

Syrian Arab Republic

Ministry of Transportation



الجمهورية العربية السورية

وزارة النقل

التقييم الميداني لاستثمار الحصىات البازلتية في طبقات التغطية الإسفلتية المنطقة  
الجنوبية من سورية

الدكتور المهندس أيسر نجد

معاون مدير البحوث الطرقية و المختبرات

المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية - وزارة النقل

[Aysar2023@gmail.com](mailto:Aysar2023@gmail.com), tel: 0944634920

**Field test to Evaluate the performance of Basaltic Aggregates  
asphalt mixtures in the Southern Region of Syria**

**Dr. Aysar Najd**

**Deputy Director of roads Lab & researches, Public Establishments  
of roads communications, Ministry of transport**

[Aysar2023@gmail.com](mailto:Aysar2023@gmail.com), tel: 0944634920

**مستخلص البحث**

يقدم البحث دراسة تطبيقية لطبقات التغطية الإسفلتية المكونة من الحصىات البازلتية المستخدمة في الخلطات الإسفلتية بغية استثمار الحجر البازلتي في المنطقة الجنوبية من سورية، فعلى الرغم من الاحتياطي الهائل من هذه الثروة الوطنية فما زال استخدامها في مجال الطرق محدوداً لاعتبارات فنية واقتصادية.



تم القيام بتجربة ميدانية على طريق دمشق- السويداء بطول إجمالي بلغ / ١كم/ من خلال تنفيذ أربعة مقاطع تجريبية حيث يبلغ طول كل مقطع / ٢٥٠م/ بشكل متتابع على كامل عرض الطريق باستخدام خلطات إسفلتية متباينة التركيب الحبي، وقد استخدم في تكوينها كل من الحجر البازلتي والحجر الكلسي وفق نسب محددة، وذلك بهدف إخضاع هذه التراكيب لنفس الشروط المناخية والأحمال المرورية.

تمت مراقبة هذه المقاطع لمدة عامين كاملين أجريت خلالها تجارب حقلية و مخبرية ومسح بصري دوري وقد دلت النتائج إلى أن استخدام الحجر البازلتي في الخلطات الإسفلتية يرفع من الأداء الاستثماري لطبقات التغطية الإسفلتية وخاصة عامل الاحتكاك والخشونة السطحية ومقاومة التآكل، كما أثبتت النتائج أن استخدام الإضافات (مواد كلسية) يعمل على تحسين خواص الخلطات الإسفلتية البازلتية ولا يوجد دلائل على حدوث الانسلاخ .  
**كلمات مفتاحية:** بازلت، خلطات إسفلتية، رصف، تجارب طرقية حقلية.

### Abstract

Although there are massive reserves of basaltic rocks In Syria, especially in southern region; up to date, Using basalt in asphalt mixtures is still very limit due to economic and technical difficulties.

Four trial sections were paved with basaltic and lime stone aggregates asphalt mixtures wearing courses / ٢٥٠/m long each. These road trial sections were subjected to ٢-years of observation to evaluate the real behavior of asphalt mixtures composed of deferent percentages of basaltic aggregates subjected to the same weather and traffic loads conditions.

The results indicate that the composite (basalt +lime stone) aggregates gives better results than basaltic aggregates alone or lime stone alone .



Using basaltic aggregates with lime filler gives a good technical results. there are no evidence of stripping occurrence in field observation. The performance indicators of basaltic mixtures was obviously improved comparing to lime stone asphalt mixtures specially, skid and rutting resistance

**Key words: basalt , lime stone , asphalt mixtures , road trial test.**

#### مقدمة

١. تشرف المؤسسة العامة للمواصلات الطرقيّة على شبكة من الطرق المركزيّة يزيد طولها عن /٨٦٠٠/ كم منها /١٢٥٠/ كم طرق مفصولة الحركة للذهاب والإياب (أوتوستراد)، أما المنطقة الجنوبيّة فهي تمتلك شبكة من الطرق المركزيّة يبلغ طولها /٦٨٣/ كم موزعة كما يلي:

- ٣٠٥ كم في محافظة درعا.
- ٢٩٥ كم في محافظة السويداء.
- ٨٧ كم في محافظة القنيطرة.
- كما تمتلك شبكة كبيرة من الطرق الخدمية تتبع في إنشائها وصيانتها للإدارة المحليّة في المحافظات الثلاث.

