النفاذية مع زيادة نسب البوليمر كما موضح في الشكل (7) الذي يبين المتغيرات التي حصلت على خصائص النفاذية عند إضافة نسب البوليمر LDPE فقد لوحظ ان أعلى نسبة بوليمر (5%) ستؤدي الى نقصان النفاذية بحدود (37%) مقارنة مع الاسفلت التقليدي.

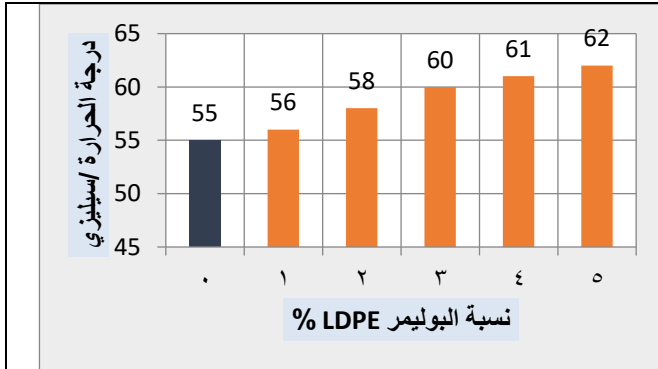
7-2 :- نقطة التلين:-

أجري الفحص بموجب المواصفة (1) (AASHTO T53/2007) وهو أحد الاختبارات التي تصف قوام الاسفلت , ويعرف الفحص على أنه درجة الحرارة التي يصبح فيها نموذج المادة الاسفلتية الموضوعة

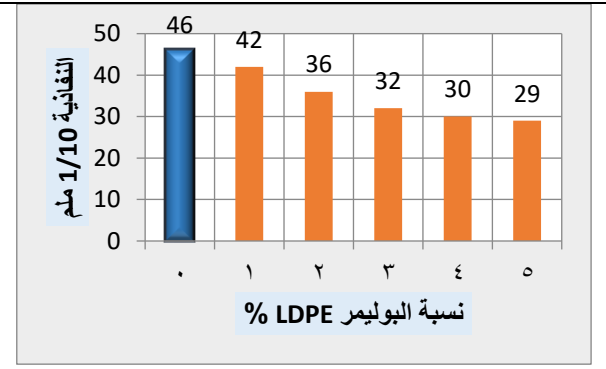
والخلط. فقد حددت المواصفة المذكورة أنفاً ظروفًا قياسية للفحص هي (163°C, 50 غم, مدة خمس ساعات في الفرن). ومن خلال الاختبار لوحظ بأن نسبة الفقدان في وزن الاسفلت تقل كلما زاد محتوى البوليمر المضاف كما موضح في الشكل (12).

7-6: الفقدان بالوزن:-

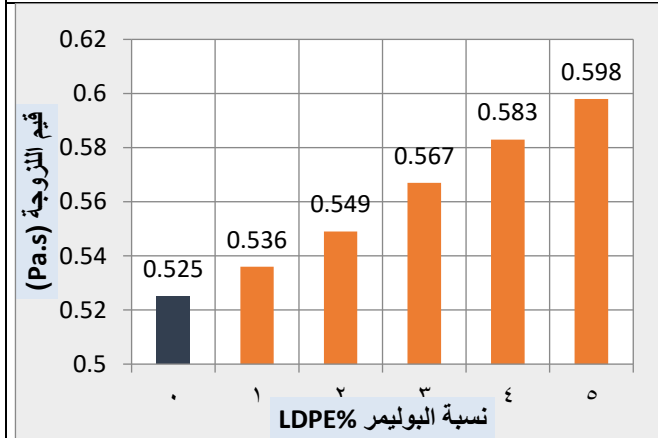
أجري هذا الفحص بموجب المواصفة الأمريكية (AASHTO T179/2005) وأن الغاية منه لمعرفة مدى فقدان الاسفلت لخصائصه اللينة ووزنه نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وكذلك يمثل حالة التقادم الاولي التي سيتعرض لها الاسفلت في المعامل اثناء عملية الحرق



