

Studying The Causes of Corrugation and Waves Depending on The Restricted Zone Recommendations in Marshal Method for Designing Bituminous Mixtures

Dr.Imad Fadel*
Reem Baddour**

(Received 1 / 8 / 2017. Accepted 12 / 12 / 2017)

□ ABSTRACT □

Corrugation and waves distress is considered as one of the distresses in flexible pavement that affects the driving safety and comfort on roads. This research props the main factor behind this distress in order to reach suitable solutions to provide flat and comfortable driving surface.

Many extracted specimens were taken on Tartous-Homs highway in the corrugated areas then the specifications of specimens were determined; Bitumen Extraction and Grain Analysis tests were performed on the extracted specimens based on the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and the Canadian conference recommendations for Marshal Design Criteria.

Test results were generated in Aggregate Grading Curves that achieved the standard specifications according to AASHTO, but when compared to the Canadian conference recommendations it was noticed that the approach or passing of the curve through the restricted zone plays a vital role in the corrugation and waving of roads; which in turn insured the importance of replacing aggregate sources or mixing them to stay inside the control points of the standard specifications and under the restricted zone for heavy traffic roads. The findings insure as the great benefit of implementing the Canadian conference recommendations which demands more précised criteria to avoid corrugation and waves in order to reach better quality, safety and comfort on roads surfaces.

Key words: Flexible Pavement Distress – Corrugation and Waves – Marshall Design Criteria – Restricted Zone

* Associate professor, Department of Managing and Constructing Engineering ,Faculty of Civil Engineering , Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Work Supervisor, Department of Transportation Engineering ,Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

دراسة أسباب ظهور عجز عدم الاستوائية والتموجات في الرصف المرن بالاعتماد على توصيات المنطقة المستثناة في تصميم خلأط الرصف البيتوميني وفق طريقة مارشال

الدكتور عماد فاضل*

ريم بدور**

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2017. قُبِلَ للنشر في 12 / 12 / 2017)

□ ملخص □

تعتبر عدم الاستوائية والتموجات أحد أشكال العجز التي تظهر على سطح الرصف المرن والتي تؤثر على راحة وأمان السير على الطرقات. ويتناول بحثنا هذا دراسة العامل الأساسي المسبب لحدوث هذا العجز وصولاً في النهاية إلى وضع الحلول المناسبة لتأمين سطح سير مستوي يؤمن حركة مرور آمنة ومريحة . تم في هذا البحث أخذ عدة جزرات من مواقع مختلفة من اوتوستراد طرطوس-حمص في مناطق ظهور التموج وتم تحديد أبعاد ومواصفات هذه الجزرات، كما تم إجراء عدة تجارب على الجزرات المقطعة من بينها استخلاص البيتومين والتحليل الحبي بهدف تقييمها وفق مواصفات الجمعية الأمريكية للرسميين AASHTO وتوصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال، وبعد الحصول على نتائج التجارب تم تمثيلها في منحنيات حبية لوغاريتمية حققت الحزم النظامية المعتمدة حالياً وفق الـ AASHTO لكن عندما تم تمثيلها حسب توصيات المؤتمر الكندي تبين أن اقتراب منحنى التدرج الحبي أو مروره ضمن المنطقة المستثناة يلعب دوراً رئيسياً في ظهور التموج على الطريق وهذا أكد على أهمية استبدال مصادر الحصويات أو مزجها بمصادر أخرى تحقق وقوع نقاط منحنى التدرج ضمن الحزمة المطلوبة وتحت المنطقة المستثناة للطرق ذات حركة المرور الثقيل، مؤكداً بنتيجة البحث على أهمية التقيد بتوصيات المؤتمر الكندي التي تفرض شروطاً أكثر دقة وتشدداً لتفادي ظهور التموج وعدم الاستوائية وصولاً إلى أفضل النتائج على الطرق من حيث الجودة والراحة والأمان.

الكلمات المفتاحية: عجز الرصف المرن - عدم الاستوائية والتموج - معايرة التصميم بطريقة مارشال -

المنطقة المستثناة

* أستاذ مساعد-قسم هندسة الإدارة والتشييد-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.
** مشرفة على الأعمال - قسم هندسة النقل والمواصلات-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.

مقدمة:

تعد معرفة مختلف أنواع العجز التي يمكن أن تحدث في طبقات الرصف ذات أهمية بالغة، والتصميم الجيد لطبقات الرصف لا يكفي لمنع حصول التشوهات المختلفة إذ يجب أن يقترن بالإنشاء والمراقبة الجيدين لتنفيذ هذه الطبقات حتى لا ينخفض مستوى ادائها وينعكس بدوره على انخفاض مستوى الامان والراحة على الطريق. تعود أسباب عجز مستوى اداء طبقات الرصف إلى عوامل عديدة منها ماهو كمي كحركة المرور ومنها ماهو نوعي كنوعية المواد التي نستعملها في إنشاء طبقات الرصف ومنها ماهو عشوائي ناتج عن التغييرات المناخية، وتعد هذه العوامل في الحقيقة فاعلة ومنفصلة فظهور بعض التشوهات لايعود الى عامل واحد إنما قد يكون نتيجة عدة عوامل مجتمعة، وباعتبار أن تحديد نسبة التأثير لكل منها هي عملية تقريبية يبقى الأهم هو العامل الأساسي في حدوث تشوه معين [1] .

ومن أهم أشكال العجز في الرصف المرن نذكر:

التخدد Rutting ، الشقوق التماسحية Alligator Cracking ، الشقوق الطولية Longitudinal Cracking ، الشقوق العرضية Transverse Cracking ، النزف Flushing ، التطاير والتعرية Raveling and Weathering ، الشقوق الشبكية Block Cracking ، الحفر Potholes ، الزحف Pushing and Shoving ، عدم الاستوائية والتموجات Corrugation and Waves

وسيتم في بحثنا هذا دراسة العامل الأساسي في حدوث عدم الاستوائية والتموجات على سطح الرصف، مرتكزين في ذلك على المقارنة بين مواصفات AASHTO المعتمدة حالياً وتوصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال الذي يوصي أن تكون نقاط منحنى التدرج الحبي محصورة بين نقاط دليل المنحني وأن يمر المنحني تحت المنطقة المستتاة للطرق ذات حركة المرور الثقيلة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة العامل الأساسي وراء حدوث عدم الاستوائية والتموج على سطح الرصف المرن، ووضع الحلول المناسبة لتأمين سطح سير مستقر ومستوي يحقق حركة مرور آمنة ومريحة.

