عيوب الرصف الإسفلتي والأسباب الرئيسية لحدوث الشقوق

يتكون الطريق من /٣/ طبقات أساسية، وهي طبقة الأساس، وطبقة الأساس المساعد، والطبقة العليا وهي طبقة الرصف، ويُعرف الشق الإسفلتي بأنه العيب الذي يظهر في طبقات الطريق العليا، ويكون ناتج من عدة أسباب، أولها، الاحتكاك بين العجل والإسفلت، ونقص نسب المواد المكونة لخلطات طبقات الرصف، ويوجد أسباب أخرى رئيسية هي المكونة للشقوق والعيوب الإسفلتية. سنتعرف على عيوب الرصف الإسفلتي، والأسباب الرئيسية لحدوث كل شق، وعلى درجة الشق، هل هو شق بسيط الشدة أو عالي الشدة.

تتسبب كل من الحمولات المرورية، والظروف البيئية في حدوث إجهادات، وتشوهات متكررة بشكل متناوب، مما يؤدي إلى ظهور عجز في طبقات الرصف المرنة، والتي تظهر بشكل تشوهات تخدد وتشققات تعب، ويعدُّ كلاً من تشوهات التخدد وتشققات التعب من أهم معايير تقييم أداء الخلطات الإسفلتية في طبقات الرصف المرن للطرق، كما وتُعرف مقاومة الخلطات الإسفلتية للتعب بقدرتها على الاستجابة للحمولات المرورية المتكررة تحت تأثير الشروط البيئية السائدة دون حدوث تشققات ملحوظة أو انهيار مبكر؛ حيث تتسبب كل من الحمولات المرورية، والظروف البيئية في حدوث إجهادات وتشوهات متكررة بشكل متناوب مما يؤدي إلى ظهور العجز في الخلطات الإسفلتية، والذي يتجلى من خلال تشققات التعب التي تعد معياراً رئيساً من معايير الانهيار المطبقة في تصميم طبقات الرصف وفق الطرق الميكانيكية، كما وتعدّ الخصائص التي تعبر عن تعب الإسفلت عاملاً أساسياً في عملية التصميم الإنشائي لطبقات الرصف، من خلال العلاقة بين تشوه الشد الأفقي في الألياف السفلية عند قاعدة طبقة القميص الإسفلتي وتشققات التعب، حيث يتم فرض قيمة حدية لتشوه الشد الأفقي المرن بحيث لا تتجاوز تشققات التعب القيم المسموحة وفق معايير الانهيار في نهاية العمر التصميمي لطبقات الرصف.

تتطلب خطوات التصميم في طرق الحساب الميكانيكية، تحديد الخصائص المخبرية لمواد الإنشاء بشكل دقيق بحيث تعكس السلوكية الواقعية ضمن ظروف الاستثمار

تحت تأثير كل من (الحمولات المرورية، سرعة التحميل، زمن الاسترخاء، الحمولات المحورية المتنوعة...الخ)، والشروط البيئية (الحرارة، التقادم، الرطوبة...الخ)، ويعود السبب في ذلك إلى كون الخصائص المخبرية المتعلقة بتحديد سوية أداء الخلطة الإسفلتية في مقاومة التعب يتضمن ظروف معينة، وتعد العلاقات المشتقة من هذه البيانات المخبرية مسألة أساسية ومهمة لتطوير نموذج خاص للتنبؤ بالسلوك الحقلي لطبقات الرصف في هذا الإطار.

لقد تم تطوير العديد من العلاقات التي تعبر عن أداء الخلطات الإسفلتية في مقاومة التعب، إلا أن هذه العلاقات تتأثر بالشروط المحلية المحيطة، والمتعلقة بالعديد من العوامل المستنتجة بشكل إحصائي، كالبيئة، والمناخ، والحمولات المرورية، ومواد البناء المتاحة، ناهيك عن كون هذه العلاقات مشتقة بشكل أساسي من النتائج المخبرية لتقييم التعب والتي قد تختلف من طريقة إلى أخرى من حيث الإجراءات المتبعة في الاختبار والتي تحددها المواصفات القياسية المعتمدة، والأجهزة المستخدمة، والشروط المحيطية، الأمر الذي يقود بمجمله إلى ظهور تباينات إضافية والتي تبدو بشكل واضح فيما لو طبقت هذه العلاقات على شروط أخرى، وتعدّ تشققات التعب إحدى العيوب الواسعة الانتشار على شبكة الطرق في سورية، ويعود السبب في ظهور هذه التشققات إلى العديد من العوامل، منها عدم ملائمة الخلطة الإسفلتية المستخدمة، وإن العلاقة المتبادلة بين خواص مواد الخلطة الإسفلتية وسلوكيتها اللاحقة واضحة بشكل جلي، وقد قاد تطور المعرفة لهذه الخواص إلى الوصول لأدوات أفضل في التحليل والتصميم وصولاً إلى خلطات ذات مواصفات أمثل في مقاومتها لظروف الاستثمار، حيث تقوم الفرضية الأساسية بأن العلاقة المباشرة بين ظهور تشققات التعب من جهة والتشوهات الأفقية من جهة أخرى يوفر أداة مفيدة لاستنتاج خلطة إسفلتية ذات ديمومة أكبر من حيث مقاومة التعب، وتعاني أغلب الطرق المحلية من ظهور تشققات التعب بعد فترة وجيزة من وضعها بالخدمة أو صيانتها، الأمر الذي يشير إلى ارتباط هذا العيب بعدم تصميم الخلطة الإسفلتية وفق أسس صحيحة.