٢. تشكل الصخور البازلتية في المنطقة الجنوبيّة عموماً وفي محافظة السويداء على وجه الخصوص مورداً كبيراً وثروة وطنية هامة لم تستثمر بالشكل الأمثل حتى الآن، فمع وجود احتياطي هائل يقدر بمليارات الأمتار المكعبة من المواد القابلة للاستثمار، فإن استخدام هذه الثروة في مجال الطرق ما زال محدوداً لاعتبارات فنية واقتصادية معاً، وبالتالي يتم نقل الحصويات من مقالع قرب العاصمة دمشق إلى محافظة السويداء ولمسافة وسطية تبلغ /١٥٠/ كم مما يشكل عبئاً اقتصادياً على خزينة الدولة، إضافة إلى الأضرار البيئية المتمثلة باستنزاف الجبال المحيطة بالعاصمة، في حين أنه ينتج عن عملية الاستصلاح الزراعي في محافظة السويداء مئات آلاف الأمتار المكعبة سنوياً من الأحجار القابلة للاستثمار،



وبالتالي توفير مساحات قابلة للزراعة، كما أن تكاليف النقل واستهلاك الوقود واهتلاك المركبات إضافة إلى التخرب السريع للشبكة الطرقية ووقوع بعض الحوادث المرورية من جراء نقل هذه الكميات الهائلة من الإحضارات، كل هذه من العوامل دفعتنا لمواجهة هذه المشكلة من خلال البحث العلمي الموضوعي.

### العمل المخبري

يتمتع الحجر البازلتي بقساوة عالية ووزن نوعي كبير إضافة إلى مقاومته للاهتراء. ويوضح الجدول التالي بعض الخواص الفيزيائية التي تم تحديدها مخبرياً للحجر البازلتي المستخدم مقارنة مع الحجر الكلسي.

جدول ١/ خواص الحصويات البازلتية المستخدمة مقارنة مع الحصويات الكلسية الدولوميتية

الخصائص البازلتية	الخصائص الكلسية	
٣.٠١	٢.٧٥	الوزن النوعي ( الكثافة الظاهرية) g/cm <sup>3</sup>
٤	١.٥	المسامية %
٢٣	٢٨	نسبة الفاقد بالاهتراء (los angeles) %
٥٢	٥٠	المكافئ الرملي
متوسطة	عالية	مقاومة الانسلاخ (عن البيتومين)
٤	٢	نسبة الترقق
٤٤	٤٠	نسبة الاستطالة %
١.٧	-	نسبة الشوائب %

- تم انتقاء أربعة تصاميم من مجموع الخلطات التي تمت دراستها في المخبر المركزي في المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية والبالغة ١٤/ خلطة، حيث تم التصميم



وفق طريقة مارشال لطبقة اهتراء صنف-A وفق الشروط والمواصفات العامة لإعمال الطرق والجسور الصادر عن وزارة المواصلات سابقاً لعام ٢٠٠٢م. هذه الخلطات الأربعة تمثل تراكيب حبيبة متباينة. إن الهدف من هذه الخلطات هو تحديد نسبة الخلط المثلى للحجر البازلتى مع الحجر الكلسي ودراسة سلوك هذه الخلطات على أرض الواقع وهي كالتالي:

- (١) خلطة اهتراء كلسية<sup>١</sup>: وهي خلطة معيارية للمقارنة.
- (٢) خلطة مركبة ذات حصويات بازلتية و رمل كلسي.
- (٣) خلطة بازلتية مع ترميم الرمل البازلتى المستخدم بالرمل الكلسي.
- (٤) خلطة بازلتية مع استخدام بودرة كلسية.

#### العمل الميداني

- تم تنفيذ مقاطع تجريبية على طريق عام السويداء-دمشق بدءاً من معبر قرية المتونة باتجاه دمشق. تم تقسيم المقطع الذي يبلغ طوله ١/كم إلى أربعة أقسام، طول كل قسم ٢٥٠/م بحيث يتم تنفيذ كل قسم بتركيب محدد من الحصويات، وذلك بقصد إخضاع هذه التراكيب إلى نفس الشروط التنفيذية والتشغيلية وإجراء المقارنة الفنية فيما بينها وفق أسس معلومة ومتغيرات محددة.

(٥) إن اختيار المقطع التجريبي تم بناء على مقارنة بين عدة بدائل للموقع وتم اختيار المقطع الحالي باعتباره يحقق الشروط التالية:

١. الغزارات المرورية العالية.
٢. التحقق من سلامة طبقات الرصف الدنيا حيث إن الاختبار يتم على طبقة التغطية السطحية فقط مما يحتم العمل على طبقات تأسيسية جيدة لتحديد المتغيرات الأخرى التي قد تؤثر على صحة تقييم النتائج.