منهجية البحث:

يحدث عجز عدم الاستوائية والتموج في أماكن محددة كالتقاطعات أو قد يحتل جزءاً كبيراً من سطح الطريق، ويسبب ذلك تموجات عرضية في سطح الرصف تظهر على شكل موجات قريبة من بعضها أو متباعدة تكون المسافة فيها أكبر من 3 اقدم من الذروة إلى القاع [4] .

تم في هذا البحث اخذ 15 جزرة من اوتوستراد طرطوس-حمص ابتداء من الكيلومتر 19+900 بعد مفرق سمريان حتى الكيلومتر 21+100 وذلك في المواقع التالية:

الجزرات 1,2,3 : أخذت من أولى مناطق التموج ابتداء من الكيلومتر 19+900 في منطقة التفرع

الجزرات 4,5,6 : أخذت من أولى مناطق التموج ابتداء من الكيلومتر 19+900 في منطقة التحدب

الجزرات 7,8,9 : أخذت من ثاني مناطق التموج ابتداء من الكيلومتر 20+700 في منطقة التحدب

الجزرات 10,11,12 : أخذت من ثاني مناطق التموج ابتداء من الكيلومتر 20+700 في منطقة التفرع

الجزرات 13,14,15: أخذت من منطقة سليمة عند الكيلومتر 21+100

تم تحديد أبعاد ومواصفات الجزرات المقتطعة كما تم إجراء تجارب استخلاص نسبة البيتومين والتحليل الحبي عليها بهدف تقييمها وتحديد السبب الرئيسي في ظاهرة عدم الاستوائية والتموج المسجلة على الطريق المدروس استناداً إلى مواصفات الـ AASHTO-T27, AASHTO-T11 لطبقتي السطح البيتومينية والأساس البيتومينية، ومقارنة النتائج وفق توصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال الذي يعتمد المواصفات القياسية للمناخل وفق AASHTO-M92, ASTM-E11 حيث يجب أن تكون نقاط منحنى التدرج الحبي محصورة بين نقاط دليل المنحني و أن يمر منحنى التدرج تحت المنطقة المستثناة للطرق ذات حركة المرور الثقيلة [3] والتي تمتد وفق تدرج حبي يعتمد على القطر الأعظمي للحصويات (Nominal Maximum Aggregate Size (NMAS) وتشكل حزمة يوصى بعدم مرور منحنى التدرج عبرها للتقليل من حدوث التشوهات كالتخدد والتموج أو عدم الاستوائية وذلك على أساس مجموعة من التجارب المخبرية المجراة ضمن الشروط النظامية [5,6,8] .

وصولاً في نهاية البحث إلى تحديد السبب الرئيسي وراء ظهور عدم الاستوائية والتموج على الطريق المدروس واقتراح الطرق المناسبة للمعالجة.

النتائج والمناقشة:

1- عينة البحث:

تم اقتطاع 15 جزرة في المواقع المذكورة سابقاً من اوتوستراد طرطوس-حمص-الحارة الغربية، وبسبب تقارب نتائج الجزرات الثلاثة في كل موقع محدد نورد احداها كعينة تمثيلية والجدول التالي يبين أبعاد وخصائص هذه الجزرات:

الجدول (1) أبعاد و خصائص الجزرات المأخوذة

أبعاد و مواصفات الجزرات المأخوذة أوتوستراد طرطوس حمص (بين الكيلومتر 19+900 و 21+100)					
13	10	7	4	1	رقم الجزرة
6,5	6,4	7	8,6	6	السماعة الوسطية (cm)
967	1051	1175	1419	949	الوزن في الهواء (gr)
538	595	670	805	536	الوزن في الماء (gr)
429	456	505	614	413	الحجم (cm ³)
2,254	2,305	2,327	2,311	2,298	الوزن الحجمي (gr/cm ³)
2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	كثافة مارشال (gr/cm ³)
100,2	102,4	103,4	102,7	102,1	درجة الرص (%)

2- التجارب المجراة على العينات:

2-1- تجربة استخلاص البيتومين Quantitive Extraction of Bitumen :

تتضمن هذه التجربة التحديد الكمي للبيتومين في خلطات الرصف الساخنة وعينات الرصف وتستخدم الحصويات الناتجة عنها في التحليل الحبي، ويعبر عن محتوى البيتومين كنسبة وزنية مئوية ASTM-D2172-92 ، ونورد فيما نتائج استخلاص البيتومين على العينات المدروسة :

الجدول (2) نتائج استخلاص الجزرة رقم 1

نتائج استخلاص الجزرة رقم 1	
945,4	وزن العينة قبل الغسل بالبنزين (g)
882,4	وزن العينة بعد الغسل بالبنزين (g)
2	الوزن العالق على المرشح (g)
884,4	الوزن الكلي للحصويات (g)
770,4	وزن العينة بعد الغسل على المنخل 200
61	وزن البيتومين في الجزرة (g)
6,45	نسبة البيتومين (%)

الجدول (3) نتائج استخلاص الجزرة رقم 4

نتائج استخلاص الجزرة رقم 4	
1000	وزن العينة قبل الغسل بالبنزين (g)
930	وزن العينة بعد الغسل بالبنزين (g)
2	الوزن العالق على المرشح (g)
932	الوزن الكلي للحصويات (g)
842	وزن العينة بعد الغسل على المنخل 200
68	وزن البيتومين في الجزرة (g)
6,8	نسبة البيتومين (%)

الجدول (4) نتائج استخلاص الجزرة رقم 7

نتائج استخلاص الجزرة رقم 7	
1000	وزن العينة قبل الغسل بالبنزين (g)
937	وزن العينة بعد الغسل بالبنزين (g)
1,6	الوزن العالق على المرشح (g)
938,6	الوزن الكلي للحصويات (g)
839	وزن العينة بعد الغسل على المنخل 200
61,4	وزن البيتومين في الجزرة (g)
6,14	نسبة البيتومين (%)

الجدول (5) نتائج استخلاص الجزرة رقم 10

نتائج استخلاص الجزرة رقم 10	
1000	وزن العينة قبل الغسل بالبنزين (g)
929,6	وزن العينة بعد الغسل بالبنزين (g)
2,2	الوزن العالق على المرشح (g)
931,8	الوزن الكلي للحصويات (g)
833,6	وزن العينة بعد الغسل على المنخل 200
68,2	وزن البيتومين في الجزرة (g)
6,82	نسبة البيتومين (%)

