التقويم الوظيفي للأغطية الطرقية المرنة القائمة بهدف إعادة تأهيلها[1]

المهندس لؤي أكرم الخطيب[2] الدكتور المهندس محمد راتب سطاس[3]

الدكتور المهندس محمد بشار الحفار[4]

الملخص

إن تقويم الوضع الراهن للطريق ثم إعادة تأهيله سيؤدي إلى إطالة عمر خدمته والوصول به إلى وضع إنشائي ووظيفي صحيح.

في هذا البحث تم إعطاء معلومات عن مفهوم إعادة تأهيل الأغطية الطرقية، والعيوب التي تطرأ عليها وتوضيح أسبابها وطرائق معالجتها، كما تم ربط مفهوم استوائية الطريق وقابلية الخدمة الحالية. أما الجانب العملي فقد تمّت دراسة الوضع الراهن لأوتوستراد دمشق – الحدود الأردنية بالاتجاهين، وقياس الكميات الفيزيائية للعيوب الموجودة، وتحديد استوائية الطريق بواسطة جهاز قياس الاستوائية بهدف اتخاذ القرار المناسب لمدى الحاجة لإعادة التأهيل ووضع أولويات الأعمال المطلوبة.

[1] أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندس لؤي أكرم الخطيب بإشراف الأستاذ الدكتور محمد راتب سطاس ومشاركة الدكتور المهندس محمد بشار الحفار.

[2] قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[3] قسم هندسة النقل والمواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[4] قسم الإدارة الهندسية والإنشاء– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

مقدمة: Introduction

لقد تطور نظام رصف الطرق والشوارع بشكل مطرد عبر السنين لكي يلبي احتياجات المرور، ولكن هذا التطور لم يواكب الزيادة السريعة في عدد المركبات، نتج عن ذلك وجود عدد من الطرق القديمة تخدّم مركبات ذات حجم ووزن وسرعة تزيد على تلك التي تم تصميم طبقات الرصف لأجلها، الأمر الذي سبب ظهور العجز في الأغطية الطرقية والذي قد يكون وظيفياً أو إنشائياً، من ثَمَّ نلجأ لعمليات إعادة التأهيل والذي يعرّف بأنّه «جميع الأعمال التي يُشرع بها بغية إطالة عمر خدمة الطريق القائم من خلال إعادة فرش الطبقة السطحية أو الترميم أو القيام بالأعمال الأخرى الضرورية بما في ذلك الأكتاف الجانبية للوصول بالطريق إلى وضع إنشائي ووظيفي صحيح وقد يتضمن هذا العمل الإزالة الكاملة للغطاء وإعادة إنشائه»[1] .

وقد تم تقسيم الاستراتيجيات المنفذة في إعادة التأهيل إلى منحيين أساسيين:

أ- إعادة التأهيل دون استخدام طبقة تقوية (Other than Overlay).

ب- إعادة التأهيل باستخدام طبقة تقوية (With Overlay).

تختلف الأعمال الأساسية للتأهيل بشكل واضح عن أعمال الصيانة بمختلف أنواعها (عادية - روتينية - وقائية)، إذْ أنَّ الوظيفة الأساسية لأعمال الصيانة هي حفظ الغطاء الطرقي القائم ليتمكن من تحمل الحمولات المطبقة عليه، في حين تنفذ أعمال إعادة التأهيل بغية إطالة العمر الوظيفي له.

من ثَمَّ فإن هدف البحث هو وضع مقترحات أمام متخذي القرار لتحديد الحاجة لتأهيل الطريق، وأولويات الأعمال المطلوبة، من خلال مسح الوضع الراهن له وتقويمه وظيفياً ومن ثم إنشائياً عند الحاجة، وأخيراً نحدد هل هذا الطريق قادر على الخدمة الحالية أو الخدمة لفترة تصميمية معينة؟

2– عيوب الأغطية الطرقية Pavement Distresses:

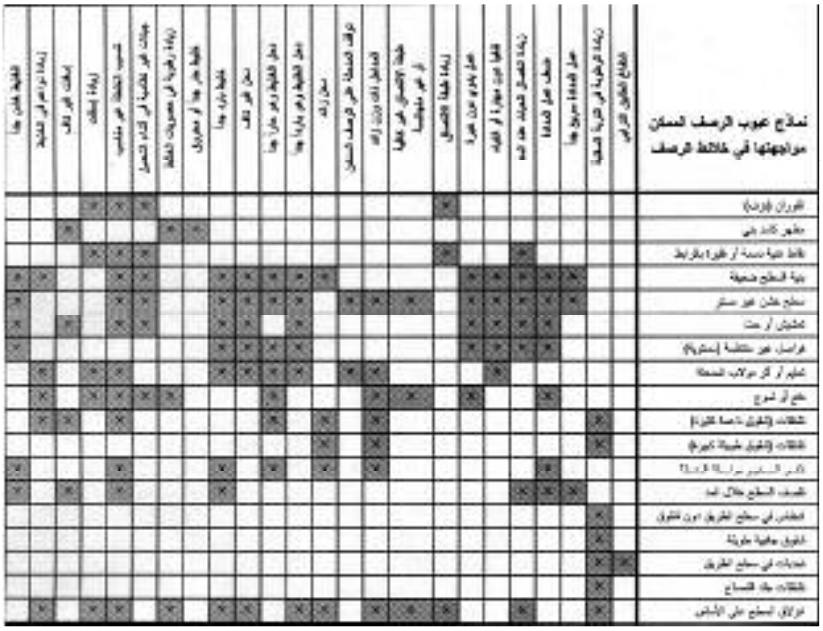
ويقصد بها عيوب الرصف المرئية أو التي يمكن حصرها، ولها علاقة بدورة حياة قطاع طبقة من طبقات الرصف أو الطريق، تحت تأثير الحمولات المرورية وعوامل المناخ. حيث يمكننا تمييز عيوب التقادم والتعرية والكلل بصرياً أو باستعمال التقانات الميكانيكية، وعلى نقيض ذلك فالعيوب المرتبطة بمواد الأساس والتصريف أو حالات أخرى تصنف ضمن العيوب غير المرئية، وهي خارج نطاق هذا البحث.

