

Marshall Characteristic for Reclaimed Asphalt Pavement

Dr. Ayman A. Abdul Mawjoud

Engineering College, University of Al-Mosul/ Mosul

Noor Adel Ismaeel

Engineering College, University of Al-Mosul/Mosul

Email: noor_almeimi@yahoo.com

Received on: 14/1/2015 & Accepted on: 12/11/2015

ABSTRACT

The recycling asphalt paving creates a cycle for the use of materials that improve the use of natural resources, as it reduces the use of new materials from the aggregate and asphalt, which can be a rare commodity in some areas. The increasing in the use of milling machines nowadays led to the production of large amount of wasted materials, recycling is consider an important solution that can take them into consideration when creating a network of new roads or rehabilitation of damaged networks. This process has many advantages. It is reduce the environmental pollution and preserves natural resources as well as economic benefit. The main objective of this study is to evaluate recycling material through Marshall test and knowing their validity and can be used in hot mix asphalt in the construction and maintenance of road networks in Iraq, with finding the best ratio of mixing with the new material. Where it was planned to use old materials from one of the streets of Mosul city, while the new material consisting of asphalt Grade (50-60) are included within the aggregate of binder course and cement as a filler. Optimum value of the asphalt content was found by Marshall method through the preparation of a mixture of new material and use this value in the preparation of mixtures of recycled where it was the use of five percentages of recycled materials, namely, (0%, 20%, 30%, 50% and 100%). These mixtures were exposed to : the Marshall test to find their characteristics. The results show that recycling rates up to 50% of recycled materials were perform well within specification limits for use, while 30% was considered as the ideal ratio showed better performance in all characterstics. Showed 30% increase in Marshall stability of the mix for the base mix to more than 41% and other characteristics are within the specification limits.

دراسة خصائص مارشال للمزيج الأسفلتي المعاد

الخلاصة

أن إعادة تدوير التبليط الأسفلتي يخلق دائرة من استخدام المواد التي تحسن من استخدام الموارد الطبيعية، إذا انه يقلل من استخدام المواد الجديدة من الركام والأسفلت الذي يمكن أن يكون سلعة نادرة في بعض المناطق. إن التوسع في استخدام مكائن القشط في الآونة الأخيرة أدى الى إنتاج كميات كبيرة من مواد التبليط القديمة، يعد إعادة التدوير احد الحلول المهمة التي يمكن الأخذ بها بنظر الاعتبار عند إنشاء شبكات طرق جديدة او إعادة تأهيل الشبكات التالفة منها، وايضا تطبيق أهم فوائد إعادة التدوير وهي تقليل التأثير البيئي وحفظ الموارد الطبيعية وكذلك الوفورات الاقتصادية. أن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم مواد التبليط المعاد تدويرها من خلال فحص مارشال ومعرفة مدى صلاحيتها وإمكانية استخدامها في المزيج الأسفلتي الساخن في إنشاء شبكات الطرق في العراق وصيانتها، مع إيجاد أفضل نسبة مزج مع المواد الجديدة. حيث تم استخدام المواد المقشوطة من احد شوارع مدينة الموصل في حين أن المواد الجديدة تتألف من أسفلت ذي تدرج (٥٠-٦٠) وركام ضمن تدرج الطبقة الرابطة والسمنت كمادة مالئة. تم إيجاد القيمة المثلى للإسفلت بطريقة مارشال من خلال إعداد مزيج من المواد الجديدة واستخدام هذه القيمة في إعداد الخلطات المعاد تدويرها، اذا تم استخدام خمس نسب من المواد المعاد تدويرها وهي (0%، 20%، 30%، 50% و 100%). تم تعريف الامزجة لفحص خصائص مارشال. وأظهرت نسب التدوير

والى نسبة 50% من المواد المعاد تدويرها أداءً جيداً وضمن حدود المواصفات لاستخدامها، بينما تعد نسبة 30% هي النسبة المثالية وأظهرت أداء أفضل في جميع النتائج. حيث أظهرت نسبة 30% زيادة في ثباتية مارشال للمزيج عن المزيج الأساس الى أكثر من 41% في حين كانت بقية المواصفات ضمن الحدود المقبولة في المواصفات. الكلمات الاستدلالية: المزيج الأسفلتي الساخن HMA، إعادة التدوير Recycling، ثباتية مارشال Marshall Stability، الزحف Flow، الفراغات ضمن التركيب المعدني للركام VMA، الفراغات المملوءة بالاسفلت VFA.