إن مواجهة المشاكل المتعلقة بظهور هذا النوع من التشققات، هو من المسائل التي تحمل المؤسسات المعنية بالطرق أعباء مالية كبيرة ناجمة عن ارتفاع تكاليف الصيانة

أو خروج الطريق عن الخدمة قبل نهاية العمر التصميمي المفترض له.

دراسة في مفهوم التعب وتشكل التشققات

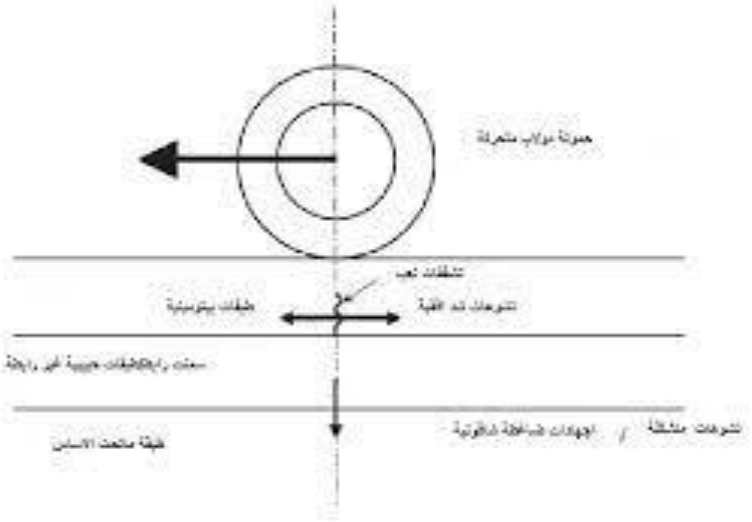
مفهوم التعب: التعب أحد معايير الانهيار، وهو نموذج رئيس للعيوب حيث تعد شقوق التعب أكثر الأنواع تمثيلاً للأداء من حيث التقادم والتشغيل التي تتعرض لها طبقات الرصف، والتي تحدث على مرحلتين:

المرحلة الأولى: يتعرض السطح السفلي لطبقة الرصف الإسفلتية لإجهادات شد ناجمة عن عزم انعطاف (bending moment) بسبب تركّز أحمال المرور على السطح العلوي بحيث يبدأ بالظهور، وتسمى مرحلة البدء بظهور التشققات.

المرحلة الثانية: هي مرحلة نمو التشققات حيث يأخذ التشقق بالانتشار والتوسع، وعلى هذا الأساس فإن شقوق التعب بشكل عام تبدأ من الأسفل إلى الأعلى.

الشكل يوضح مرحلة نمو التشققات

كما يمكن تعريف شقوق التعب على أنها شقوق متوالية حدثت نتيجة التعب للخلطة الإسفلتية تحت تأثير الأحمال المتكررة. تبدأ هذه الشقوق تحت سطح الإسفلت نتيجة إجهادات الشد الأفقي تحت إطار العربة ثم تنتشر إلى السطح في شكل شقوق طولية متوازية، ونتيجة تأثير تكرار أحمال الحركة، تبدأ هذه التشققات في التواصل بالاتجاه العرضي مشكلة شبكة من التشققات حيث تحدث هذه الشقوق دائماً في المواقع التي تكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات.



الشكل يوضح موقع إجهادات الشد كمعيار للتعب

تبدأ تشققات التعب عندما تتجاوز الإجهادات المطبقة قدرة تحمل طبقة الإسفلت، وتبدأ بتشققات شعرية طولية، وفي مراحل متقدمة تتطور هذه التشققات وتتصل عرضياً مشكلة تشققات تشبه جلد التمساح، وتحدث تشققات التعب نتيجة مجموعة من العوامل المؤثرة بنفس الوقت أهمها:

١-تكرار الحمولات المرورية العالية.