الجدول (6) نتائج استخلاص الجزرة رقم 13

نتائج استخلاص الجزرة رقم 13	
967	وزن العينة قبل الغسل بالبنزين (g)
898	وزن العينة بعد الغسل بالبنزين (g)
1,8	الوزن العالق على المرشح (g)
899,8	الوزن الكلي للحصويات (g)

832	وزن العينة بعد الغسل على المنخل 200
67,2	وزن البيتومين في الجزرة (g)
6,95	نسبة البيتومين (%)

2-2- تجربة التحليل الحبي Grain Size Analysis :

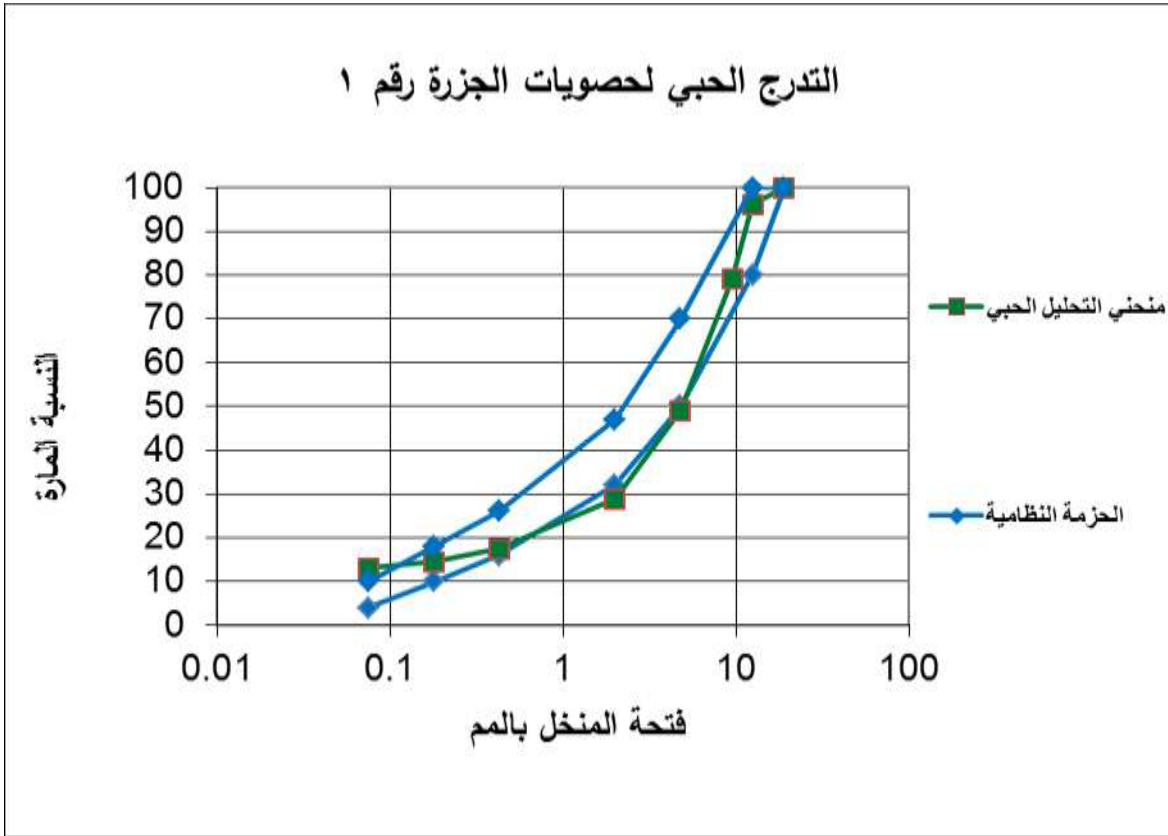
تعتبر الحصىات واحدة من المواد الأساسية الداخلة في تركيب الخلط البيتومينية وهي تؤثر بشكل كبير في أدائها، ويعتبر التركيب الحبي من أهم خصائص الحصىات التي تؤثر على التشوهات الدائمة في خلط الرصف الساخنة [7] .

ويعد مبدأ التركيب الحبي أول مبدأ عملي لمقارنة التربة وتعيين النسب المئوية لمختلف أبعاد العناصر المركبة لها، وتسمح لنا نتائج التحليل الحبي برسم منحنى يدعى المنحنى الحبي حيث يؤخذ على محور الفواصل أقطار عناصر الحصىات بمقياس لوغاريتمي ويؤخذ على محور الترتيب النسبة المئوية لوزن هذه العناصر المارة من المناخل [2] .

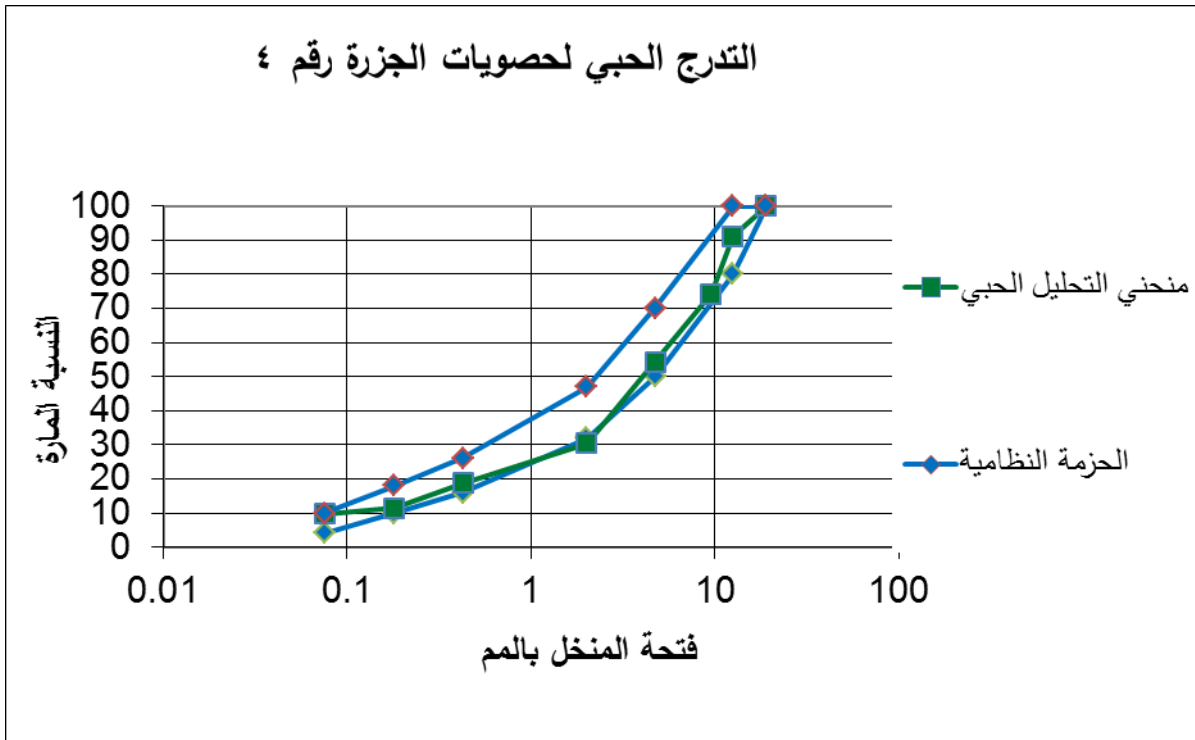
تم إجراء التجربة بإمرار العينات ذات الوزن g والتي تم غسلها بالماء على المنخل 200 (بعد غسلها بالبنزين) ثم تجفيفها بالفرن بالدرجة 110C لليوم التالي على سلسلة المناخل التالية:

N200	N80	N40	N10	N4	3/8 inch	1/2 inch	3/4 inch	1 inch	المناخل القياسية
0.075	0.18	0.425	2	4.75	9.5	12.5	19	25.4	فتحة المنخل mm

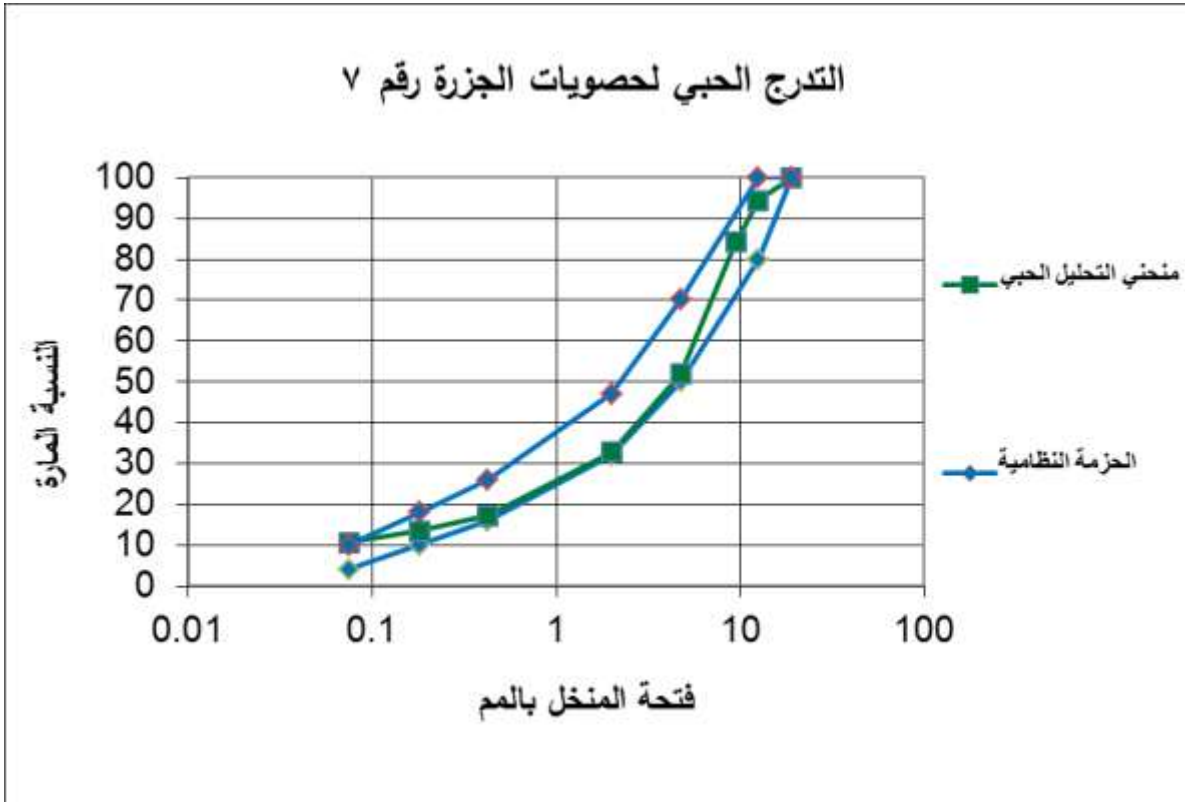
وتم تمثيل النتائج للجزرات المدروسة وفق منحنيات حبية لوغاريتمية مع توضيح الحزمة النظامية وفق AASHTO كالتالي:



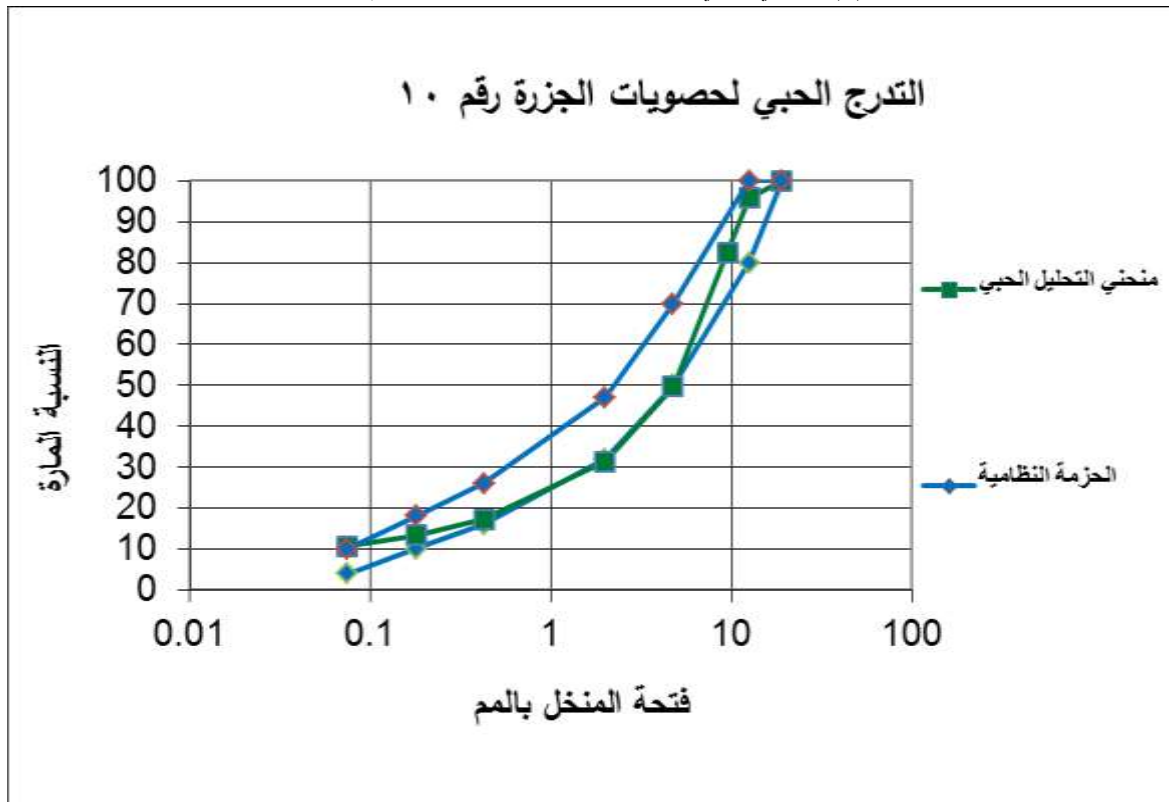
الشكل (1) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 1