المقدمة

عرف معهد النفط الأمريكي (Asphalt Institute, 1986) إعادة تدوير المزيج الأسفلتي بأنه إعادة استخدام للمواد التي خدمت أو أدت غرضها الأصلي بالفعل وذلك بعد إجراء عدة معالجات عليها. كما اعتبر (Vollor, 1986) تدوير المزيج الأسفلتي هو إعادة الاستخدام بعد معالجة بسيطة للمواد المعاد تدويرها التي خدمت بالفعل في التبليط. كما بين (AlQadi et al., 2007) أن إعادة التدوير هو إعادة استخدام مواد التبليط الموجودة أو القائمة التي لم تعد تخدم حركة المرور على نحو فعال عندما يصل التبليط الى نهاية عمره الخدمي لكن مواد التبليط لاتزال تحتفظ بقيمة خدمية عالية حيث يمكن استخدامها في المزيج الأسفلتي الحار وبذلك تقلل نسبة استخدام المواد الجديدة. ومنذ عام 1970 تم استخدام المواد المعاد تدويرها كمادة حبيبية تدخل في تبليط الطرق أو مزجها مع مواد جديدة لاستخدامها في إنتاج مزيج أسفلتي جديد (Alan, 2003) كما أن استمرار عملية بناء وصيانة الطرق القديمة وارتفاع كلفة المواد الجديدة سلط الضوء على عملية إعادة التدوير على أنها عملية مجدية اقتصادياً وبيئياً (Ramanujam, 2000).

نظرة في الأدبيات:

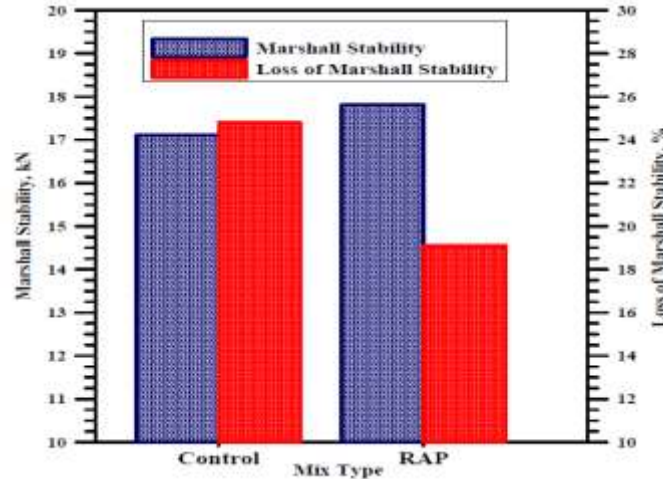
قام الباحث (Al-Saaidy, 1998) باستخدام نوعين من الطبقات السطحية والرابطة والتي استخدم فيها مواد معاد تدويرها ومواد جديدة ومعاملات تدوير وكانت نسب المواد الجديدة القديمة 100\0، 70\30، 50\50 و 10\10. وبين فحص خصائص مارشال وجود زيادة في الثباتية بنسب تتراوح بين 24 الى 28% بالنسبة للمزيج الجديد. أما بالنسبة للطبقة السطحية وبسبب زيادة حركة المرور أدى الى انخفاض في نسبة الفراغات الهوائية بمقدار 2%. وتم التوصل الى ان استخدام معامل التدوير بنسبة 1.2% يؤدي الى زيادة مرونة المزيج وبالتالي يؤدي الى زيادة مقدار الزحف.

قام الباحثان (Hussain and Yanjun, 2012) بتقديم دراسة تجريبية لدراسة وتقييم تأثير أنواع ونسب المواد المعاد تدويرها على المزيج الأسفلتي، وتم تحضير أربعة أنواع من الأمزجة منها استخدمت حجر الكوارتز والحجر الجيري كركام جديد واستخدمت المواد المعاد تدويرها من مصدرين مختلفين وتم تصميم الخلطات بطريقة مارشال وبنسب واسعة تتراوح من 0 الى 100% من المواد المعاد تدويرها مع المواد الجديدة وكانت العينات ذات تدرج متشابه تقريبا والجدول (1) يظهر نتائج الاختبارات والتي توضح بأن قيم الثباتية و V.M.A و V.F.A ضمن المواصفات المطلوبة بينما لوحظ انه مع زيادة النسب للمواد المعاد تدويرها فان مقدار الزحف يقل عن الحدود الدنيا المطلوبة في المواصفة وهي 2 ملم وبالتالي فان المزيج الحاوي على نسبة من المواد المعاد تدويرها تصل الى 30% تكون قد استوفت معايير الزحف والتي تكون ضمن (4-2) ملم. وقد اعتبر الباحثان بصورة عامة ان المواد المعاد تدويرها تعتبر خيار مهم للمزيج الأسفلتي الساخن في تحسين خصائصه.

الجدول (1) خصائص المارشال مع النسب المختلفة للمواد المعاد تدويرها (Hussain and Yanjun, 2012)

Rap(%)	Air Voids (%)	VFA(%)	VMA(%)	Stability(KN)	Flow (mm)	Unit weight (Kg/m ³)
Control Mix						
0	4	71.5	14.5	9.89	2.63	2376
Recycled Mix						
10	4.06	74.75	16.08	9.59	2.04	2358
20	3.93	72.84	14.47	10.92	2.56	2353
30	4.24	70.70	14.47	18.40	3.07	2353
45	4.87	67.66	15.02	11.73	2.10	2348
60	3.84	74.74	15.20	14.98	1.80	2348
100	3.69	77.47	16.38	21.19	0.91	2333