ويوضح الشكل-١ توزع هذه الأقسام ضمن المقطع المدروس:

<sup>١١</sup> أينما وردت كلمة كلسي تعني كلسي دولوميتي.

Syrian Arab Republic

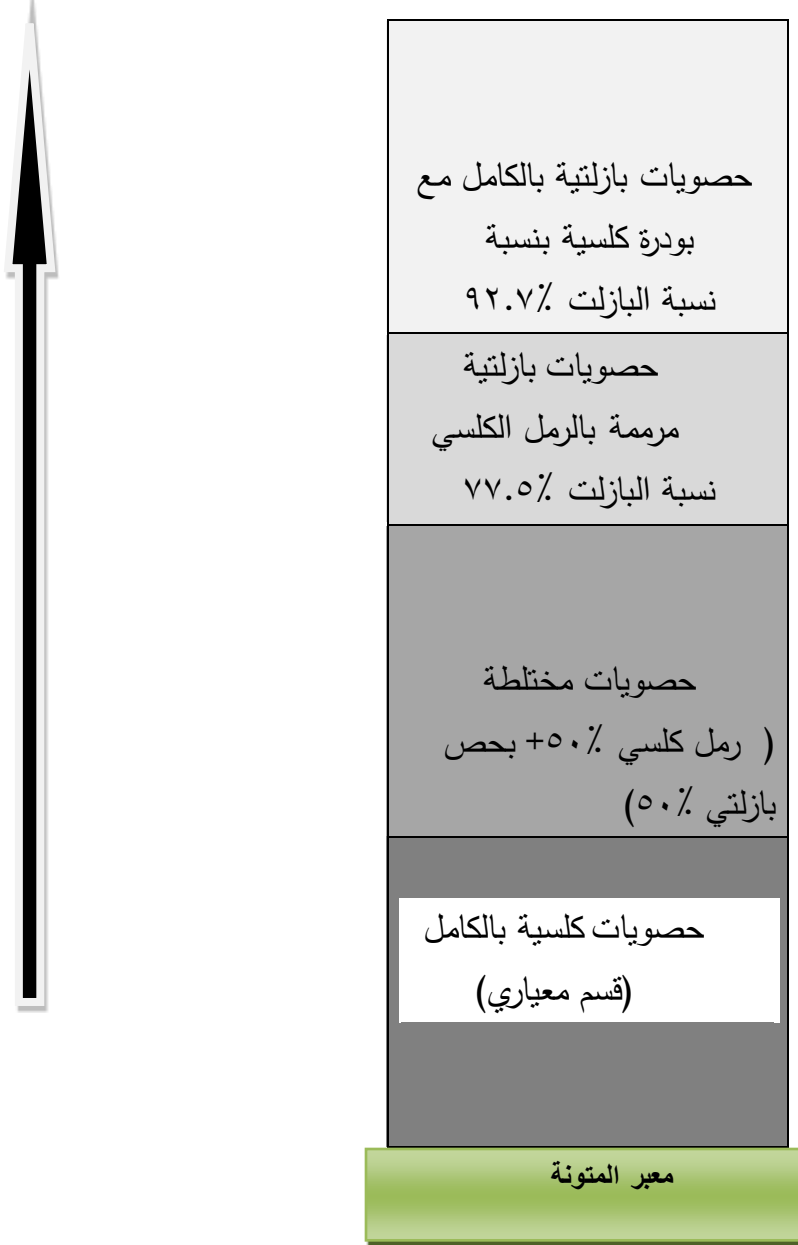
Ministry of Transportation



الجمهورية العربية السورية

وزارة النقل

دمشق



السويداء

الشكل ١ - التراكيب المنفذة في المقطع التجريبي



## تقييم المقاطع التجريبية المنفذة

- تم الاعتماد في تقييم المقاطع التجريبية المنفذة على تحليل الواقع المنفذ وفق برنامج زمني ومنهجية واضحة في استخلاص النتائج، حيث تم القيام بمسح وتقييم بصري وقياسات سطحية واختبارات مخبرية وحقلية:
- إن واقع التنفيذ لطبقات التغطية قد يطرأ عليه تعديلات تجعله يختلف قليلاً عن التصميم المخبري للخطات الإسفلتية، إلا أن هذا الاختلاف أو التعديل يجب أن لا يتجاوز قيماً محددة، و إلا يجب أن يعاد التصميم من جديد وفيما يلي نتائج التحليل المخبري لجزرات إسفلتية مأخوذة بشكل إحصائي بعد التنفيذ مباشرة
- الجدول ٢- خواص الخلطة الإسفلتية الكلسية المعيارية عند نسبة البيتومين الأصولية