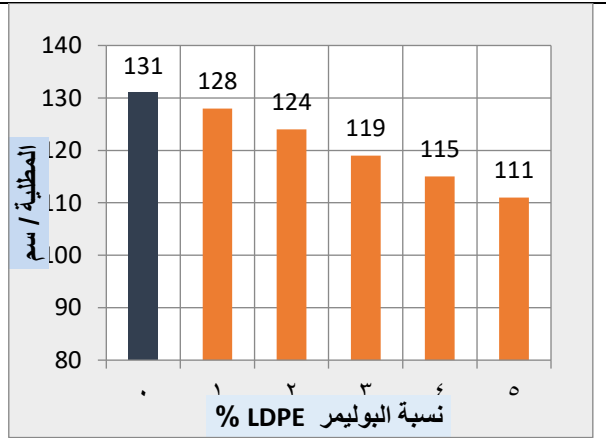
شكل (8) علاقة نسبة البوليمر مع نقطة التلين



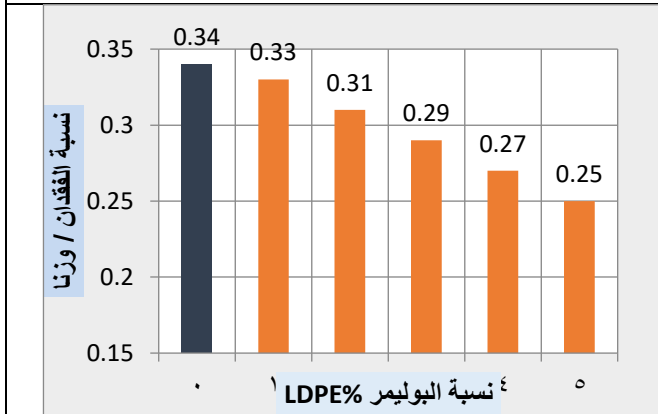
شكل (7) علاقة نسبة البوليمر مع النفاذية



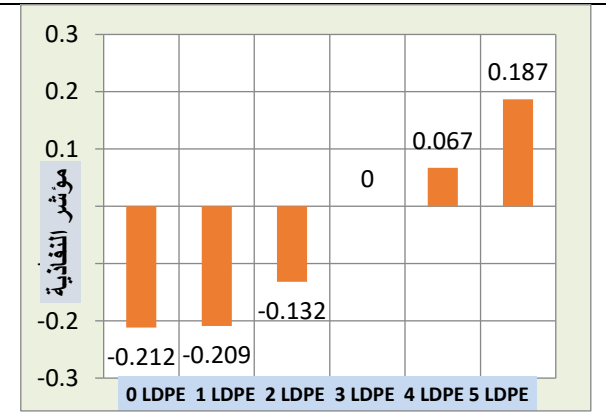
شكل (10) علاقة نسبة البوليمر مع التزوجة



شكل (9) علاقة نسبة البوليمر مع المكبية



شكل (12) نسبة البوليمر مع الفقدان بالوزن



شكل (11) مؤشر النفاذية مع نسبة البوليمر

الفراغات ناتجة عن كثافة البوليمر التي تكون أقل من كثافة الاسفلت والذي بدوره سيقوم بتعويض حجم الفراغات الموجود بين الركام وبالتالي ستزداد نسبة الفراغات الهوائية نتيجة نقصان وزن الخلطة الاسفلتية وبالتالي نقصان الكثافة الكلية و كما مبينة نتائجها في الشكل (13) ا حيث لوحظ بان تلك الفراغات قد بلغت أعلى مستوياتها عن أكبر نسبة بوليمر (5%) فقد وصلت تلك الزيادة في الفراغات الى (7.7%) لاسفلت المطور قياساً بالاسفلت التقليدي.