كما قام الباحثون (Al-Rousan et al., 2008) بتحضير نوعين من المزيج الإسفلتي الساخن الأول يتكون من 100% من ركام وأسفلت جديدين أما المزيج الثاني يتكون من 30% من المواد المعاد تدويرها و70% من أسفلت وركام جديدين وتم تحضير ست نماذج مارشال من كل مزيج وتم فحص ثلاث منها بعد وضعها بالحمام المائي لمدة 30 دقيقة لقياس خصائص مارشال أما الثلاثة المتبقية فتم فحصها بعد مرور 24 ساعة في الحمام المائي الساخن لفحص مقدار الفقدان في الثباتية، وقد لوحظ تحسن في ثباتية المزيج الحاوي على المواد المعاد تدويرها ولوحظ نقصان في الفقدان وهذا يعزى الى ان المواد المعاد تدويرها تحتوي على أسفلت متقدم مما يعطي صلابة للمزيج بسبب ارتفاع في اللزوجة كما موضح في الشكل (1).



الشكل (1) فحص الثبات للمزيج الأساس والمزيج المعاد تدويره مع الفقدان بالثبات (Al-Rousan et al., 2008)

3- أهداف البحث

سيتم في هذا البحث دراسة المواضيع التالية:-
دراسة خصائص مارشال للخلطات الإسفلتية المستخدمة وهي عبارة عن نسب من المواد المدورة (recycled) ومكمله بنسب من المواد الجديدة، وإيجاد أفضل نسبة للمزيج المعاد تدويره يفي بالموصفات المطلوبة
4- المواد المستخدمة في الدراسة:

4-1- المواد الجديدة: وتشمل الإسفلت، الركام والمادة المألثة.
تم استخدام أسفلت ذو نفاذية (60-50) والمجهز من مصفى القيارة. تم إجراء الفحوصات المطابقة للمواصفات العراقية والأمريكية. وبينت الفحوصات التي أجريت عليه انه مطابق للمواصفات العراقية للطرق والجسور (SCRB, 2003) والجدول (2) يوضح الخصائص الفيزيائية للإسفلت المستخدم.

الجدول (2) الخصائص الفيزيائية للإسفلت

Property	Test Conditions	ASTM Designation No.	Value	SCRB specification
Penetration	25°C, 100gm, 5Sec	D-5	56 (0.1mm)	50-60
Softening point	(ring & ball)	D-36	56°C	51-62
Ductility	5cm\min, 25°C	D-113	100 ⁺ cm	100 ⁺
Specific gravity	25°C	D-70	1.050	-
Flash point	Cleveland open cup	D-92	244°C	Min 232
Viscosity	135°C	D-2170	740cSt	-
After thin film oven test properties D1754				
Retained penetration of residue	25°C, 100gm, 5Sec	D-5	65%	>55
Ductility of residue	25°C, 5cm\min	D-113	31cm	Min 25

Loss on weight	163°C ,5hr	D-1754	0.308%	<0.75
Aged softening point	(ring & ball)	D-36	62°C	-

و تم جلب الركام من احد معامل تجهيز الخلطات الإسفلتية في محافظة نينوى، ومصدر هذا الركام هو مقلع الخازر قرب الموصل. الركام المستخدم مار من منخل ٢٥ ملم (1") والمتبقي على المنخل 0.075 ملم (No.200). الجدول (٣) يبين الخصائص الفيزيائية للركام المستخدم.

الجدول (٣) الخصائص الفيزيائية للركام

Property	Value	ASTM Designation No.	SCRB Specification
Coarse Aggregate			
Bulk specific gravity	2.684	C-127	-
Apparent specific gravity	2.696	C-127	-
Water absorption %	0.670	C-127	-
Wear% (Los Angeles abrasion)	19	C-131	≤30
Fine Aggregate			
Bulk specific gravity	2.540	C-127	-
Apparent specific gravity	2.590	C-127	-
Water absorption %	1.072	C-127	-

و المادة المألثة المستخدمة في هذه الدراسة هو السمنت البورتلاندي الاعتيادي وتم جلبه من معمل سمنت بادوش في مدينة الموصل بوزن نوعي 3.15.

المواد المعاد تدويرها Recycled Materials:

تم الحصول على المواد المعاد تدويرها من احد طرق مدينة الموصل عند مفرق تكييف-موصل وقد تم أكساء الطريق سنة ١٩٨٩. وتم الحصول على المواد المعاد تدويرها من خلال مكائن قشط وعلى عمق ٥ سم من سطح الطريق. وتم التأكد من خلو هذه المواد من المواد الضارة والظمي. الجدول (٤) يوضح التحليل المنخلي والمحتوى الاسفلتي للمواد المعاد تدويرها والقطع المستخرجة والجدول (٥) خصائص الركام المعاد تدويره.