الخواص التنفيذية	الخواص التصميمية	
٥.١٨%	٥.٠%	نسبة البيتومين
٢.٥	٢.٤٤٢	كثافة مارشال التصميمية غ/سم <sup>٣</sup>
١٦٨٠	١٥٠٠	الثبات كغ
٣.٥%	٣%	الفراغات الهوائية
٨٤	٨٠	نسبة الملائنة %
١٥	١٤.٤%	الفراغات في الحصويات المنيرالية
٢.٨	٣.٢%	السيلان



الجدول ٣- خواص الخلطة الإسفلتية المركبة ( ٥٠% حصويات خشنة بازلت) عند نسبة البيتومين الأصولية

الخواص التنفيذية	الخواص التصميمية	
٥.١٥%	٥.١%	نسبة البيتومين
٢.٤٧٠	٢.٤٤٢	كثافة مارشال التصميمية غ/سم <sup>٣</sup>
١٦٨٠	١٨٧٠	الثبات كغ
٤.١	٤.٥ %	الفراغات الهوائية
٧٨%	٨٠	نسبة الملائة
١٦%	١٤.٤%	الفراغات في الحصويات المنيرالية
٢.٧	٣.٢%	السيلان

الجدول ٤- خواص الخلطة البازلتية المرممة عند نسبة البيتومين الأصولية

الخواص التنفيذية	الخواص التصميمية	
٥.٣ %	٥.٥	نسبة البيتومين
٢.٣٦٥	٢.٤٤٥	كثافة مارشال التصميمية غ/سم <sup>٣</sup>
١٩٨٨	١٩٧٠	الثبات كغ
٦.١%	٥	الفراغات الهوائية
٥٩	٧٢	نسبة الملائة
٢٠	١٨.١	الفراغات في الحصويات المينرالية
٣	٤	السيلان





الجدول ٥- خواص الخلطة البازلتية مع البودرة الكلسية عند نسبة البيتومين الأصولية

الخواص التنفيذية	الخواص التصميمية	
٥.٣٥%	٥.٥	نسبة البيتومين
٢.٤٢٤	٢.٣٨٥	كثافة مارشال التصميمية غ/سم <sup>٣</sup>
١٧٩٨	١٨٠٠	الثبات كغ
٧.١	٧	الفراغات الهوائية %
٥٩	٦٥	نسبة الملائة
٢٠	٢١	الفراغات في الحصويات المنيرالية
٣	٤.٢	السيلان

الجدول ٦ خواص الخلطات الإسفلتية حسب نسبة البازلت

نسبة البازلت من الحصويات	كلسي %	٥٠%	٧٧.٥%	٩٢.٧
نسبة البيتومين %	٥.٠	٥.١	٥.٥	٥.٥
كثافة مارشال التصميمية غ/سم <sup>٣</sup>	٢.٤٤٢	٢.٤٤٢	٢.٤٤٥	٢.٣٨٥
الثبات كغ	١٥٠٠	١٨٧٠	١٩٧٠	١٨٠٠
الفراغات الهوائية %	٣	٤.٥	٥	٧.١
نسبة الملائة %	٨٠	٧٣	٧٢	٦٥
الفراغات في الحصويات المنيرالية %	١٤.٤%	١٦.٧	١٨.١	٢١
السيلان مم	٣.٢%	٣.٥	٤	٤.٢
Dust to bitumen ratio	١	١.١٧	١.١٨	١.٢