ومن خلال الإطلاع على بيانات ونتائج الاختبارات في مخابر الطرق المختلفة والعائدة لوزارة الزراعة والمؤسسة العامة للمواصلات الطرقية وجامعة دمشق وبعد القيام بمسح تقويمي لطرق عامة مختلفة، وذلك بأخذ عينات عشوائية من مناطق الخلل، وإجراء بعض التجارب عليها، كتحديد نسبة البيتومين والتدرج الحبي، وكذلك بسؤال القائمين والمشرفين على سير العمل في أثناء التنفيذ، تبين لدينا وجود أسباب محتملة لظهور عيوب في الرصف أو مساعدة على حدوثها، وذلك ضمن ظروف الاستثمار المحلي لشبكة الطرق العامة في الجمهورية العربية السورية.

والجدول (1) يبين هذه النماذج والأسباب التي أدَّت إلى ظهورها نتيجة أخطاء تكنولوجية في أثناء التنفيذ أو عدم مطابقة خلائط الإسفلت للشروط والمواصفات المطلوبة.

أما الجدول (2) فيوضح العلاقة بين نماذج العيوب والأسباب التي آلت إليها نتيجة العوامل الخارجية.

إن الغرض الأساسي من معرفة سبب تخرب الأغطية الطرقية هو إيجاد قاعدة بيانات نتمكن اعتماداً عليها من تبني الخيارات المناسبة لصيانة الطرق القائمة أو تأهيلها، أو عدم تكرارها مستقبلاً ومنع حدوثها عند تصميم الطرق الجديدة.



جدول –1– نماذج عيوب الرصف حسب شروط الإنشاء والاستثمار المحلية

نماذج العيوب	السبب الرئيسي لحدوثه	
	حمولة المرور	المناخ ومواد البناء
1- تشققات جلد التمساح أو تشققات ناجمة عن تعب الغطاء (الكلل).	×	
2- الفوران (النزف) Bleeding.		×
3- التشققات الشبكية.		×
4- التموج.		×
5- الانخفاس.		×
6- التشققات الانعكاسية.		×
7- ارتفاع الكتف أو هبوطه.		×
8- انفصال الكتف عن الطريق.		×
9- التشققات الطولية أو العرضية.		×
10- عجز الرقع.	×	
11- طحن الحصويات.	×	
12- الحفر (أعشاش الدجاج).	×	
13- الضخ وفوران المياه.	× (تأثير متوسط ومرتفع)	× (تأثير منخفض)
14- انفصال الحصويات وتحركها للداخل والأسفل.	×	
15- التخدد.	×	
16- التشققات الهلالية.	×	
17- الانتفاخ.		×

الجدول -2- التصنيف العام لعيوب الغطاء الطرقي الإسفلتي وأسباب حدوثها [1].

3- مسح الوضع الراهن Condition Survey:

تمت دراسة الوضع الراهن لحالة السطح لأوتوستراد دمشق – الحدود الأردنية ذهاباً وإياباً دون التطرق إلى تقويم المتانة الإنشائية له وذلك بهدف:

1- تحديد ضرورة تقويم البنية الإنشائية.

2- تحديد الأسباب المحتملة لتخرب السطح بما في ذلك الترب المنزلقة.

3- تحديد الحاجة إلى إجراء صيانة أو تحديد أولويات عناصر الصيانة.

4- الحكم بشكل تقديري على مدى التغير في حالة الغطاء وبشكل تقريبي يمكننا التنبؤ بالأعمال اللازم إجراؤها مستقبلاً في إعادة التأهيل.

أي أنه لتحديد مدى قدرة الطريق على القيام بوظيفته في نقل الركاب والحمولات بشكل آمن ومريح لابد من مسح حالة سطح الطريق وتقدير نسبة التشوهات الفيزيائية الطارئة عليه.

3-1- وصف عام للطريق General Description for the Highway:

قمنا بدراسة الأوتوستراد بدءاً من جسر صحنايا حتى الحدود الأردنية وهو بطول 104 كم وعرض قارعة الطريق بكل اتجاه هو 11م، حيث يتألف من حارتي مرور بعرض 4م وكتف بعرض 2.5 م. أما من الناحية الإنشائية فيتألف من الطبقات الآتية وذلك وفق مخططات دراسة هذا الطريق الموجودة في المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية:

- طبقة ما تحت الأساس عبارة عن بقايا مقالع بارتفاع 90 سم.
- طبقة الأساس الحصوية بارتفاع 30 سم.
- قميص إسفلتي بارتفاع 28 سم.

أما نسبة تحمل الطابق الترابي فقد بينت تجربة نسبة تحميل كاليفورنيا CBR أنها تساوي وبشكل وسطي 8.