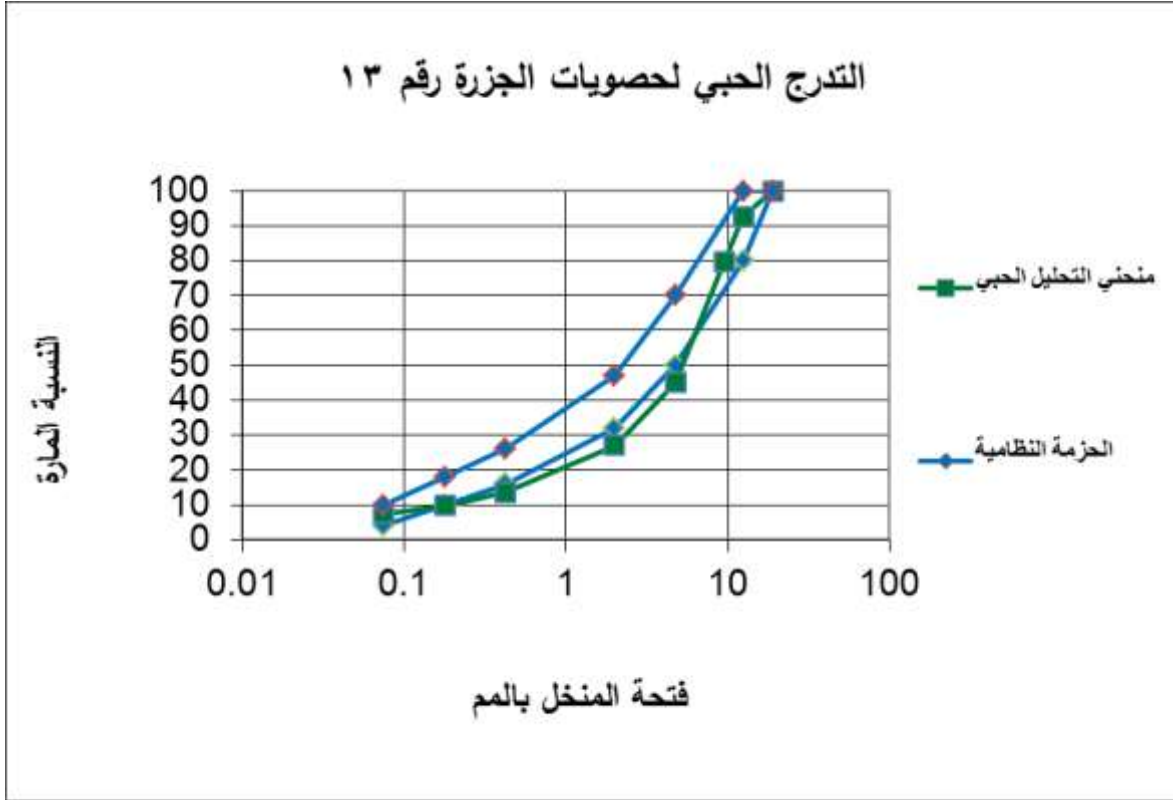
الشكل (2) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 4