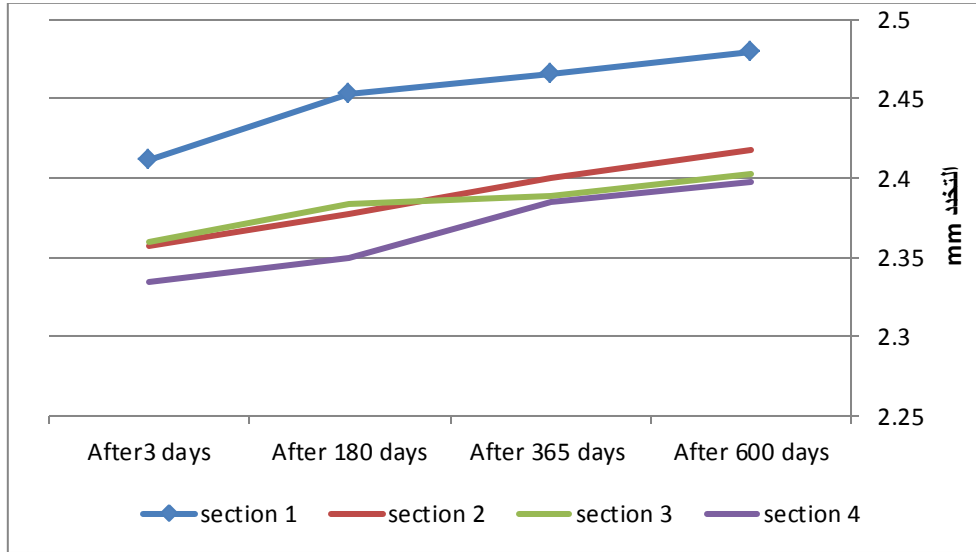
- تم القيام برصد التغيرات الحاصلة مع الزمن لطبقات التغطية الإسفلتية المنفذة في المقاطع الأربعة وذلك من خلال القيام بتجارب ميدانية ومخبرية شملت المواضيع التالية:
  - تغيرات بنوية ( الكثافة )
  - الكثافة.
  - الثبات.
  - تغيرات سطحية
  - الاستوائية .
  - خشونة السطحية.
- المقاطع المدروسة هي:

- المقطع الأول :خطة اهتراء كلسية<sup>٢</sup> : وهي خطة معيارية للمقارنة.
- المقطع الثاني: خطة مركبة ذات حصويات بازلتية و رمل كلسي.
- المقطع الثالث: خطة بازلتية مع ترميم الرمل البازلتي المستخدم بالرمل الكلسي.
- المقطع الرابع : خطة بازلتية مع استخدام بودرة كلسية.
- وفيما يلي الخطوط البيانية للتغيرات الحاصلة على أرض الواقع للمقاطع الأربعة المدروسة وهي:

#### - الكثافة Density :

توضح الخطوط البيانية في الشكل ٢- قيم الكثافة النسبية لجزرات مأخوذة من الطبقة السطحية المنفذة لكل مقطع وفق مبدأ إحصائي، وكما نلاحظ فإن الكثافة النسبية للمقطع الكلسي المعياري هي الأعلى وذلك لكون الخلطات الإسفلتية التي استخدم فيها البازلت تحتوي على فراغات هوائية أكبر ناجمة عن ارتفاع مسامية الصخور البازلتية المستخدمة في الدراسة. هناك عامل آخر لعب دوراً مهماً في شكل سلوك الخلطات من حيث الكثافة مع الزمن وهو قساوة الحجر البازلتي ومقاومته للحمولات المرورية مما قلل من تكسر هذه الحصويات و انضغاطها مع الزمن.

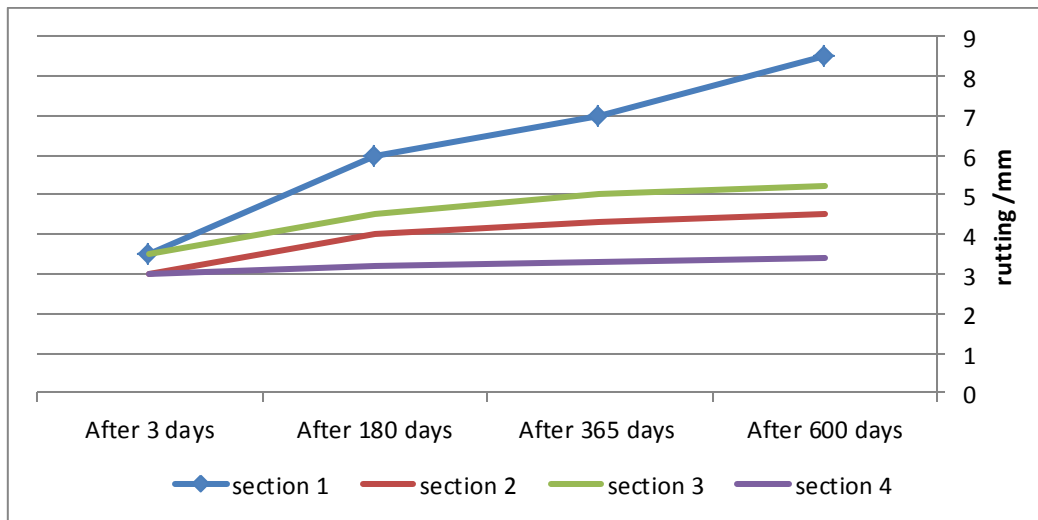
<sup>٢٢</sup> أينما وردت كلمة كلسي تعني كلسي دولوميتي.