8- تأثير البوليمر على الخصائص الحجمية للخلطة الاسفلتية

8-1:- علاقة نسبة الفراغات الهوائية مع البوليمر:-

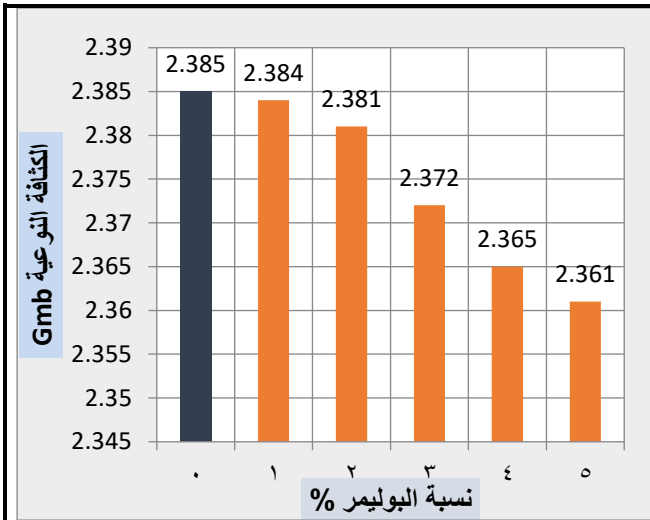
تعد الفراغات الهوائية ناتجة عن الحجم المتبقي للفراغات الهوائية في الخلطة الاسفلتية المحدولة بعد تعويض الاسفلت في حجم الفراغات الموجودة بين الركام VMA وإن هذه الفراغات تزداد أو تقل حسب محتوى الاسفلت. ومن خلال الفحص لوحظ بان نسبة الفراغات الهوائية تزداد بصورة طفيفة مع زيادة نسب البوليمر وإن هذه الزيادة في

إن الفراغات المعدنية في الركام (عندما تكون بدون أسفلت سمنتي) هي حجم الفراغات الداخلية بين أجزاء الركام في الخلطة الاسفلتية المحذولة متضمناً الفراغات الهوائية ومحتوى الاسفلت الفعال فمن خلال الفحص لوحظ حصول الزيادة الناتجة في قيم (VMA) مع زيادة نسب البوليمر بسبب نقصان الكثافة الكلية للخلطة (Gmb) أي بتعبير آخر سيكون البوليمر مادة معوضة للإسفلت كما وضحت نتائجها في الشكل (15) حيث لوحظ أن الفراغات المعدنية الكلية قد وصلت أعلى قيمتها عند نسبة البوليمر (5%) واصبحت نسبة الزيادة بحدود (6%) للإسفلت المطور مقارنةً بالإسفلت التقليدي .

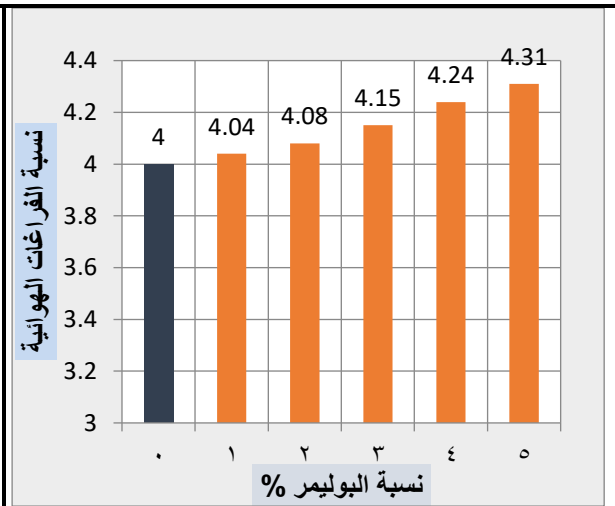
8-2- العلاقة بين نسبة الكثافة النوعية ونسبة البوليمر :-