الجدول (٤) التحليل المنخلي والمحتوى الإسفلتي للمواد المعاد تدويرها والقطع المستخرجة

Sieve size	ASTM specifications	Sieve analysis for recycled	Sieve analysis for cutoff
1"	100	100	100
3/4"	90-100	100	94.3
3/8"	56-80	83.2	55.3
No.4	35-65	63.2	47.2
No. 8	23-49	46.9	39.9
No.50	5-19	18.5	14.8
No.200	2-8	5.9	3.3
Asphalt content(%weight of total mix)	4-6 SCRB specification	3.1	3.3

الجدول (٥) خصائص الركام للمواد المعاد تدويرها

Material	Property	Value
Coarse Aggregate	Bulk specific gravity	2.597
	Apparent specific gravity	2.630
	Water absorption %	0.781
Fine Aggregate	Bulk specific gravity	2.176
	Apparent specific gravity	2.235
	Water absorption %	1.203
Mineral Filler	% passing sieve no. 200	98%
	Specific gravity	2.43

تحضير المزجات الاسفلتية:

تم تحضير نوعان من الأمزجة وهي المزيج الأساس (virgin) (وهو استخدام مواد ركامية وأسفلتية جديدة)، المزيج المعاد تدويره (recycled) (وهو المزيج المكون من المواد المقشوطة والمكملة بمواد جديدة وبنسب مختلفة).

تحضير المزيج الأساس Preparation of virgin mixture:

تم تحضير المزيج الأسفلتي الكثيف وهو النوع الشائع الاستخدام في العراق حيث يكون من ركام ومادة مالئة بنسبة (96% - 94%) والإسفلت بنسبة (4% - 6%). ويتم تسخين كل من الركام والإسفلت ومزجهم بصورة جيدة للحصول على تغليف كامل لحبيبات الركام. وذلك بموجب طريقة معهد الإسفلت الأمريكية Asphalt Institute Method MS-2, (1984).

تحضير المزيج المعاد تدويره Preparation of recycled mixture:

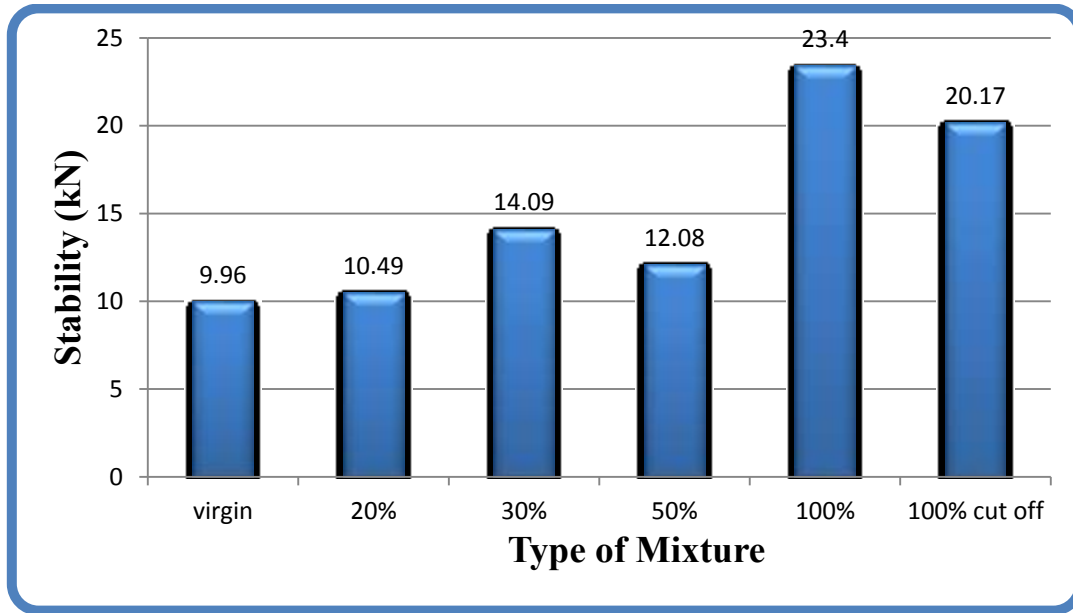
يتكون المزيج المعاد تدويره من المواد المقشوطة، والإسفلت والركام الجديدين ويتم تحضيرهم بنسب معينة من المواد (المقشوطة: الجديدة) (0:100، 20:80، 30:70، 50:50، 100:0%) حيث أن المواد الجديدة المضافة سوف تكمل النقص في تدرج المواد المعاد تدويرها للحصول على تدرج مطابق لوسط المواصفة العراقية للطرق والجسور للطبقة الرابطة (SCRB, 2003). حيث يتم تسخين المواد المعاد تدويرها لدرجة حرارة 150°C والركام الى درجة حرارة 160°C ويمزج الاثنان سوياً ويضاف إليهم الإسفلت المسخن بدرجة حرارة 150°C وخطه جيداً للحصول على تغليف كامل لجميع حبيبات الركام والمواد المعاد تدويرها. وتم تحضير خمس أمزجة حاوية على نسب مختلفة من المواد المقشوطة وهي (0، 20، 30، 50، 100)% من وزن المزيج الكلي كما تم تهيئة نماذج مارشال من قطع من القطع من المزيج الاسفلتي (cut off) تم جلبها من موقع الطريق المقشوط قبل قشطه بالمكائن لغرض المقارنة.