الشكل ٢- مخطط بياني يبين تغيرات الكثافة مع الزمن للمقاطع الأربعة

### - التخذ Rutting:

يوضح الشكل ٣- سلوك سطح الطريق في المقاطع التجريبية الأربعة بما يتعلق بالتخذ حيث نرى تغيرات التخذ مع الزمن لفترة زمنية طويلة نسبياً، ومن خلال الخطوط البيانية نرى أن استخدام الحصويات البازلتية قد رفع من مقاومة طبقة الاهتراء السطحية للتخذ مقارنة مع المقطع الكلسي المعياري، وقد أبدى المقطع الرابع (حصويات بازلتية + بودرة كلسية) مقاومة أفضل للتخذ حيث نلاحظ أن نسبة التغير كانت أبطأ وبالتالي الحصول على ديمومة أكبر.

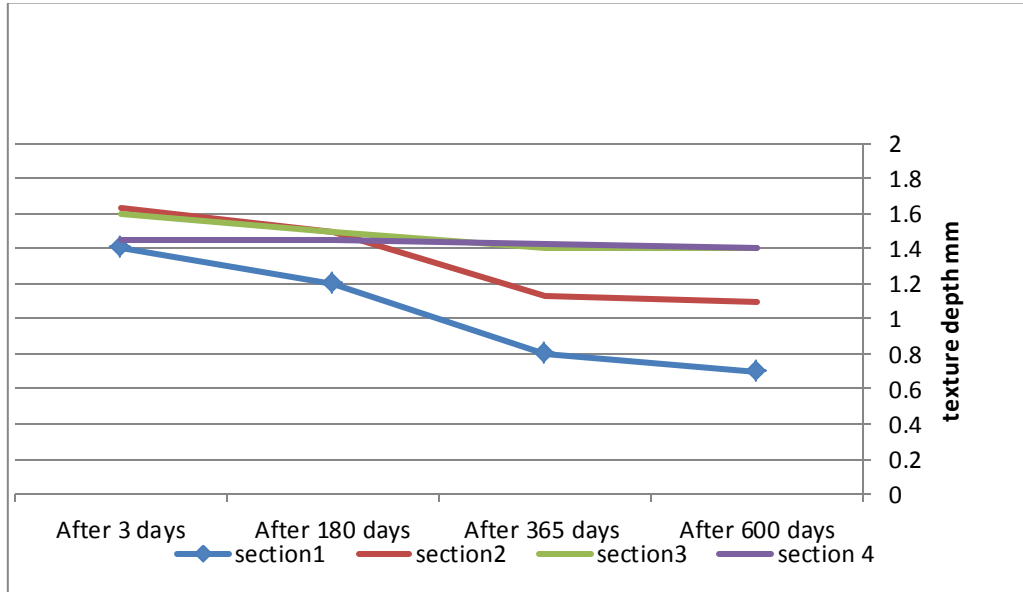


الشكل ٣- مخطط بياني يبين تغيرات قيم التخذ مع الزمن للمقاطع الأربعة



### الخشونة السطحية و مقاومة الانزلاق friction and skid resistance

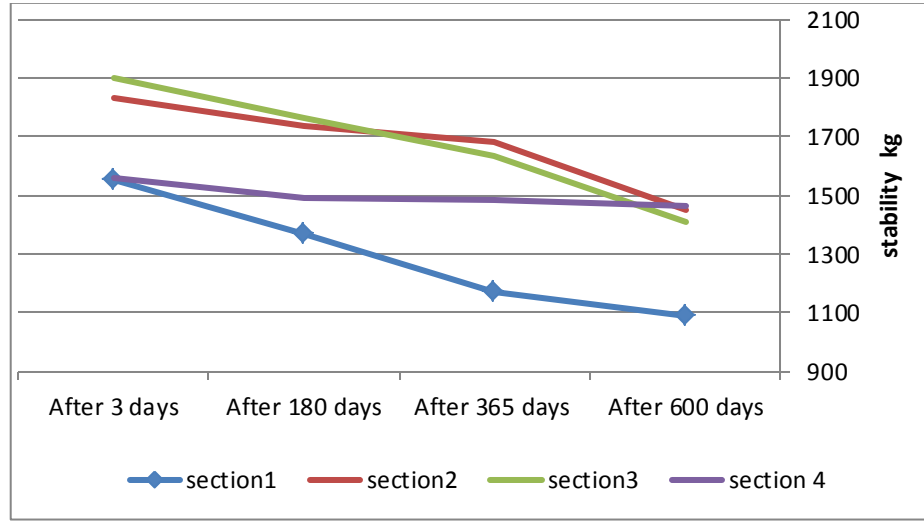
تم قياس خشونة سطح الطريق باستخدام طريقة البقعة الرملية وأعطت المقاطع التجريبية مقاومة أكبر للمقل بفعل الأحمال المرورية وخاصة المقطعين الثالث والرابع.