إن الكثافة النوعية الكلية (Bulk Density) يتم إيجادها بموجب المواصفة الأمريكية (2) (ASTM D2726/2006). وكما أشرنا سلفاً بأن كثافة البوليمر أقل من كثافة الاسفلت والذي سيقوم بتعويض حجم معين من الفراغات الهوائية فان ذلك سيؤدي الى حصول نقصان في الكثافة الكلية مع زيادة نسب البوليمر كما وضحت نتائجها في الشكل (14) فقد تبين إن قيمة الكثافة الكلية تكون بأقل مستوياتها عن أعلى نسبة بوليمر (5%) حيث إنحدرت تلك الكثافة الى (1%) للإسفلت المطور قياساً بالإسفلت التقليدي .

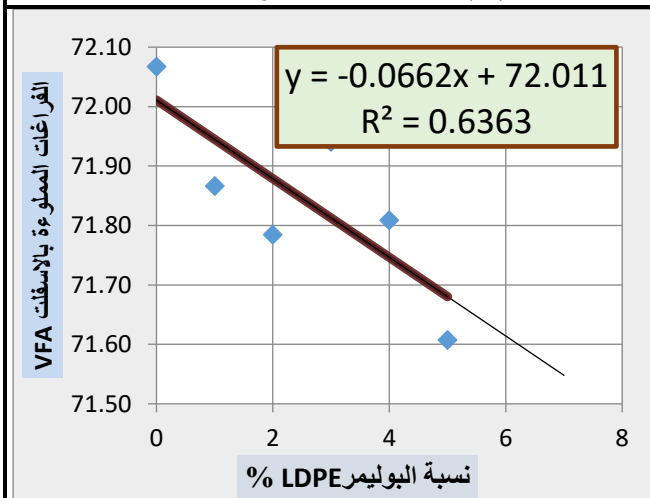
8-3- العلاقة بين نسبة البوليمر وفراغات الركام المعدنية VMA :-



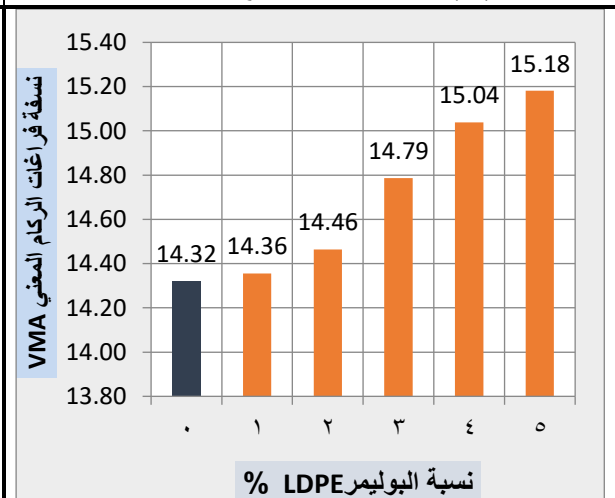
شكل (14) علاقة نسبة البوليمر مع الكثافة النوعية



شكل (13) علاقة نسبة البوليمر مع الفراغات الهوائية



شكل (16) علاقة نسبة البوليمر مع VFA



شكل (15) علاقة نسبة البوليمر مع VMA

لإسفلت المطور مقارنةً بالخلطة التقليدية لكن مع ذلك يعتبر هذا النقصان طفيفاً .

8-4- العلاقة بين البوليمر والفراغات المملوءة بالإسفلت :-

يُعرف (VFA) على إنه تلك الفراغات المملوءة بالإسفلت في هيكل الركام المعدني ويُعبّر عنه بالمحتوى الفعال للإسفلت ولا يشمل الإسفلت الممتص من قبل الركام , وقد لوحظ إن هنالك نقصان في محتوى الإسفلت المائي للفراغات مع زيادة نسب البوليمر وكما موضح في الشكل (16) الآتي و سبب ذلك النقصان ناتج عن الزيادة الطفيفة في الفراغات الهوائية الذي يتناسب طردياً مع الفراغات المملوءة بالإسفلت فقد لوحظ بأن نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت تكون في أدنى مستوياتها عند أعلى نسبة بوليمر (5%) حيث اصبحت بحدود (0.64%)