٢-سماكة غير كافية لطبقة الإسفلت، مما يتسبب بتشوهات انحناء كبيرة نسبياً تحت تأثير حمولة عجلات العربات الثقيلة، وبالتالي تنشأ إجهادات وتشوهات أفقية عالية عند السطح السفلي لطبقة الإسفلت.

٣-التصريف السيء، التنفيذ السيء، أو خطأ في تصميم طبقات الرصف ككل.

ولمقاومة إجهادات التعب يجب تحقيق النقاط الآتية عند التصميم:

١-التقدير الجيد لغزارة الحركة المرورية الثقيلة.

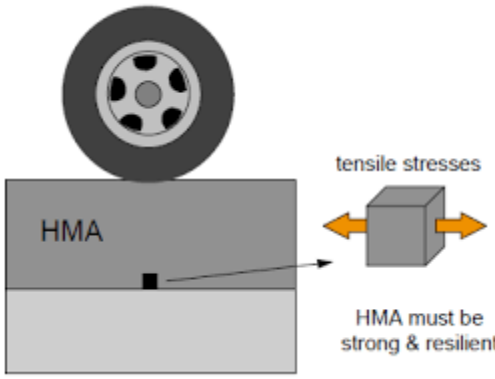
٢-المحفظة على نظام تصريف ملائم لطبقات الرصف خلال فترة الخدمة.

٣-استخدام طبقات رصف إسفلتية سميكة نسبياً.

٤-استخدام خلطات إسفلتية ذات معامل مرنة كاف لتحمل التشوهات الشاقولية.

٥-يجب أن تمتلك الخلطة الإسفلتية مقاومة كافية لتحمل إجهادات الشد التي تنشأ عند السطح السفلي لطبقة الإسفلت عند تطبيق الحمولة، ويجب أن تمتلك هذه الخلطة مرونة كافية لتحمل تكرار الحمولة دون أن تتشقق، أي يجب تصميم الخلطة الإسفلتية

كمادة مرنة عند تعرضها لإجهادات شد.



الشكل يوضح موقع إجهادات الشد كمعيار للتعب

*****عيوب ناتجة عن تشقق الرصف الإسفلتي:**

أ-الشقوق التمساحية: Aligator Cracking : هي عبارة عن تشققات في الطبقة الإسفلتية السطحية على هيئة تقسيمات على شكل جلد التمساح، تبدأ من أسفل الطبقة الإسفلتية السطحية حتى الوصول إلى سطح الرصف، وتكون تقسيمات الشقوق أبعادها بحدود ٦٠*٦٠ سم أو أقل، وتنتج هذه الشقوق من إجهاد التعب Fatigue للطبقة السطحية الإسفلتية، نظراً لعدم كفاية سماكة الرصف، وزيادة الأحمال المرورية عن الأحمال التصميمية، أو إنشاء طبقات إسفلتية فوق طبقات رصف غير ثابتة.

الشكل يوضح مثال عن الشقوق التمساحية

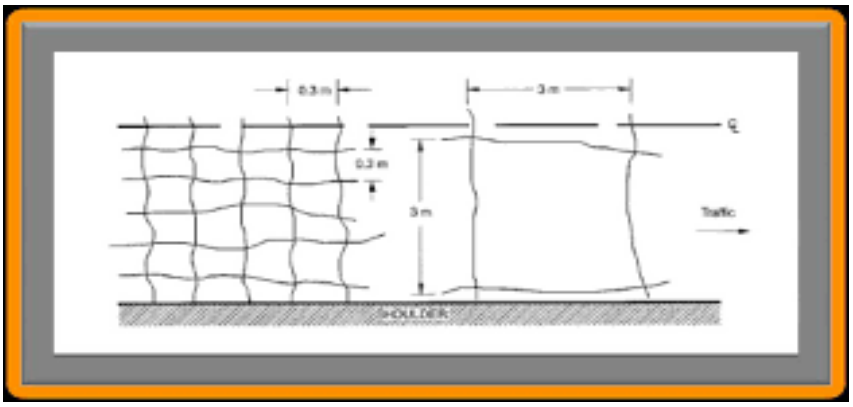
**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: شقوق شعرية موازية لبعض لكن لا تتقاطع، وعرض الشق في هذه الحالة أقل من أو يساوي /٦/ مم.