الشكل ٤- مخطط بياني يبين تغيرات قيم الخشونة السطحية مع الزمن للمقاطع الأربعة

### الثبات Stability

من الشكل ٤- نرى أن ثبات العينات المختبرة للمقطع الرابع (حصويات بازلتية + بودرة كلسية\_ وفق طريقة مارشال) لم ينخفض بنفس النسبة التي انخفض فيها الثبات للمقاطع الأخرى مما يشكل عاملاً إيجابياً لصالح استخدام الحصويات البازلتية بالكامل.

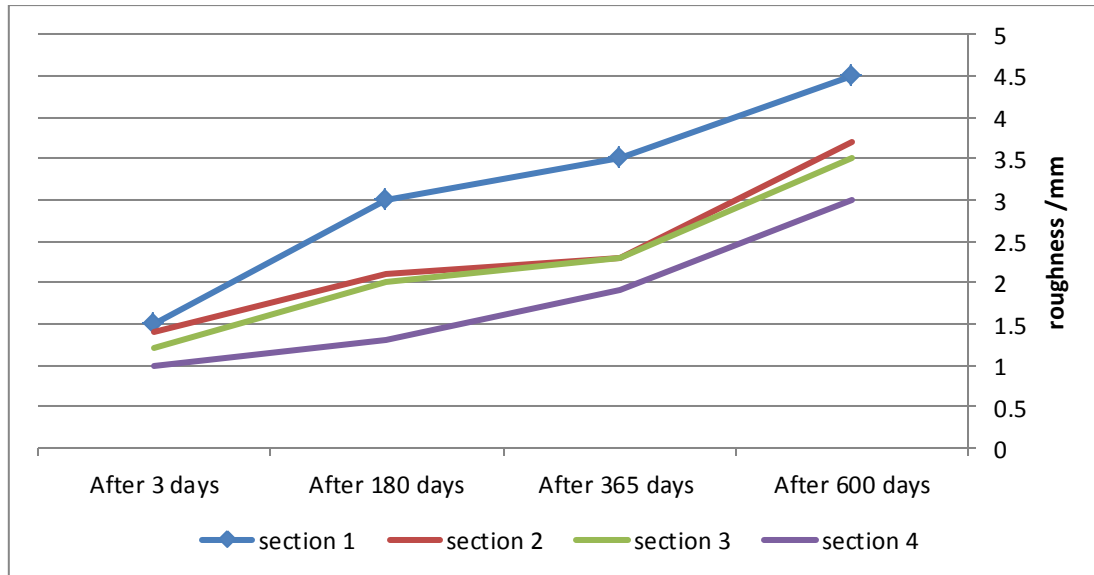


الشكل ٥- مخطط بياني يبين تغيرات قيم الثبات مع الزمن للمقاطع الأربعة

### الاستوائية (أو الوعورة) Roughness

تم قياس الاستوائية باستخدام قدة معدنية بطول ٤/٤م وبتغليف كامل لسطح الطريق.

الخطوط البيانية تظهر تأثير الحصويات البازلتية على قيم الاستوائية



الشكل ٦- مخطط بياني يبين تغيرات قيم الاستوائية مع الزمن للمقاطع الأربعة



### النتائج:

(١) نظراً لطبيعة البحث فإن النتائج الفعلية لا يمكن تقييمها قبل انقضاء العمر التصميمي لطبقات التغطية المقدر بخمس سنوات، إلا أنه وبلاستناد إلى التجارب الميدانية التي أجريت والمراقبة المستمرة لمدة تزيد عن العامين، بعد انقضاء هذه الفترة الزمنية على التنفيذ لم تظهر أية مؤشرات تدل على عيوب تعيق استثمار الحجر البازلتي واستخدامه في طبقات التغطية الإسفلتية.