9- فحص الضرر الرطوبي للخلطة الاسفلتية الحارة

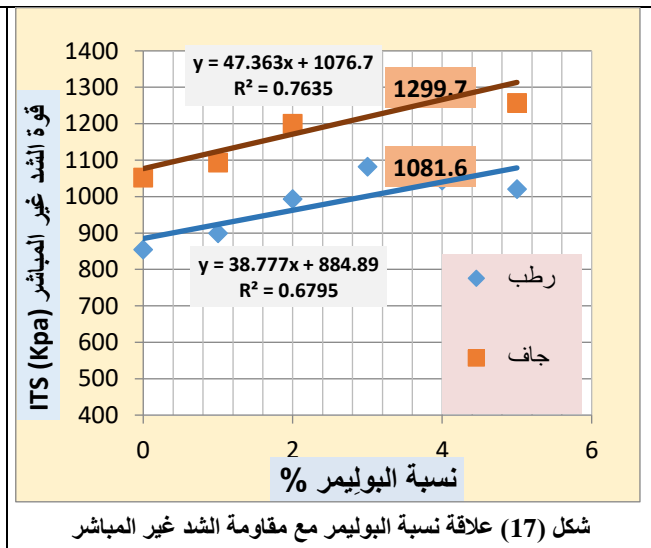
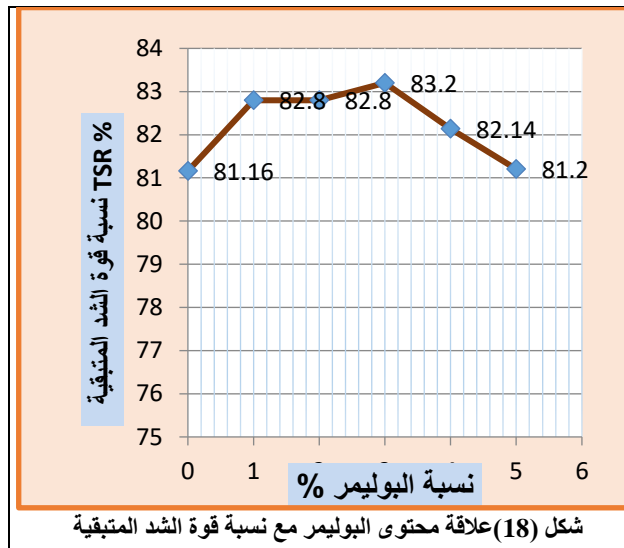
يُعد فحص حساسية المزيج الإسفلتي للرطوبة من الاختبارات التي تُقيم تأثير درجات الحرارة العالية على أداء المزيج الإسفلتي (High temperature performance) حيث يتم الفحص من خلال اختبارين هما مقاومة الشد غير المباشر (Indirect Tensile)

النتائج في كلتا الحالتين زيادة بمقاومة الشد غير المباشر مع زيادة نسب البوليمر المضاف الى محتوى الاسفلت الامثل بالنسب (1-5%) وزناً , فمن خلال الشكل (17) تبين حصول زيادة في مقاومة الشد غير المباشر مع زيادة نسب البوليمر (LDPE) في الحالتين الرطبة والجافة وقد لوحظ إن أفضل فعالية للبوليمر كانت عند النسبة (3%) ثم بعد ذلك تتناقص قيم قوى الشد أما فيما يتعلق بنسبة مقاومة الشد المتبقية TSR فمن خلال الشكل (18) فقد لوحظ إن نسبة مقاومة الشد تحقق متطلبات الاسفلت الفائق الاداء والتي من المفترض ان تتجاوز (80%) ومن خلال النتائج المبينة تبين حصول تحسن في تلك المتطلبات هذا يعني زيادة قوة الربط بين الاسفلت والركام ولوحظ بأن أعلى نسبة متحققة مقدارها (83.2%) وهذا مؤشر مثالي لأفضل نسبة بوليمر وهي (3%).