نتائج ومناقشة خصائص مارشال Marshall Properties:-

تم حساب الكثافة الحجمية للعينات المرصودة (Bulk Specific Gravity) وفقاً للمواصفة القياسية (ASTM D2726) (ASTM, 2004) وكذلك تم حساب نسبة الفراغات الهوائية ونسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت. ويتم تسجيل قراءات الثباتية والزحف وفقاً للمواصفة القياسية (D1559) (2007). حيث يتم غمر العينات في حمام مائي بدرجة حرارة 60°C لمدة (30-40) دقيقة وبعدها يتم وضعه في جهاز الفحص، حيث يتم تحميل النموذج بمعدل ثابت 2 انج/دقيقة (50.8 ملم/دقيقة). ويتم تسجيل أقصى مقاومة تحميل وهي الثبات وفي الوقت ذاته يتم تسجيل قيمة الزحف.

ثباتية مارشال Marshall Stability

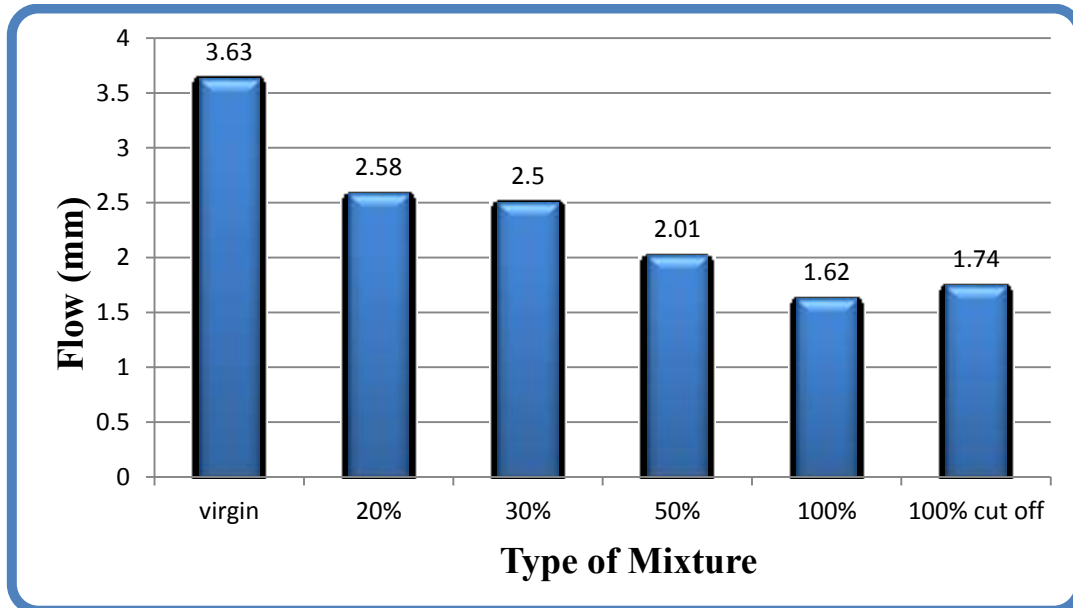
أظهرت الدراسة أن إعادة التدوير يزيد من ثباتية مارشال، حيث يلاحظ زيادة ثباتية مارشال بزيادة نسبة المواد المعاد تدويرها وأن المزيج المكون من المواد المعاد تدويرها بالكامل يعطي أعلى ثباتية. ويعزى سبب ذلك إلى صلابة الإسفلت المتقادم نتيجة لارتفاع اللزوجة، في حين يفتر هذا النوع من المزيج للترابط بسبب الزيادة المفرطة بالتصلب. كما موضح في الشكل (٢).