3-2- مسح عيوب الغطاء Pavement Distresses Survey:

تم مسح حالة سطح الطريق المدروس مسحاً بصرياً لقارعة الطريق وأكتافه بالاتجاهين، وتقويم العيوب الموجودة. حيث قمنا بتوزيع الطريق المدروس إلى أجزاء حسب وجود القرى على جانبيه ومن ثم تم تقسيم كل جزء إلى قطاعات متساوية، طول كل قطاع (2) كم وكان يجري المسح على أول (50) م من كل قطاع، وتقدير حالة المسافة المتبقية اعتماداً على تلك القياسات مع مراعاة الحالات الشاذة للعيوب وملاحظة أن الدراسة كانت تجرى على الحارة الأسوأ. وكنا نقوم بتسجيل النتائج على استمارات خاصة تحتوي اسم المقطع ورقمه وطوله ومساحته وعرضه وتاريخ المسح وحقلاً خاصاً للملاحظات وحقولاً خاصة بنتائج القياسات الخاصة بكل عيب حيث قسمنا العيوب إلى أربعة نماذج وهي:

التشققات (تمساحية – طولية وعرضية) – التآكل – الحفر – التخدد.

3-3- إجراءات قياس العيوب Procedures of Measuring Distresses:

فيما يأتي نوضح الأسس التي تم اتباعها عند القياس الفيزيائي للعيوب الموجودة في سطح الغطاء الإسفلتي مع وصف موجز لها والأسباب المحتملة التي أدّت إلى ظهورها وطرائق المعالجة المقترحة.

3-3-1- التشققات الكلية Total Cracking Area:

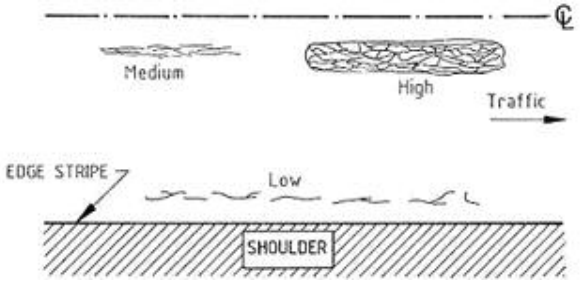
قمنا بتصنيفها إلى نوعين: تشققات تمساحية (الكلل) – تشققات طولية وعرضية.

3-3-1-1- <u>التشققات التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking</u>:

أ– الوصف [2]: وهي عبارة عن شقوق متداخلة متوالية تحدث نتيجة إجهاد البيتون الإسفلتي تحت تأثير الأحمال المتكررة. تبدأ هذه الشقوق تحت سطح الإسفلت حيث يكون إجهاد الشد عالياً تحت الإطار ثم تنتشر إلى السطح بشكل شقوق طولية متوازية ونتيجة تأثير أحمال الحركة المتكررة تبدأ هذه التشققات بالتواصل في كل

الاتجاهات على شكل زوايا حادة مكونة شكلاً يشبه جلد التمساح ومن هنا جاءت تسميتها بالتشققات التمساحية.

تحدث هذه التشققات دائماً في المواقع التي يكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات، ويبين الشكل رقم (1) رسماً لها ولمستويات الشدة وموقعها من الطريق.



الشكل (1) التشققات التمساحية

ب- طريقة القياس: يتم القياس بحصر المنطقة المتأثرة بالشقوق وحساب مساحتها من جداء الطول بالعرض، وتقاس كثافة العيب كنسبة مئوية بقسمة المسافة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروباً بمئة.

جـ- الأسباب المحتملة [3]: تتضمن الأسباب المتوقعة سبباً أو أكثر من الأسباب الآتية:

1- تخرب طبقة القميص نتيجة لتخرب طبقة الأساس أو ما تحت الأساس بسبب الحمولات المرورية المتكررة.

2- سوء المواد المستخدمة في الرصف أو تقادمها بفعل الزمن.

3- عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.

4- عدم تصريف المياه في الطابق الترابي أو طبقة ما تحت الأساس.

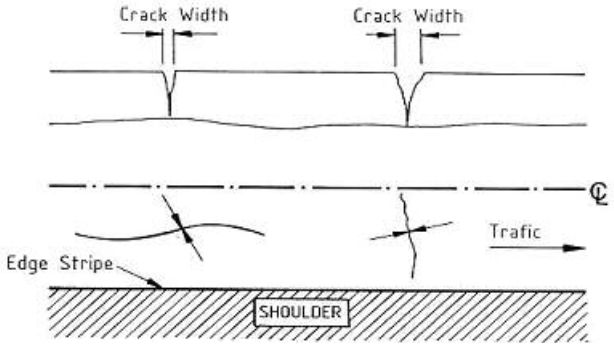
ء- طرائق المعالجة المقترحة: تكون المعالجة حسب شدة التشققات وكثافتها بدءاً باستخدام الملاط الإسفلتي (Slurry Seal) أو الترقيع العميق وحتى إعادة الإنشاء،

وفي حالة ارتفاع مستوى المياه الجوفية يجب تأمين نظام تصريف جيد للمياه ومنعها من الوصول إلى طبقات الرصف.

3-3-1-2- التشققات الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks:

أ- الوصف والأسباب المحتملة [3]: الشقوق الطولية هي شقوق تمتد موازية لمحور الطريق، أما العرضية فهي تمتد بعرض الرصف تقريباً متعامدة مع محور الطريق.

تعدُّ هذه الشقوق عيوباً إنشائية (Structural) ناجمة عن ضعف طبقات الرصف، وعيوباً وظيفية (Functional) ناجمة عن عدم استوائية (خشونة) سطح الغطاء، لذلك فهي من العيوب التي لا تتعلق بالأحمال المرورية، لكن الأحمال والرطوبة تعجل بتفاقم هذه الشقوق وتدهور حالة الغطاء. ويوضح الشكل رقم (2) هذه التشققات.



الشكل (2) الشقوق الطولية والعرضية

ب- طريقة القياس: يقاس طول محور الشق بالعرض المتأثر بتعرجاته على طرفي هذا المحور بحيث تشمل المساحة المحسوبة كامل الشق بتعرجاته، وتحسب كثافة العيب كنسبة مئوية بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروباً بمئة.