Compressive Strength:) ومقاومة الانضغاط (Strength: ITS (CS بموجب المواصفات الأمريكية⁽¹⁾ (AASHTO T283) و⁽²⁾ (ASTM D-1075) ، ولغرض دراسة تأثير الضرر الرطوبي على الخلطة الاسفلتية بموجب نظام الاسفلت الفائق الاداء يتم حساب نسبة الفقدان في مقاومة الشد (Tensile Strength Ratio: TSR) ودليل القوة المتبقية (Index of Retained Strength: IRS) للمزيج لكلتا الحالتين الرطبة والجافة.

9-1: فحص الشد غير المباشر

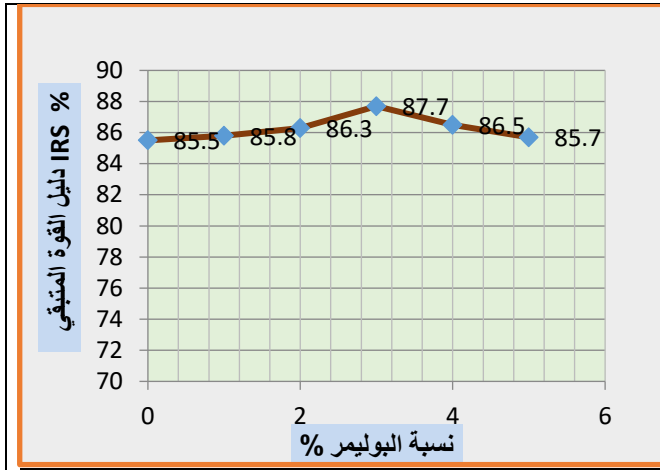
من خلال إجراء الفحص بدرجة الحرارة (25 °C) للعينات غير المكيفة لمدة ساعتين بالطرف الجافة والعينات المكيفة بدرجة حرارة (60 °C) لمدة 16 ساعة والتي تعد هي الحالة الرطبة فقد اظهرت



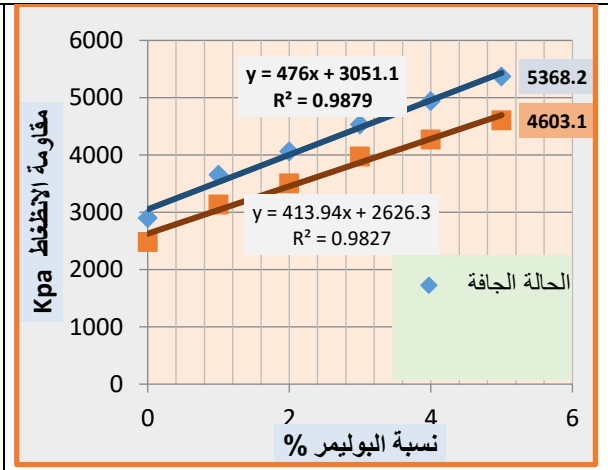
وأصبحت عندها نسبة الزيادة في المقاومة للحالة الجافة (85.1%) مقارنة مع الخلطة غير المحسنة أما في الحالة الرطبة فكانت نسبة زيادة تلك المقاومة الى (85.5%) مقارنة مع الخلطة التقليدية . أما فيما يتعلق بإيجاد نسبة دليل القوة المتبقي (IRS) والذي من المفترض ان تكون قيمته أكثر من (80%) حسب نظام الاسفلت الفائق الاداء فقد لوحظ بأن الخلطة الاسفلتية قد تحسنت وأعطت أفضل النتائج عند محتوى البوليمر (3%) كما في الشكل (20) .