الشكل (3) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 7



الشكل (4) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 10

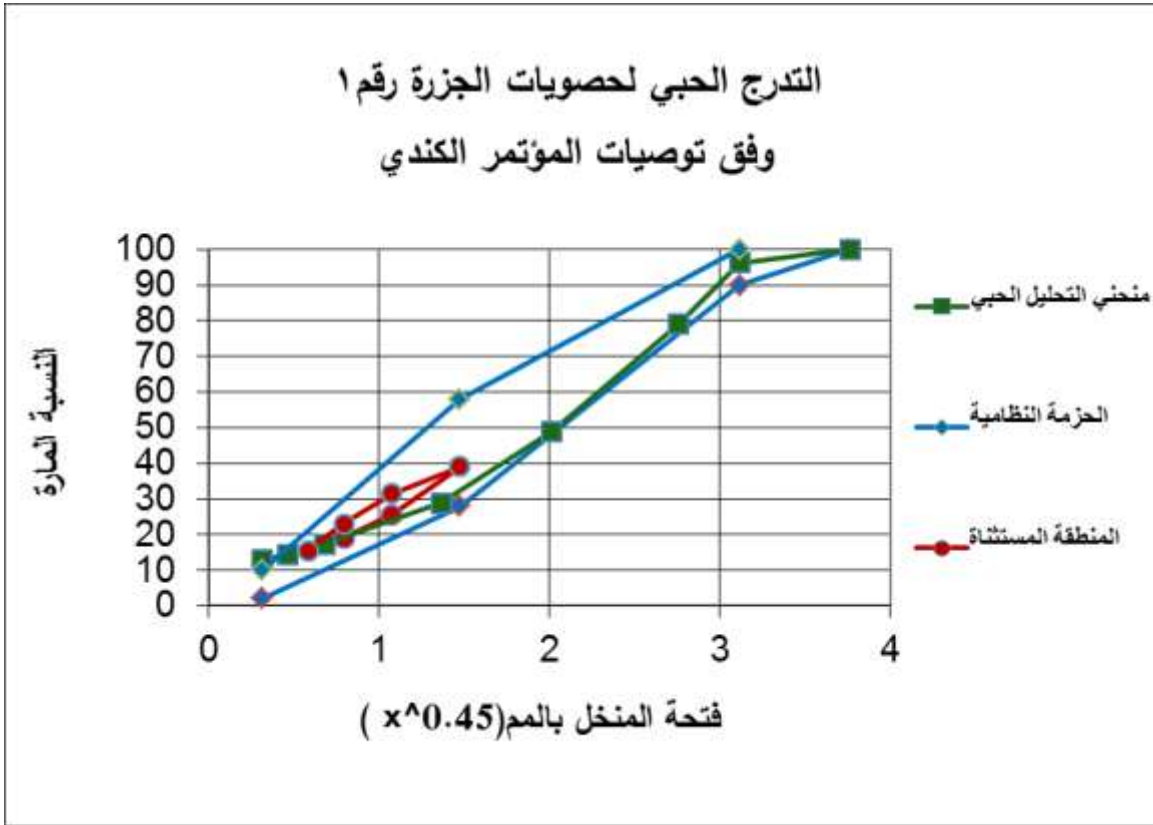


الشكل (5) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 13

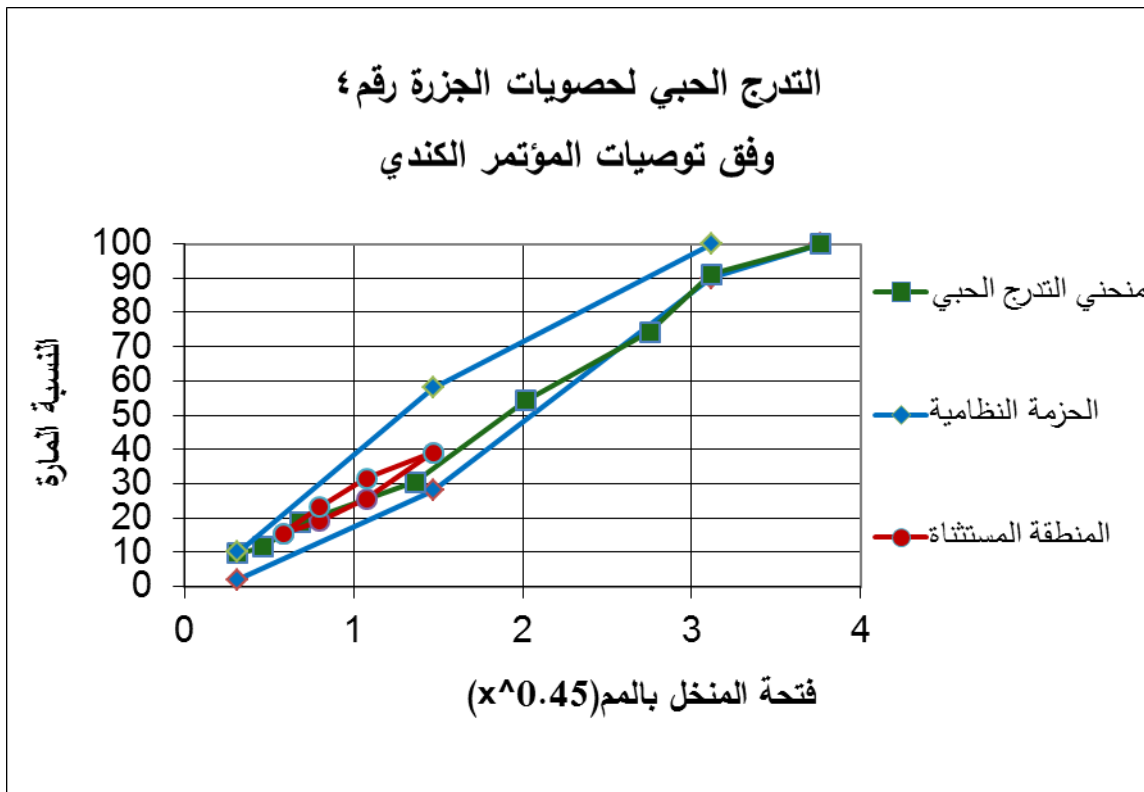
ومن أجل المقارنة مع توصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال تمت إضافة المناخل N16,N30,N50 إلى سلسلة المناخل السابقة واعتماد الحزم التالية لنقاط دليل المنحني والمنطقة المستثناة:

منطقة مستثناة			حزمة نظامية		
النسبة المارة الأعظمية	فتحة المنخل بـ mm	النسبة المارة الأصغرية	النسبة المارة الأعظمية	فتحة المنخل بـ mm	النسبة المارة الأصغرية
					100
			100	12.5	90
39.1	2.36	39.1	58	2.36	28
31.6	1.18	25.6	10	0.075	2
23.1	0.6	19.1			
15.5	0.3	15.5			

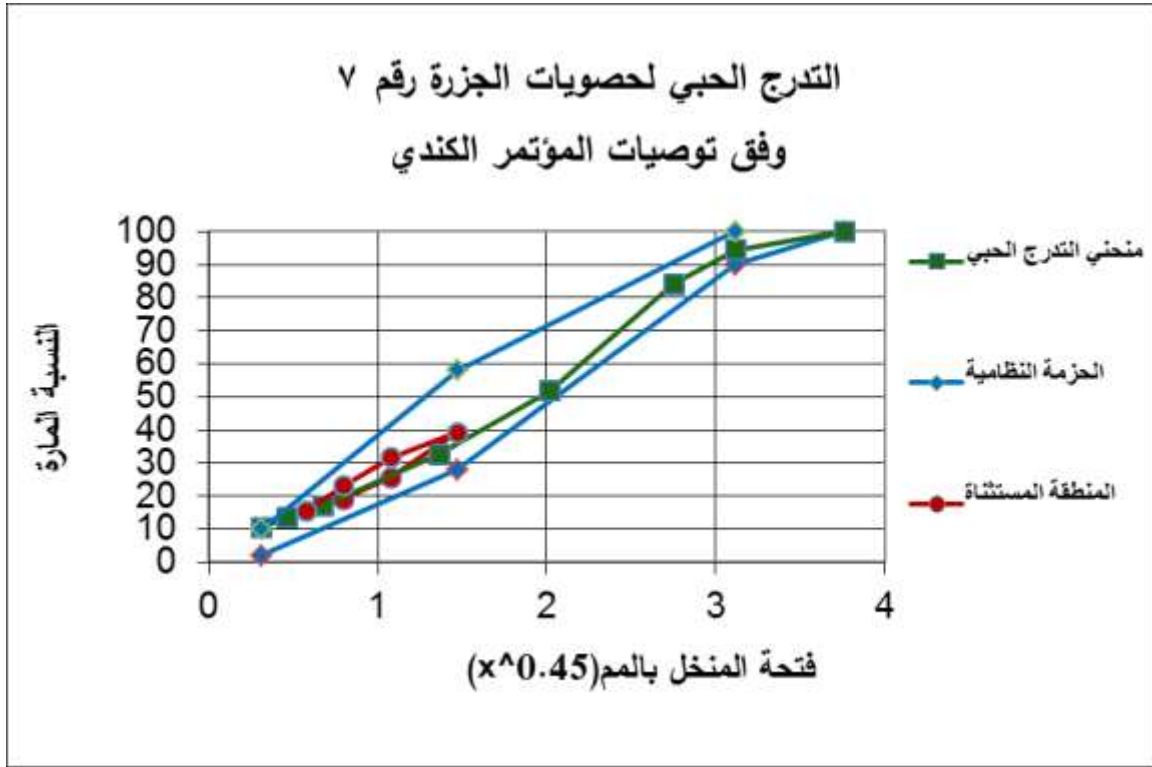
كما تم تمثيل النتائج باعتماد المقياس $X^{0.45}$ حيث X تعبر عن أقطار المناخل بـ mm [6] ، وتم الحصول على المنحنيات التالية:



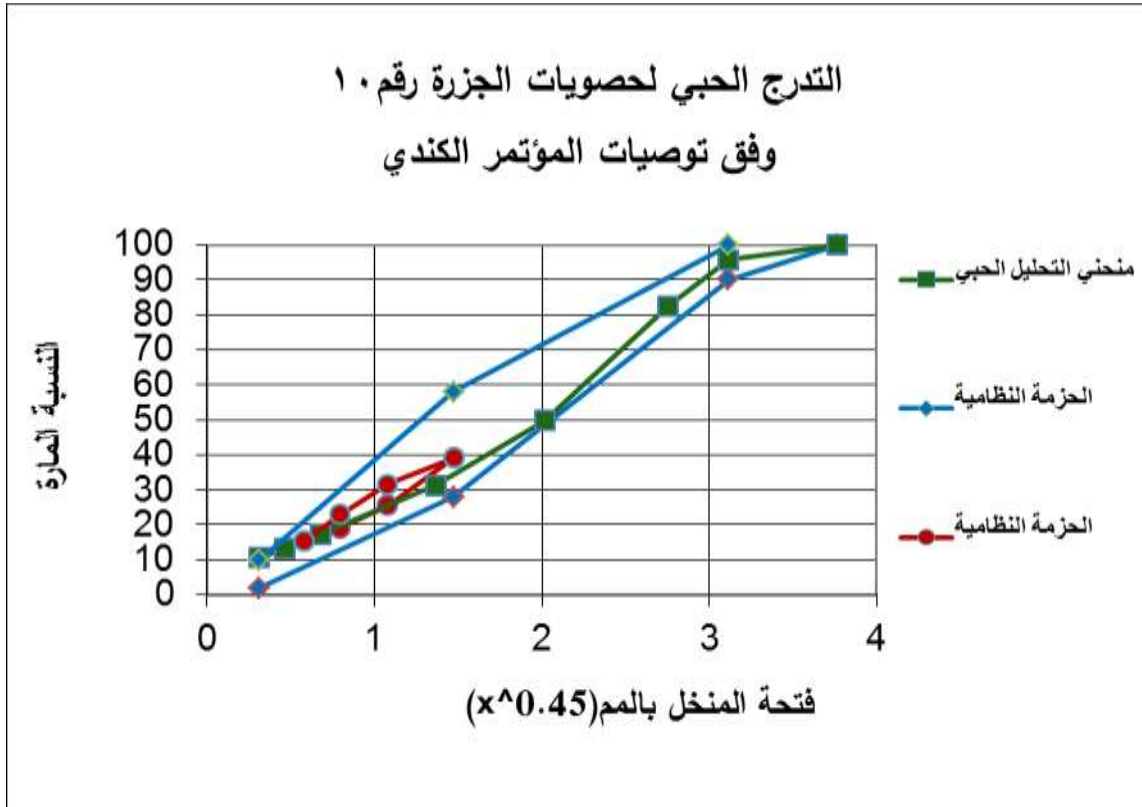
الشكل (6) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 1 وفق توصيات المؤتمر الكندي



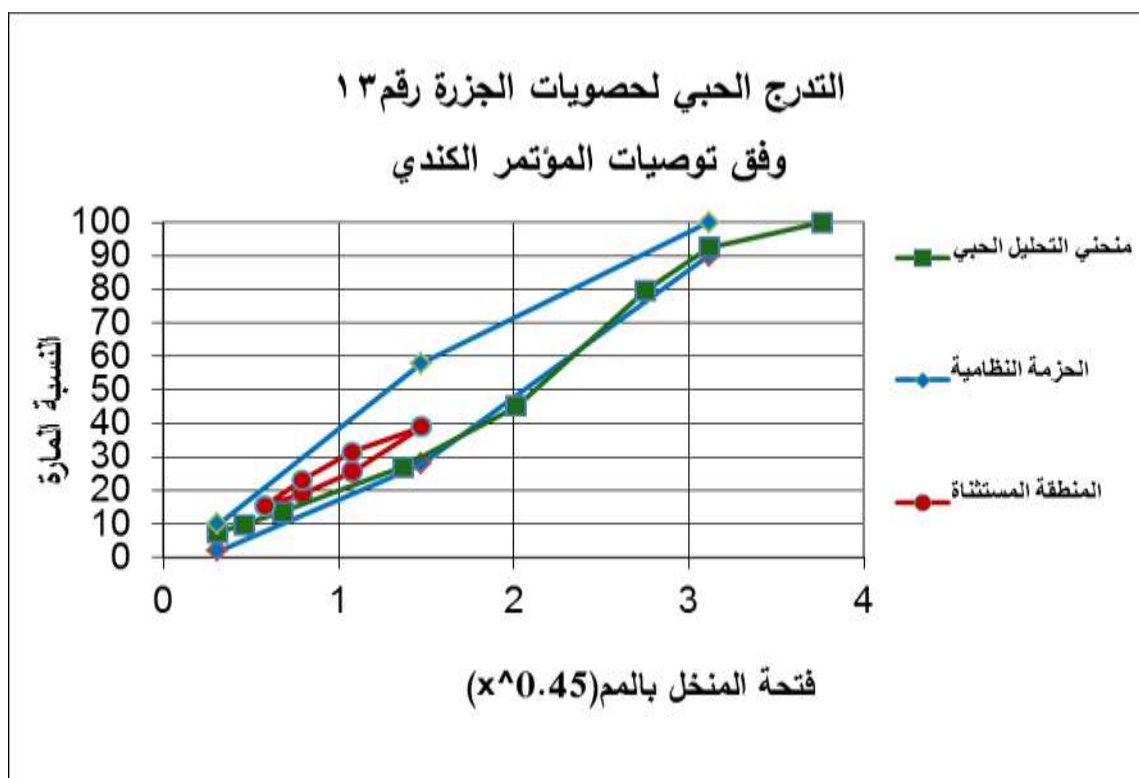
الشكل (7) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 4 وفق توصيات المؤتمر الكندي