الشكل (٢) نتائج قيم الثباتية للمزيج الأساس والأمزجة المعاد تدويرها

الزحف Flow

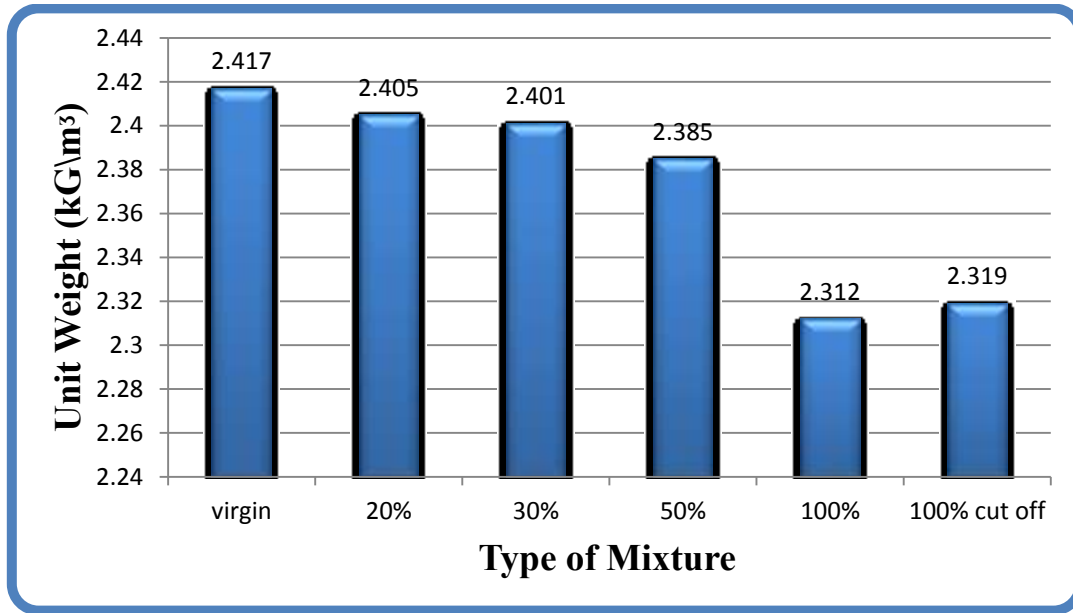
ويعرف الزحف بأنه مقدار التشوه العمودي للعينة لحظة الفشل. وعليه كلما كانت قيم الزحف عالية فإن هذا يدل على مرونة المزيج. والشكل (٣) يوضح اختلاف قيم الزحف مع اختلاف النسب للمواد المعاد تدويرها حيث يلاحظ انخفاض قيم الزحف مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها.



الشكل (٣) نتائج قيم الزحف للمزيج الأساس والأمزجة المعاد تدويرها

الكثافة Unit Weight

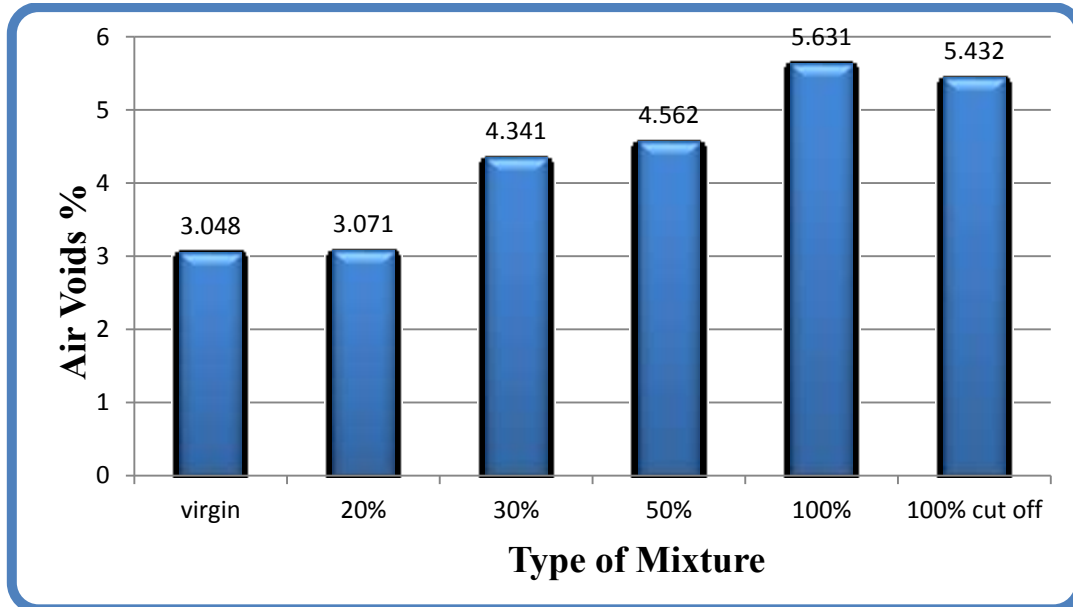
الشكل (٤) يوضح قيم الكثافة للمزيج الأساس والمزيج المعاد تدويره ، يلاحظ انخفاض الكثافة كلما زادت كمية المواد المعاد تدويرها حيث كان المزيج المكون من 100% من المواد المعاد تدويرها أقل قيمة للكثافة ويعود السبب في ذلك إلى تقادم الإسفلت الموجود الذي قد يواجه صعوبة بالرص وبالتالي يكون فراغات هوائية أكثر، مؤدياً إلى نقصان في الكثافة.