9-2: مقاومة الانضغاط Compressive Strength

من خلال إجراء الفحص بالحالتين الجافة والرطبة وبدرجات حرارة (25 °C) للحالة غير المكيفة (الغمر لمدة ساعتين فقط) أما الطرف الآخر فكان بدرجة الحرارة (60 °C) للحالة المكيفة عندما تغمر النماذج في الماء لمدة (24) ساعة فقد لوحظ بان قيم مقاومة الانضغاط في كلتا الحالتين قد زادت مع زيادة نسب البوليمر وإن هذا الزيادة ناتجة عن ارتفاع قيم قوة الصلابة حيث تبين إن أعلى قيمة للانضغاط كانت عند نسبة البوليمر (5%) كما في الشكل (19)



شكل (20) علاقة نسبة البوليمر مع دليل القوة المتبقي



شكل (19) علاقة نسبة البوليمر مع مقاومة الانضغاط

5- من خلال ملاحظة نتائج فحوص الأستسلاخ أوالضرر الرطوبي وتأثير إضافة نسب البوليمر على تلك الخصائص التي تتمثل بالفحصين هما (مقاومة الشد غير المباشر ITS ومقاومة الانضغاط CS) عند درجات الحرارة °C (25 , 60) وهو أهم موضوع في البحث الحالي الذي يدرس هذه الخصائص فقد لوحظ حصول زيادة في مقاومة الشد غير المباشر فقد تبين إن أفضل نسبة من البوليمر LDPE كانت (3%) من وزن الأسفلت الأمثل يمكن أن تضاف الى الرابط الاسفلتي والتي حسنت خصائصه أعلى مايمكن حيث بلغت تلك الزيادة نسبة (33.1%) عند درجة حرارة °C 25 في مقاومة الشد غير المباشر كما وبلغت ذروة التحسين (26.7%) عند درجة حرارة °C 60 . أما نسبة مقاومة الشد TSR فكانت في أفضل حالاتها عند نسبة البوليمر (3%) ايضاً حيث بلغت تلك النسبة (83.2%).

REFERENCES

- [1] ASTM, Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation, **ASTM D5777-00**.
- [2] Sabbar A. Salih et al 2010, Using of microgravity technique to determine the cavities and weak zones and treatment methods in the zone of foundations of Dijlah Hospital, Tikrit, Iraq, **Tikrit Journal of Pure science**, 16 (2) 2011.

10- الاستنتاجات

بناءً على نتائج الفحوص والتجارب المختبرية التي أجريت على المواد الداخلة في المزيج الاسفلتي المحسن بالبولى اثلين واطى الكثافة LDPE ندرج فيما يأتي الاستنتاجات المستحصّة :

1 – يُعد ملدن البولى اثلين واطى الكثافة مُحسّن جيد لتطوير الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمزيج الاسفلتي المطور مقارنة بالاسفلت غير المحسن.

2 - إن هذا البوليمر (LDPE) قد أدى الى تطوير خصائص الاسفلت الاسمنتي بشكل واضح فقد لوحظ حصول زيادة في نقطة التلين وقيم اللزوجة عند أعلى نسبة بوليمر وبالغلة (5%) من وزن الاسفلت وتُعد هذه الخصائص جيدة في الاجواء الحارة أما بالنسبة الى مؤشر النفاذية الذي يتعلق بحساسيته للحرارة فقد كانت ضمن الحدود المسموح بها (± 2) عند جميع نسب البوليمر المضافة (5-1%) وزنا من الاسفلت أي إن الاسفلت له مقاومة للحساسية من ناحية الحرارة لكن انخفاض قيم النفاذية بحدود (37%) يعود سببه الى زيادة صلابة المادة الاسفلتية مع زيادة نسب البوليمر حيث لوحظ ان نسبة زيادة قيم اللزوجة قد تحسنت بحدود (13.9%) عند أعلى نسبة بوليمر أما نقطة التلين فقد زادت بنسبة (12.7%) عند ذلك المحتوى العالي من البولى اثلين في الاسفلت المطور قياسا بالاسفلت التقليدي .