جـ- طرائق المعالجة المقترحة: أيضاً تعالج هذه الشقوق حسب الشدة والكثافة، ففي حالة الشدة المنخفضة لا نفعل شيئاً مهما كانت الكثافة، وفي الشدة المتوسطة نلجأ إلى تعبئة الشقوق، وفي حالة الشدة العالية بكثافة منخفضة أو متوسطة نستخدم الملاط الإسفلتي، ونقوم بتنفيذ طبقة تقوية رقيقة إسفلتية (Thin Overlay) بحالات الشدة العالية وكثافة تشققات تشمل أكثر من نصف المساحة الممسوحة.

3-3-2- التآكل Raveling:

أ- الوصف: التآكل هو فقدان المواد الإسفلتية المغطية لسطح الطريق.

ب- طريقة القياس: تقاس المساحة المتأثرة بالمتر المربع وتحسب الكثافة كنسبة مئوية بقسمة مساحة المنطقة المتأثرة بالعيب على المساحة الكلية للمقطع مضروباً بمئة.

جـ- الأسباب المحتملة [3]: يحدث التآكل نتيجة الأسباب الآتية:

1- إجهاد القص الأفقي نتيجة الحركة المرورية.

2- تأكسد المواد الإسفلتية الرابطة أو تقادمها، وانفصال الحصى، ونقص المواد، والحرارة الزائدة للخلطة، وقلة المحتوى الإسفلتي، وعدم كفاية الرص، واستخدام حصى ضعيفة في الخلطة الإسفلتية.

3- وجود الماء (الذي نفذ إلى داخل الطبقة عن طريق الفراغات) والذي يؤدي إلى ضغط هيدروستاتيكي عند تأثير الحركة.

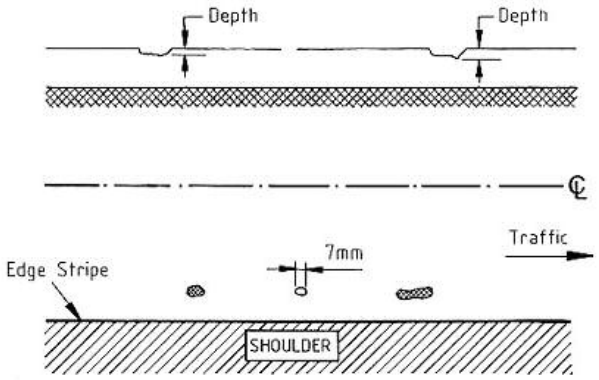
4- انبعاث المواد الهيدروكربونية لفترة طويلة من محركات السيارات، حيث تعمل كمذيب للمواد الإسفلتية.

ء- طرائق المعالجة: لا نفعل شيئاً في حالة الشدة المنخفضة مهما كانت الكثافة، ونلجأ إلى الملاط الإسفلتي للشدة المتوسطة، وننفذ طبقة تقوية رقيقة في حالة الشدة العالية.

3-3-3- الحفر (أعشاش الدجاج) Pothoholes:

أ– الوصف: تكون الحفر عادة على شكل أحواض دائرية بأقطار مختلفة حسب الشدة، وهي تحدث على سطح الطريق وتختلف في العمق والاتساع.

يوضح الشكل رقم (3) شكل الحفر وموقعها في الطريق.



الشكل (3) الحفر

ب– طريقة القياس: تقاس بالعدد ضمن الكيلومتر الواحد.

جـ– الأسباب المحتملة [3] :

1– تكسر القميص الإسفلتي نتيجة للشقوق التمساحية أو التفتت الموضعي له.

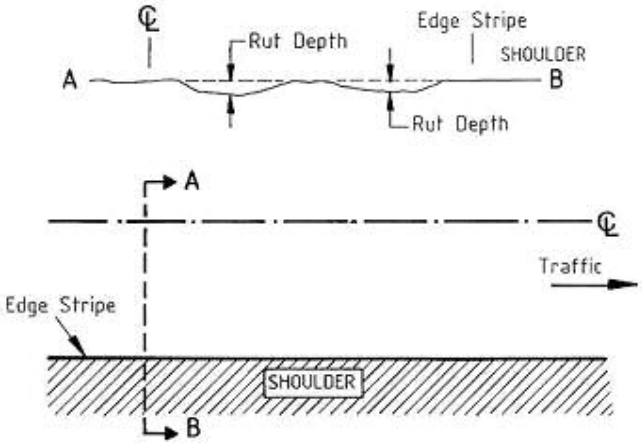
2– وجود الرطوبة وفعل الحركة يعجلان من نشوء الحفر.

ء– طرائق المعالجة المقترحة: تتم المعالجة بترقيع سطحي أو عميق حسب عمق الحفرة.

3-3-4- التخدد Rutting:

أ– الوصف والأسباب المحتملة [3]: هو هبوط في سطح الطريق بشكل قنوات في منطقة مسار إطار السيارات. ويعدُّ التخدد من العيوب الوظيفية في الأغطية الطرقية، ولكن يدخل ضمن العيوب الإنشائية في حالة مستوى التخدد عالي الشدة. ويتعلق التخدد بالأحمال، وسماكات طبقة الرصف وجودة المواد المستخدمة،

ويحدث نتيجة الدك والحركة المرنة العرضية لإحدى الطبقات أو كلّها بما فيها الطابق الترابي مؤدية إلى حركة رأسية لطبقة الرصف على طول جوانب التخدد. ويوضح الشكل رقم (4) شكل التخدد وموقعه في الطريق.