الشكل (٤) الكثافة للمزيج الأساس والمزيج المعاد تدويره

نسبة الفراغات الهوائية Percent Air Voids

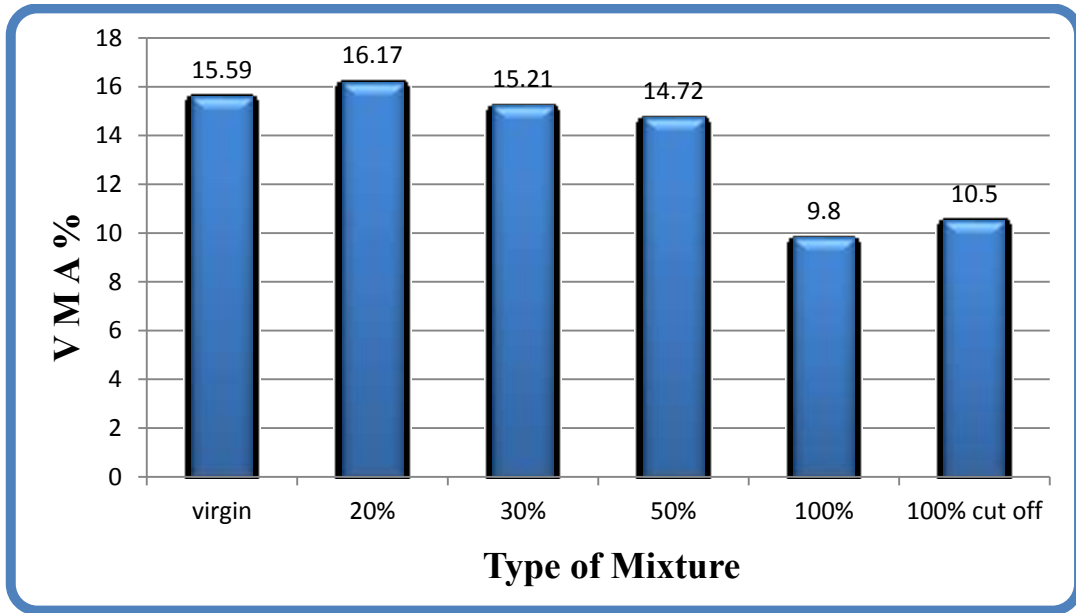
الشكل (٥) يوضح نسبة الفراغات الهوائية مع نسب المواد المعاد تدويرها والتي ازدادت وبشكل ملحوظ مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها والذي يتناسب بشكل عكسي مع كثافة المزيج. وكانت نسب الفراغات الهوائية ضمن المواصفة العراقية للطرق الجسور (SCRIB, 2003) وإلى نسبة تدوير 50%، في حين أظهر المزيج المكون من 100% من المواد المعاد تدويرها زيادة بنسبة الفراغات الهوائية بسبب أن المزيج متقادماً بالكامل وذو كثافة أقل.



الشكل (٥) علاقة الفراغات الهوائية مع نسب التدوير.

نسبة الفراغات ضمن التركيب المعدني للركام VMA

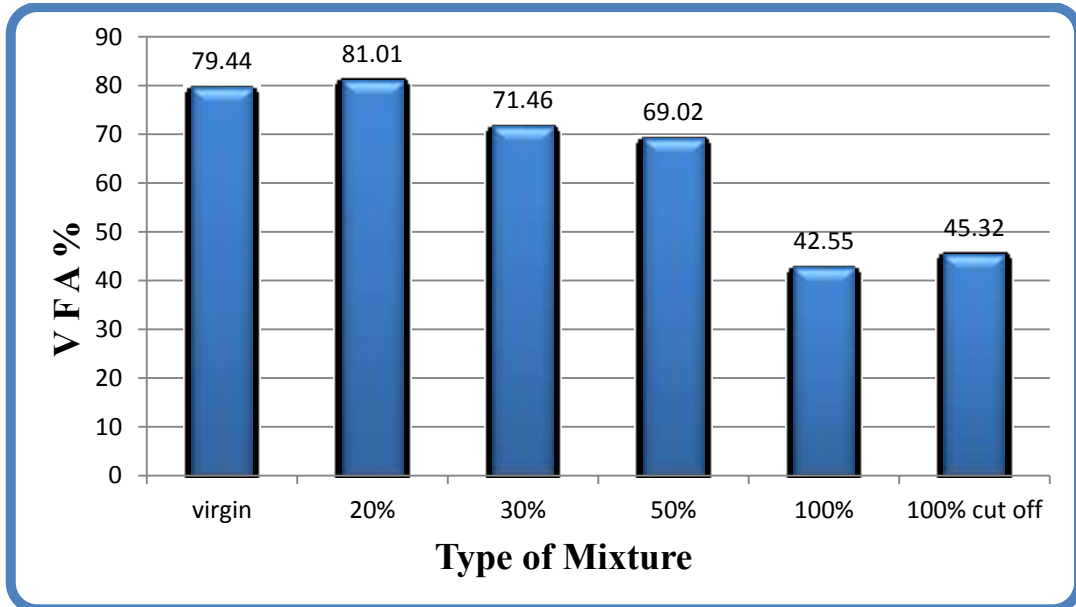
يظهر الشكل (٦) علاقة الفراغات ضمن الركام مع نسب التدوير والذي يوضح النقصان في قيمة الفراغات ضمن الركام مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها. وكانت جميع القيم ضمن حدود المواصفة، باستثناء المزيج المكون من 100% من المواد المعاد تدويرها، حيث أظهر قيم أقل من حدود المواصفة. كما أظهرت نسبة التدوير 30% قيمة قريبة من قيمة المزيج الأساس.