3 – بما إن الاسفلت مادة رابطة جيدة فان البوليمر المذكور انفاً لا يُعد مادة معوضة لذلك الاسفلت وإنما محسنة لخصائصه ضمن حدود معينة وفي حالة زيادة الملدن أكثر من حدود توافقه مع الاسفلت سيؤدي ذلك الى ضعف الخصائص المرنة له (Flexibility) نتيجة زيادة حدود الصلابة Stiffness فقد لوحظ ذلك من خلال فحص المطيلية الذي تناقصت قيمه مع زيادة نسب البوليمر وهذا مؤشر على زيادة الصلابة حيث بلغ النقصان في قيم المطيلية الى (15.3%) عند أعلى نسبة بوليمر مقارنة بالاسفلت التقليدي .

4- حصلت زيادة طفيفة في نسبة الفراغات الهوائية Va مع زيادة البوليمر LDPE حيث بلغت تلك الزيادة (7.75%) عند اعلى نسبة بوليمر (5%) من وزن الاسفلت وهذه الزيادة لا تؤثر على محددات الهيئة العامة للطرق والجسور ((SORB/R9, 2003) التي بينت ان تكون حدود الفراغات الهوائية في الطبقة الرابطة تتراوح ما بين (3-5%) والتي كان سببها النقصان الطفيف في الكثافة النوعية. كما ولوحظ حصول نقصان في الفراغات المملوءة بالاسفلت VFA مقدارها (0.64%) وزيادة طفيفة في فراغات الركام VMA بحدود (6%) عند أعلى نسبة بوليمر مقارنة بالخطة التقليدية .

- [10] ASTM, Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation, **ASTM**, D6432-11.
- [11] ASTM, Standard Guide for Using the Gravity Method for Subsurface Investigation, **ASTM**, D6430-99 (Reapproved 2010).
- [12] Dayakar and Venkat, Study on Permeation Grouting Using Cement Grout in Sandy Soil, article in **IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering**, January, 2012.
- [13] Nonveiller, Grouting Theory and Practice, **Developments in Geotechnical Engineering**, 57.
- [14] Adedibu and Abimbola, Insight into Seismic Refraction and Electrical Resistivity Tomography Techniques in Subsurface Investigations, **Mining-geological-petroleum engineering bulletin**, Vol. 34 No. 1, 2019.
- [15] Jha and Sivapullaiah. Unpredictable Behaviour of Gypseous/Gypsiferous Soil: An Overview, **Indian Geotechnical Journal** volume 47, pages503–520 (2017).
- [3] Report issued from national center for construction laboratories, No.1/2/1/2018 Baghdad.
- [4] Report issued from national center for construction laboratories, No.1/1/102/2012 Baghdad
- [5] Nicholas MacIntyre, Review of MASW and Refraction Surveys, **Humboldt State University OSOP Staff Geophysicist**.
- [6] Fadhil Kurdi Al-Asadi, Improvement of gypsous soil by grouting, **Master's Thesis**, 2005.
- [7] ASTM, Standard Guide for Using the Direct Current Resistivity Method for Subsurface Investigation, **ASTM**, D6431-99 (reapproved 2010).
- [8] ASTM, Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods **ASTM**, D6429-99 (reapproved 2011).
- [9] Danielsen, Auken, Jørgensen, Søndergaard, Sørensen, The application of the transient electromagnetic method in hydrogeophysical surveys, **Journal of Applied Geophysics**, [Volume 53, Issue 4](#), October 2003, Pages 181-198.

- [16] Al-Obaidi and Najim, Estimation of Bearing Capacity Dropping Due to Cavities from Gypseous Soils Melting, **Key Engineering Materials** Online: 2020-08-07. ISSN: 1662-9795, Vol. 857, pp 409-416.