الشكل (4) التخدد

ب- طريقة القياس: يقاس عمق الأخدود بوضع قدة طولها 1.2م تتقاطع عمودياً مع محوره ويتم تسجيل أقصى عمق له.

جـ- طريقة المعالجة المقترحة: لا نفعل شيئاً في حالة الشدة المنخفضة ونقوم بكشط الطريق وإعادة الرصف (Milling and Repave) في الشدة المتوسطة أما في حالة الشدة العالية فنلجأ إلى الترقيع العميق أو إعادة الإنشاء إذا كانت مساحة التخدد تشكل أكثر من نصف مساحة الجزء المسموح من الطريق.

والجدول الآتي يوضح كيفية تحديد مستوى شدة العيب، وذلك من خلال المعاينة البصرية وقياس الكميات الفيزيائية لأثر العيب في سطح الغطاء.

اسم العيب	مستوى شدة منخفضة	مستوى شدة متوسطة	مستوى شدة عالية
التشققات التمساحية	دقيقة، غير مهترئة	متشابكة، مهترئة قليلاً	الشقوق تشكل قطعاً محددة، ويمكن نزع بعضها
التشققات الطولية والعرضية	عرض الشق أقل من 10ملم	عرض الشق 11-75 ملم	عرضها أكثر من75 ملم
التخدد	عمق التخدد 6-13 ملم	عمق التخدد 14-25 ملم	عمق التخدد أكبر من 25 ملم
التآكل	بداية تطاير الحصى و/أو الإسفلت الرابط	حدوث تطاير وتآكل للحصى و/أو الإسفلت الرابط	حدوث تطاير وتآكل شديد للحصى و/أو الإسفلت الرابط

جدول - 3- مستويات شدة العيوب [3]

4- استوائية سطح الطريق (الخشونة) Surface Roughness:

4-1- مفهوم عدم الاستواء وأنواعه Concept and Types of Roughenss [2]:

قمنا باختبار استوائية الطريق المدروس باعتبارها مؤشراً مهماً لتقييم الحالة الوظيفة لسطح الغطاء، ولقد بينت الدراسات في الدول المتقدمة أن لاستوائية الطريق تأثيراً مهماً في تكاليف تشغيل المركبة إضافة إلى شعور عدم الراحة عند مستعملي الطريق نتيجة هزهزة السيارة وأرجحتها.

تنجم عدم الاستوائية عن التشوهات ذات الأشكال المختلفة من التواترات والسعات حيث نصادف الأنواع الآتية من عدم الاستواء:

1- عدم الاستواء نتيجة التشوهات ذات الموجة الطولانية الطويلة (موازية لمحور الطريق)، وتحدث بسبب انضغاط أعماق الطابق الترابي وتأخذ هذه الموجات عادة سعة عالية وتواتراً منخفضاً.

2- عدم الاستواء نتيجة التشوهات ذات الموجة الطولانية القصيرة وتكون ذات تواتر عالٍ وسعة منخفضة.

3- عدم الاستواء نتيجة التشوهات ذات الموجة العرضية (عمودية على محور الطريق) وتحدث بسبب وجود أخاديد على مسار الإطار وتؤدي إلى الاهتزاز الجانبي.

4-2- طرائق المعالجة Methods of Treatment [1]:

تكون طريقة المعالجة المقترحة حسب نوعية عدم الاستواء والأسباب المؤدية إلى حدوثه:

أ- تخرب السطح بتموجات طولية لمسافات طويلة والمتضمن الارتفاع والانتفاخ: نقوم باستخدام طبقة تقوية متغيرة السماكة بحيث تتناسب مع التموجات وتغطي ذرواتها.

ب- عدم الاستواء نتيجة التشققات الطولية والعرضية أو الحفر: تتم المعالجة بشكل مؤقت باستخدام طبقة تقوية، فإذا انعكست التشققات عبر التقوية لابد من إصلاح جميع الطبقات المتخربة بتحسين موادها أو تغييرها، ثم تدمج بطبقة من البيتون الإسفلتي أو بطبقة تقوية أكثر سماكة.

جـ-عدم الاستواء نتيجة تآكل مواد السطح: تكون المعالجة باستخدام طبقة تقوية رقيقة، وقد نحتاج لكشط القميص في المناطق المتضررة لإزالة المواد المتخربة ومنع الانفصال، أما إذا كان التآكل نتيجة التقشر (Stripping) فيجب إزالة الطبقة المتضررة قبل وضع التقوية لأنه سيستمر إذا لم نزلْها وقد يتسارع تحت طبقة التقوية.

4-3- إجراءات القياس Procedures of Measuring [6]:

نظراً لأنَ خشونة أسطح الأغطية ذات طبيعة عشوائية، وقد تتألف من تشوهات ذات موجات طويلة أو قصيرة، وذات تواترات وسعات مختلفة، لذلك يجب أن يتمتع جهاز القياس بشمولية تجعله قادراً على قياس جميع التشوهات بدقة كافية، يتمكن معها المهندس من الاستفادة من معطياتها إلى أقصى حد ممكن.

وفي اختبارنا للطريق المدروس، قمنا باستخدام جهاز قياس الاستوائية (NAASRA) حُيث تم جمع قياسات استوائية سطح الطريق على طول مسارات دواليب السيارات التي تستخدم الطريق وذلك في الحارة الأسوأ وفق الخطوات الآتية:

أ– نقوم بقياس طول الجزء المدروس من الطريق (حسب الأجزاء المقسمة سابقاً) وذلك باستخدام جهاز قياس المسافات (HALDA) الموصول بأدوميتر السيارة أو بالاعتماد على الأحجار الكيلومترية.

ب– نقوم بوصل نابض الجهاز على المحور الخلفي لعربة خفيفة بحيث يتم نقل الاهتزازات عبر سير نقل الحركة إلى مسنن مربوط مع عداد قراءات الجهاز.