(٢) نجمل فيما يلي أهم النتائج التي تم الحصول عليها:

### النتائج الفنية للبحث:

- ١- خلصت الدراسة الفنية إلى أنه يمكن استخدام الحجر البازلتي في أعمال التغطية الإسفلتية وفق نسب واشتراطات محددة يتم إصدارها على ضوء هذا البحث.
- ٢- استخدام البازلت دون أي إضافات من مواد أخرى لا يحقق متطلبات و خواص البيتون الإسفلتي بشكل مناسب، وعلى الرغم من كون الصخور الاندفاعية في المحافظة قلبية في الغالب مما يسهل استخدامها في الخلطات الإسفلتية- إلا أنه ونتيجة التجارب فإن استخدام الإضافات يحسن من خواص الخلطات الإسفلتية ذات الحصويات البازلتية.
- ٣- يوجد احتياطي هائل من الحجر البازلتي القابل للاستخدام في مختلف أعمال إنشاء الطرق
- ٤- نتيجة القياسات الميدانية والتحليل المخبرية يمكن إيراد النتائج العلمية التالية:
  - أ. تعمل الحصويات البازلتية على تحسين خواص البيتون الإسفلتي الأربع من متانة ومرونة و ديمومة ومقاومة الانزلاق.
  - ب. تزيد الحصويات البازلتية من ثبات الخلطات.



iii. تزيد الحصويات البازلتية من مقاومة سطح الطريق لظاهرة التحدد أو التشوه اللدن نتيجة قوى الاحتكاك الداخلي العالية ومقاومتها للإجهادات القاصة الناتجة عن الأحمال المرورية.

iv. أثبتت القياسات أن الخشونة السطحية (micro texture) أعلى من مثيلتها في الأحجار الكلسية والدولوميتية مما ينتج عنه مقاومة أكبر للانزلاق وبالتالي تقليل الحوادث المرورية بشكل ملموس.

v. نتيجة البنية الهيكلية المتينة ومقاومة الاهتراء العالية والقدرة على استيعاب نسبة أكبر من الرابط الإسفلتي فإن خاصية المرونة تزداد وبالتالي فإن مقاومة التشقق لطبقة التغطية الإسفلتية ذات الحصويات البازلتية تكون أكبر.

خلص الباحث إلى عدد من التوصيات الهامة التي يمكن من خلالها متابعة البحث والعمل على تطوير استثمار هذه المواد المحلية الهامة:

- العمل على إصدار مواصفة خاصة باستخدام الحجر البازلتي في طبقات التغطية الإسفلتية تلحظ الجانب الاستثماري .
- دراسة واقع الكسارات المنتجة للحصويات البازلتية والتعرف على أفضل سبل الحصول على منتجات مطابقة للمواصفات وإعادة انتشارها بما يخدم نتائج البحث.
- متابعة الأبحاث ذات الصلة بالحصويات البازلتية لاستخدامها في كافة أعمال إنشاء الطرق من طبقات أساس إسفلتي وطبقات الأساس وما تحت الأساس.
- القيام بدراسة جدوى اقتصادية متكاملة تتوافر فيها المعطيات المالية بشكل يسمح بحساب العائد غير المنظور ولفترات زمنية طويلة.

Syrian Arab Republic

Ministry of Transportation



الجمهورية العربية السورية

وزارة النقل

## references المراجع

العربية:

١- أيسر نجد، الدليل العملي في تصميم الخلطات الإسفلتية، (٢٠١٣) المؤسسة العامة

للمواصلات الطرقيّة.

٢- الشروط و المواصفات الفنية العامة لأعمال الطرق و الجسور الصادر عن وزارة

المواصلات سابقا لعام ٢٠٠٢م.

الأجنبية:

[١] Ibrahim A et al, use of basalt in asphalt concrete mixes, Constr Build Mater (٢٠٠٧), doi:١٠.١٠١٦/j.conbuildmat.٢٠٠٧.١٠٠.٢٦

[٢] Naji J , Improving the Stripping Resistance of Local Hot Mix Asphalt

Containing Basalt Aggregate by the use of Cement, JST,(٢٠٠٨) vol(١٣), No(٢)

٣- Annual book of ASTM Standard ٢٠٠١, V ٤.٠٩

٤-公路工程沥青及沥青混合料试验规程, 中国, JTJ ٠.٥٢-٢٠٠٠