الشكل (8) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 7 وفق توصيات المؤتمر الكندي



الشكل (9) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 10 وفق توصيات المؤتمر الكندي



الشكل (10) المنحني الحبي للحصويات المستخلصة من الجزيرة رقم 13 وفق توصيات المؤتمر الكندي

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

بناءً على النتائج المخبرية التي تم الحصول عليها للعينات المدروسة تم استنتاج مايلي:

◊ تظهر القياسات الأولية لأبعاد الجزرات الموضحة في الجدول (1) تفاوتاً في السماكة بين الجزرتين المتتاليتين 1,4 والجزرتين المتتاليتين 7,10 المأخوذة في مناطق التموج، ويدل هذا الفرق في السماكة على هروب لطبقة المجدول الإسفلتي من منطقة التفرع إلى منطقة التحذب و هو ما نتج عنه تموج طبقة الإهتراء في هذه المنطقة وتموجها، و كزيادة في التأكيد و عند معاينة السطح السفلي للجزرات تبين أن سطحها أفقي و أملس مما يدل على أن التموج لا يعود إلى تشوهات في طبقة الأساس و إنما إلى طبقة المجدول الإسفلتي ذاتها (طبقة الإهتراء الجديدة المنفذة في هذه المنطقة).

◊ تراوحت نسبة البيتومين بين 6,14 و 6,95% مع العلم بأن النسبة المثلى المحسوبة من تجربة مارشال لتصميم الخلطة كانت 6,5% . تم تجاوز هذه النسبة بشكل طفيف في ثلاث جزرات من الجزرات المأخوذة . و مما تجدر ملاحظته هنا أن أقرب قيمة لنسب البيتون من القيمة المثلى المحسوبة كانت للجزرة رقم 1 ضمن منطقة التموج حيث بلغت نسبة البيتومين 6,45% وبالتالي كان من الضروري البحث عن سبب آخر لظاهرة التموج.

◊ تقع أغلب منحنيات التدرج الحبي اللوغاريتمية ضمن الحزمة التي تحددها مواصفات الـ AASHTO-T11, AASHTO-T27 لطبقتي السطح البيتومينية والأساس البيتومينية مع خروج طفيف لبعض المنحنيات عن حد

الحزمة بما لا يؤثر على قبول التدرج الحبي ضمن الخلطة و هذا ما يدل على أن الخلطة من حيث تدرجها الحبي كانت مقبولة وفق المواصفات المذكورة، لكن عند تطبيق توصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال لوحظ اقتراب أو مرور منحنى التدرج الحبي من المنطقة المستثناة في نتائج الجزرات المأخوذة من منطقة التموج وهذا لعب دوراً رئيسياً في ظهور عدم الاستوائية والتموج على سطح الرصف، مما يؤكد أن الخطوة الرئيسية لملاقاة معايير الرصف الحديث يجب أن تكون مزيجاً من التدرج الحبي المعدل وفق توصيات المؤتمر الكندي وجودة المواد بحيث تنتج خلائط بيتوميئية ذات أداء أفضل.

التوصيات:

اعتماداً على الاستنتاجات السابقة نوصي بما يلي:

◆ استبدال مناطق عدم الاستوائية والتموج عن طريق قشط ما تم تنفيذه مع مراعاة الحصول على سطح خشن نظيف، جاف و خالي من الغبار بعد القشط و استبدال الطبقة المقشوة بطبقة سليمة تطابق من حيث التدرج توصيات المؤتمر الكندي، واستبدال أو مزج مصادر الحبوبيات في حال عدم تحقيقها للاشتراطات المعدلة وفق توصيات المؤتمر الكندي قبل التنفيذ.

◆ التقيد بتوصيات المؤتمر الكندي لمعايرة التصميم بطريقة مارشال واعتمادها لدى الجهات الحكومية لتفادي ظهور التموج وعدم الاستوائية على سطح الطريق، ولا سيما أن الحزم النظامية التي يشترطها لا تفرق بين طبقة الأساس البيتوميئية وطبقة السطح العليا البيتوميئية ويتم التمييز فقط حسب القطر الأعظمي لحبوبيات الخلطة البيتوميئية مع وجود اشتراطات للمنطقة المستثناة، وبالتالي فهي تفرض شروطاً أكثر دقة وتشدداً للوصول إلى أفضل النتائج على الطرق من حيث الجودة والراحة والأمان .

المراجع:

- [1] د. د. عاصي، مروان. الطرق (2) تصميم طبقات الرصف . منشورات جامعة حلب، 1991.
- [2] د. د. الحلبي، عبد الكريم. دليل الأساليب الحديثة لتصميم وإنشاء الطرق (الجزء الثاني- التصميم الإنشائي وأعمال التربة). منشورات جامعة حلب، 2003.
- [3] Annual conference of The Transportation Association of Canada, st. Johns New Foundland, 2003.
- [4] KAY, R. *Pavement Surface Condition Rating Manual*. Northwest Pavement Management Systems Users Group, Washington State Department of Transportation, March 1992.
- [5] KANDAL, P. S; COOLEY, L. A; JR. *The Restricted Zone in The Super Pave Aggregate Gradation Specification*. NCHRP-REPORT 464,2001 .
- [6] KIM, Y. *Restricted Zone Requirements for Superpave Mixes Made with Local Aggregate Sources*. Nebraska Department of Roads, March 2006.
- [7] GOLAIPOUR, A; JAMSHIDI, E; NIAZI, Y; AFSHARIKIA, Z; KHADEM, M. *Effect of Aggregate Gradation on Rutting of Asphalt Pavements*. Procedia Social and Behavioral sciences, 53(2012) 440-449.
- [8] AL-KHATEEB. G, G; GHUZLAN. A, K; AL-BARQAWI. O, M. *Effect of Superpave Restricted Zone on Volumetric and Compaction Properties of Asphalt Mixtures* . International Journal of Pavement Research and Technology, March 2017.