جـ– تتحرك السيارة على طول المقطع التجريبي بسرعة ثابتة مقدارها 50كم/سا وهذا يعني بأنه يجب تشغيل السيارة قبل مسافة معقولة بحيث يتمكن السائق من المحافظة على هذه السرعة قبل دخوله المقطع.

ء– يتم تسجيل القراءات كمجموع تراكمي للانزياحات الشاقولية لسطح الطريق حيث نصفر العداد بداية المقطع ويتم تحويل هذه القراءات فيما بعد إلى قرينة الاستوائية الدولية (IRI) (International Roughness Index) وفق المعادلة:

$$IRI = \frac{\text{فرق القراءة بين بداية المقطع ونهايته [m]}}{\text{المسافة [Km]}} \times 0.033 + 1.33$$

وتقدر قيمة IRI بـ م/كم أو مم/م وتتراوح بين الصفر وقرابة 20 م/كم نظرياً وتكون القيمة المقبولة من 1–5 م / كم حسب ظروف الاستثمار المحلية لطرق الدرجة الأولى، ويعدُّ الطريق من أي درجة كانت خارج الخدمة عندما تصبح: $IRI \geq 10$ [6].m/Km

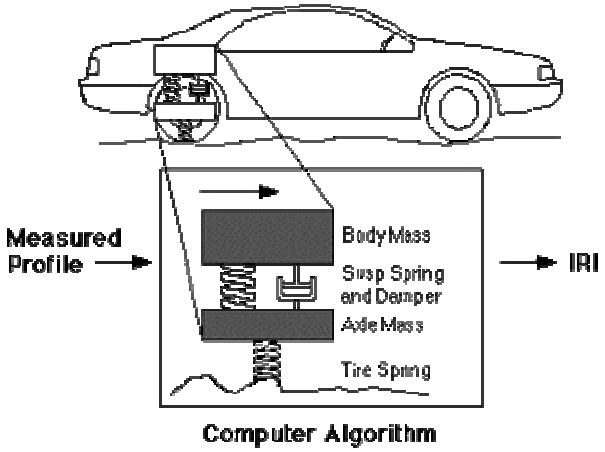
ملاحظات:

1- يجب تعيير جهاز قياس الاستوائية قبل بدء التجربة، إما باختبار طريق مقيس سابقاً ومقارنة النتيجة، أو باستخدام جهاز النيفو والميرا، كما يجب تعيير جهاز مقياس المسافة على مقطع معروف طوله وعند الاختلاف ندخل عامل التصحيح.

2- يجب أن يكون ضغط الهواء في جميع إطارات السيارة المستخدمة موافقاً لمواصفات السيارة بعد تشغيلها 15 دقيقة، لذلك من الضروري دائماً حمل ساعة قياس ضغط العجلات ومضخة هواء. كما يجب وضع ثقل موازنة قدره 100 كغ على المحور الخلفي للسيارة.

3- لدقة القياس نقوم بإجراء 5-6 جولات للحصول على قراءات خشونة مختلفة ثم نأخذ متوسطها.

يوضح الشكل رقم (5) المبدأ النظري لجهاز قياس الاستوائية.



الشكل (5) مبدأ جهاز قياس الاستوائية

5- تقدير قابلية الخدمة الحالية (PSR): Present Serviceability Rating:

تم تطوير نظام من أجل تقدير حالة سطح الرصف، سمي اصطلاحاً «مفهوم قابلية الخدمة الحالية» والذي يعرف بأنه: «قدرة مقطع معين من الغطاء الطرقي على تقديم سياقة مريحة سلسة في أثناء المرور المختلط وهذا استناداً إلى رأي المستخدم»[5].

إن تقدير قابلية الخدمة الحالية لا يقدم أكثر من المعرفة بحاجة سطح الرصف إلى تحسينات أم لا، كما أنه يعدُّ أداة مفيدة في حساب كفاءة الطريق، مع أنه لا يستخدم لتصميم طبقات تقوية أو أشكال أخرى من التحسينات.

إن كل مقطع من الطريق يقدر عادة من (1–5) استناداً إلى رأي مستخدم الطريق والأرقام الأعلى ضمن هذا المجال تشير إلى الحالة الأكثر جودة والأرقام الأقل تشير إلى الحالة الأسوأ لسطح الرصف، ويقترح الخبراء بأن قيمة PSR الأقل من 2.5 لطرق الدرجة الأولى أو 2.0 لباقي الطرق هي القيمة، التي تشير إلى ضرورة إجراء إصلاحات لرفع هذه القيمة وبكل الأحوال فإن تقدير PSR يستخدم كخطوة أولى في تقويم كفاءة الرصف ولابد من تحريات أكثر تفصيلاً للسطح.

إن مجموعة القياسات PSR والتي تمت بشكل تجريبي ومجموعة قياسات قرينة الاستواء IRI والتي تمت بشكل تجريبي أيضاً قد تم ربطهما معاً لإيجاد معادلة تحسب PSR وهي [5]:

$$PSR = 5.e^{-0.18(IRI)}$$

ونتيجة للتجارب تم تطوير هذه المعادلة عام 1992 لزيادة راحة مستخدمي الطريق لتصبح

$$PSR = 5.e^{-0.26(IRI)}$$

ملاحظة:

إن هذه المعادلة تعطي قيماً وفق الشروط القياسية العالمية وهي تختلف عن شروط الاستثمار المحلي حيث نجد قيم IRI الأعظمية المقبولة وفق المقاييس العالمية هي 3

بينما ضمن الشروط المحلية فإن قيم IRI تصل حتى 5 لطرق الدرجة الأولى وذلك لارتفاع تكاليف الصيانة بشكل باهظ.