الشكل (٦) علاقة VMA مع نسب التدوير

نسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت VFA

الشكل (٧) يوضح علاقة الفراغات المملوءة بالإسفلت مع نسب التدوير، حيث يلاحظ انخفاض قيم الفراغات المملوءة بالإسفلت مع زيادة نسبة التدوير، وكانت أعلى قيمة للفراغات المملوءة بالإسفلت عند نسبة التدوير 20% يلاحظ أن قيم الفراغات المملوءة بالإسفلت كانت ضمن المواصفة العراقية للطرق والجسور (٢٠٠٣ SCR) باستثناء نسبة التدوير 100%.



الشكل (٧) علاقة VFA مع نسب التدوير

الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

بناء على الفحوصات المخبرية والتجارب التي أجريت على المواد قيد الدراسة تم التوصل الى الاستنتاجات التالية:
١- وجد إن ثباتية مارشال للمزيج المدور تزداد بازدياد نسبة المواد المعاد تدويرها في المزيج ليصل الى أعلى قيمة عند المزيج المكون 30% من المواد المعاد تدويرها، لتصل الزيادة عن ثباتية المزيج الأساس الى أكثر من 41% وتنخفض بعد ذلك ثم تزداد لتصل الى أعلى قيمة للمزيج المكون من 100% من المواد المعاد تدويرها.

٢- تقل قيم الزحف بازدياد نسبة المواد المعاد تدويرها لتبقى ضمن حدود المواصفة الى نسبة 50% من المواد المعاد تدويرها ويعزى الانخفاض في قيم الزحف الى النقصان في المحتوى الأسفلتي الجديد بزيادة نسبة التدوير وكون الأسفلت المدور يزداد صلابة عند التقادم.

٣- انخفاض في قيم الكثافة بازدياد نسب المواد المعاد تدويرها ويعزى ذلك الى الزيادة في الفراغات الهوائية للمزيج بسبب النقصان في المحتوى الأسفلتي الجديد وبالتالي فالمزيج سوف يلاقي صعوبة أثناء الرص.

٤- تزداد الفراغات الهوائية بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة المواد المعاد تدويرها والذي يتناسب بشكل عكسي مع كثافة المزيج، وكانت نسبة الفراغات الهوائية ضمن المواصفة والى نسبة 50%.

٥- النقصان في نسبتي الفراغات ضمن التركيب المعدني للركام والفراغات المملوءة بالأسفلت بزيادة نسبة المواد المعاد تدويرها وتعتبر جميع القيم لنسب الأمزجة المعاد تدويرها ضمن المواصفة باستثناء المزيج المكون من نسبة 100%.

وتوصي الدراسة بإمكانية استخدام المواد المقشوطية من التلبيط القديم لإنتاج المزيج الأسفلتي والى نسبة تصل الى 50% من المواد المعاد تدويرها، أفضل النتائج ضمن الفحوصات التي تضمنتها هذه الدراسة كانت عند النسبة 30% وان نتائج الفحوصات عند هذه النسبة مطابقة أيضا للمواصفات العراقية للطرق والجسور المعتمدة في أعمال الطرق للطبقة الرابطة.

المصادر

- [1]- AASHTO Guide for Design of pavement Structures, (2010). The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D. C., USA.
- [2]-Alan, M., G., (2003). "The use of reclaimed asphalt pavement in superpave asphalt concrete mixtures", Department of Civil Engineering, North Carolina state University.
- [3]-Al-Qadi, I., Elseifi, M., and Carpenter, S., (2007), "Reclaimed Asphalt Pavement-A Literature Review", Report No. FHWA-ICT-07-001, Illinois Center for Transportation, Rantoul, IL.
- [4]-Al-Rousan, T., Asi, I., Al-Hattamleh, O., and Al-Qablan, H., (2008), "Performance of Asphalt Mixes Containing RAP", Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 2, No. 3, PP.218-227.
- [5]-Al-Saaidy, H.R., (1998), "Performance Related Properties of Recycled Asphalt Concrete Materials", M.Sc. thesis, College of Engineering, University of Baghdad.
- [6]-Asphalt Institute, (1986), "Asphalt hot mix Recycling", Manual Series No. 20 (MS-20), United States.
- [7]-Fattah, M. Y., Al-Helo, K. H. I., Qasim, Z. I., (2014), " Fatigue Cracking Performance of Local Superpave Asphalt Concrete Mixtures", Eng. And Tech. journal Vol.32 part (A). No. 12.
- [8]-Hussain, A., and Yanjun, Q., (2012), " Evaluation of Asphalt Mixes Containing Reclaimed Asphalt Pavement for Wearing Courses", International Conference on Traffic and Transportation Engineering, IPCSIT vol. 26 , Singapore, PP. 43-48.
- [9]-Ramanujam, J.M., (2000), "Recycled of Asphalt Pavement", Department of Transport & Main Roads, Queensland, Internet link <http://www.Docstoc.com/docs/42047013/RECYCLING-OF-ASPHALT-PAVEMENTS>
- [10]-SORB, State Orgnaization for Roads and Bridges, (2003), "Highway design manual", design and studies department, Ministry of housing and construction, Republic of Iraq.
- [11]- Vollar, T.M., (1986), "Asphalt pavement recycling primer", Report number GL-86-4, waterways experiment station , department of the army, US army corps of engineers.