6- النتائج:

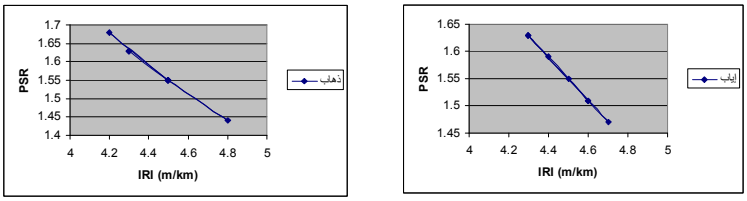
6-1- قيم نتائج المسح: الجدول رقم (4) يوضح النتائج التي تم التوصل إليها من خلال مسح الوضع الراهن للغطاء الطرقي المدروس.

اسم جزء الطريق	طوله (كم)	تاريخ التقييم	قرينة الاستوائية (m/Km)	نسبة مناطق التشققات الكلية (%)	نسبة مناطق التآكل (%)	الحفر (no./Km)	عمق التخدد (mm)	تقدير قابلية الخدمة الحالية (PSR)
1- صحنايا – السبيل	23	2004	4.50	2.00	1.00	0.50	13	1.55
1 – السبيل – صحنايا	23	2004	4.60	2.00	1.50	0.00	14	1.51
2- السبيل – خبب	26	2004	4.20	1.00	1.00	0.00	10	1.68
2 – خبب – السبيل	26	2004	4.30	0.50	1.00	0.00	10	1.63
3- خبب – شقرا	11.5	2004	4.50	0.00	1.00	0.00	10	1.55
3 – شقرا – خبب	11.5	2004	4.60	0.50	1.00	0.00	10	1.51
4- شقرا – غزالة	20	2004	4.80	8.00	12.00	0.50	16	1.44
4 – غزالة – شقرا	20	2004	4.70	7.00	13.00	0.00	15	1.47
5- غزالة – صيدا	14	2004	4.50	0.50	2.00	0.00	12	1.55
5 – صيدا – غزالة	14	2004	4.50	0.50	2.00	0.00	13	1.55
6- صيدا – نصيب	6	2004	4.30	0.50	1.00	0.50	12	1.63
6 – نصيب – صيدا	6	2004	4.40	0.50	3.00	0.50	12	1.59
7- طريق المنطقة الحرة	3.5	2004	4.30	7.20	16.00	0.00	18	1.63

جدول (4) نتائج مسح الوضع الراهن لسطح غطاء أتوستراد دمشق – الحدود الأردنية بالاتجاهين

6-2- تقييم النتائج:

الشكل (6) قرينة الاستوائية حسب كل مقطع من الطريق

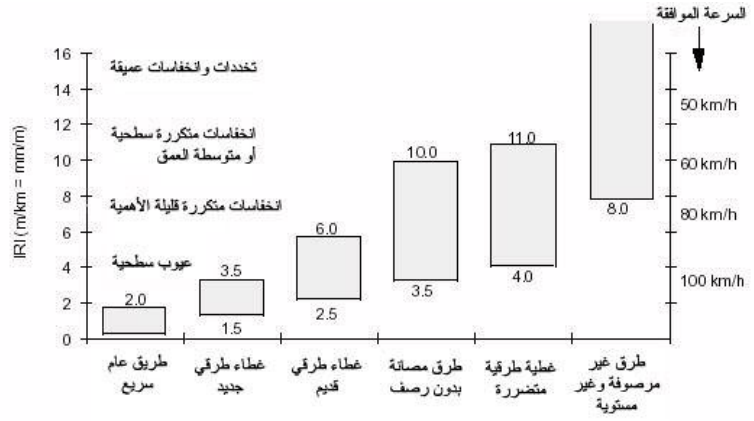


الشكل (7) علاقة تقدير قابلية الخدمة الحالية PSR بقرينة الاستوائية

7- استنتاجات Conclusion:

أ– تعدُّ جميع العيوب من تشققات وتآكل وتخددات ذات كثافة قليلة وشدة منخفضة، من ثَمَّ لا يحتاج هذا الطريق إلى أي صيانة في الوضع الراهن، لكن لابد من ترقيع الحفر الموجودة ترقيعاً سطحياً. وليس هناك حاجة لتقويم هذا الطريق تقويماً إنشائياً.

ب– تعدُّ قرينة الاستوائية الدولية (IRI) لهذا الطريق ضمن القيم المقبولة لكن في حدودها العظمى بالنسبة لشروط الاستثمار المحلية، وهي تتخطى قيم المواصفات القياسية العالمية، إلا أننا يمكن أن نقبلها ضمن الظروف الحالية للاستثمار، ويمكن أن تدرج في المستقبل ضمن أولويات الصيانة أو تأهيل هذا الطريق، وتكون المعالجة المقترحة حينها بتنفيذ طبقة تقوية رقيقة متغيرة السماكة بحيث تتناسب مع التموجات وتغطي ذرواتها. ويبرر هذا العمل من الناحية الاقتصادية بأن الطريق يستخدم كمعبر دولي لنقل الركاب والبضائع بين الجزء الآسيوي الجنوبي من الوطن العربي وأوربا، من ثَمَّ إذا علمنا أن وسطي المرور اليومي السنوي (AADT) (وهو حجم المرور السنوي مقسوماً على عدد أيام السنة) هو 7500 مركبة/يوم تشكل منها الشاحنات الثقيلة ما يقارب (15-20)%، ومع ازدياد (IRI) تنقص سرعة المركبات كما هو موضح في الشكل رقم (8):



الشكل (8) تأثير عدم استوائية الطريق في سرعة المركبات

ففي حالة إهمال الصيانة أو عدم تأهيل هذا الطريق، ستنخفض السرعة من 85 كم/سا حتى 75 كم/سا نتيجة لزيادة (IRI)، وسترتفع عندها كلفة تشغيل الشاحنات من 7.5 ل.س حتى 8.5 ل.س في الكيلومتر الواحد وفقاً لإحصائيات وزارة النقل، وفي هذه الحالة تزداد كلفة تشغيل الشاحنات الثقيلة وحدها بالسنة الواحدة على كامل الطريق حوالي /40/ مليون ل.س، بالنتيجة نجد أن تنفيذ طبقة تقوية لمعالجة عدم استواء الطريق هو عمل مبرر اقتصادياً.

ج- إن متوسط تقدير قابلية الخدمة الحالية (PSR) للطريق المدروس هو (1.56)، وهو أقل من القيمة الدنيا وفق المواصفات الدولية (2.5) أو في شروط الاستثمار المحلي (2.0) لطرق الدرجة الأولى. وهذا ما يؤكد أولية الحاجة مستقبلاً لإجراء عمليات تأهيل وظيفي للطريق.

8- التوصيات:

1- لابد من إجراء عمليات إحصاء دورية تتضمن مسحاً لشبكة طرق المواصلات، نكوّن من خلالها قاعدة للبيانات. فمثلاً تساعد بيانات الاستوائية التي يتم جمعها على

تحديد الطرق التي يجب أن تعطى الأولوية العظمى في صيانتها، كما لو كان لدينا سجل لتجارب تقدير قابلية الخدمة الحالية (PSR) لمقاطع من الطريق المعرض للتلف كانت قد أجريت سابقاً، فنستطيع من خلال قراءة هذه النتائج أن نتنبأ متى ستحتاج إلى رفع القيمة المقيسة، وبشكل آخر فإن مقارنة سجلات (PSR) مع المتغيرات المدونة في حجم المرور، إضافة إلى ملاحظة القصور في التصريف والمناطق الضعيفة سوف تساعد في تنظيم الصيانة أو التأهيل المستقبلي.

2– لقد تمت دراسة أتوستراد دمشق – الحدود الأردنية بعد فترة وجيزة من صيانته صيانة كاملة ورغم ذلك نجد قصوراً وظيفياً في حالة الطريق من ناحية الاستوائية، الأمر الذي يدل على ضرورة الاهتمام بقياس الاستوائية لشبكة الطرق السورية على أساس برنامج وطني يشمل هذه القياسات سنوياً، والاهتمام بوضع كود عربي سوري لتحسين الأغطية المرنة وإعادة تأهيلها وتقويتها بناءً على نتائج المسح مما يوضح واجبات مهندسي التنفيذ والإشراف والدراسة.

3– لم يتم حتى الآن في القطر العربي السوري أية دراسة تقويمية إنشائية لمتانة الغطاء الطرقي القائم، وخصوصاً بوجود الأجهزة التي أصبحت قديمة نسبياً مثل جائز بنكلمان الذي يقوم بقياس الانعطاف (Deflection) الناجم عن حمولات كبيرة «وتستخدم عادة شاحنة ذات حمولات محورية خلفية إفرادية مقدراها 18000 ليبره أي ما يعادل 8.15 طناً». والطريقة المتبعة حالياً في إعادة التأهيل هي التقوية بقميص إسفلتي سماكة (6-7) سم، الأمر الذي قد يكون مكلفاً اقتصادياً نتيجة الهدر، عدا كون هذه الطريقة غير مجدية في كثير من الحالات في معالجة العيوب التي قد تطرأ على الأغطية الطرقية.

لذلك نوصي باقتناء جهاز قياس الانعطاف بالوزن الساقط FWD (Falling Weight Deflectometer)، الذي يحدد تماماً الطبقة التي حدث فيها القصور وأدت إلى انهيار الرصف إنشائياً.

4- يجب الاعتماد على رأي مستعملي الطريق، ومقارنة هذه الآراء مع نتائج القياسات، ويمكن إنجاز هذا الموضوع على أكمل وجه باستخدام أجهزة قياس الاستوائية، لأن عدم الاستواء هو العامل الأساسي الذي يؤثر في رأي مستعملي الطريق.

5- يجب تقويم كل نوع من أنواع التخرب، وتحديد هل سيقف عند حد معين، أو أنه سيستمر ومعرفة مدى فعالية الطريقة المستخدمة في المعالجة مع الاهتمام بضرورة تأمين نظام تصريف جيد للمياه.

6- ضرورة البدء بوضع ذاتية خاصة لكل طريق تتضمن تفاصيل إنشائه ودورة حياته من لحظة الإنشاء وفي أثناء الاستثمار، والعيوب التي تطرأ عليه وتاريخ الصيانة ونوعها وتعداد حركة المرور.

المراجع

1- AASHTO Guide for Design of Pavement Structure (1993) Published by the American Association of State Highway and Transportation Officials.

2- E.J Yoder. M.W.Witczak Principles of Pavement Design, Second Edition. Published by John Wiley and Sons, Inc. 1975.

3- SHRP (1993). Distress Identification Manual for Long – Term Pavement Performance Project. Srategic Highway Research Program. SHRP P-338. National Research Concil, Washington DC.

4- Asphalt Intitute (1983). Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation. The Asphalt Institute Manual Service No. (MS-17).

5- The International Roughness Index (IRI) and Ride Number, (1994). The Federal Highway Administration (FHWA).

6– نشرة وزارة المواصلات حول نظام معلومات صيانة الطرق في سورية 1994.

تاريخ ورود البحث إلى جامعة دمشق2004/6/20.