-متوسطة الشدة: شقوق بسيطة تتقاطع مكونة قطع أو تقسيمات بسيطة، وعرض الشق يتراوح بين من /٦/ مم إلى /١٥/ مم.

-كبيرة الشدة: شقوق كبيرة متقاطعة مع بعض مكونة تقسيمات واضحة، وعرض الشق أكبر من /١٥/ مم.

ب-الشقوق البلوكية Block Cracking : هي شقوق على شكل مستطيلات أو مربعات بأبعاد تتراوح بين /٠,٣٠*٠,٣٠/م و/ ٣ * ٣/م، ويحدث نتيجة للتغير الحجمي لطبقات الرصف، نتيجة دورة درجة الحرارة اليومية أو السنوية، ويساعد ظهورها تقادم الرصف، وزيادة تصلد الإسفلت مع الزمن، وتظهر عادة في المناطق ذات الكثافة المرورية القليلة.



الشكل يوضح أبعاد الشقوق البلوكية

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: عرض الشقوق أقل من /٦/ مم.

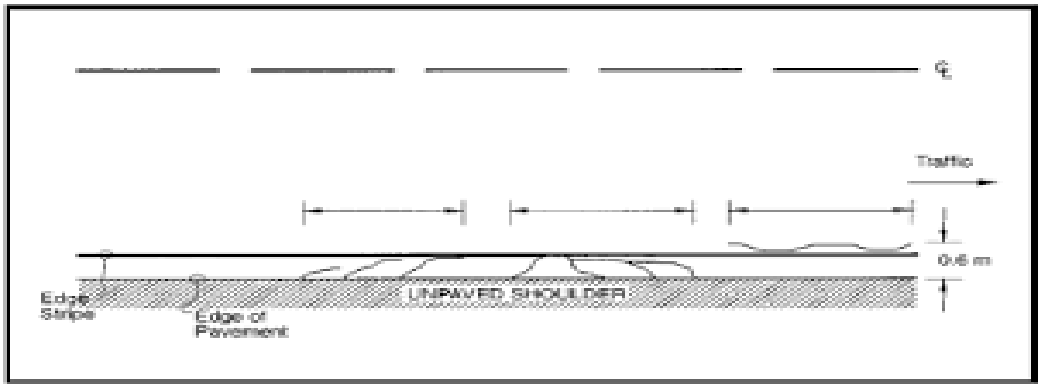
-متوسطة الشدة: عرض الشقوق يتراوح بين /٦/ مم إلى /١٥/ مم.

-عالية الشدة: عرض الشقوق أكبر من /١٥/ مم.

الشكل يوضح مثال عن الشقوق البلوكية

ج-شقوق حواف الرصف: Edge cracking : هي شقوق طولية موازية لحافة الرصف وقرب حافة الرصف الخارجية بمسافة تتراوح من /٣٠/ سم إلى /٦٠/ سم، وتزيد هذه الشقوق مع الأحمال المرورية العالية، وهو ناتج من ضعف دحي ورص طبقة الأساس، أو ما تحت الأساس، أو طبقة التأسيس، أو كليهما معاً تحت لطبقات الرصف بالقرب من حواف الرصف، أو استخدام مواد غير مناسبة، أو غير مطابقة للمواصفات أسفل طبقة الرصف السطحية بالقرب من حواف الرصف، ويحدث هذا النوع كثيراً عند مناطق التوسيع بدون عمل لحام متدرج بين الرصف القديم والرصف الجديد، وهذا ما نشاهده كثيراً على الطرق في سورية، وفيما يأتي توضيح لحالة واقعية لشقوق حواف الرصف وأبعادها.

الشكل يوضح شقوق حواف الرصف



الشكل يوضح أبعاد شقوق حواف الرصف

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: شقوق طولية بدون انفصال أو تكسير للمواد، وعرض الشق لا يزيد عن /١٠/ مم.

-متوسطة الشدة: شقوق طولية مع إنكسار وتكسير للمواد في مناطق معينة، وعرض الشق يتراوح بين /١٠/ مم إلى /15/مم.

-كبيرة الشدة: شقوق طولية مع انكسار وتكسير للمواد علي طول حرف الرصف، وعرض الشق أكبر من /١٥/ مم.

د- الشقوق الطولية والعرضية: Longitudal and Transveral Cracking:

الشقوق الطولية، هي الشقوق الموازية لحافة الرصف موازية لاتجاه الحركة، وتحدث نتيجة سوء تنفيذ فواصل الرصف، واختلاف درجات الحرارة، وانعكاس الشقوق من أسفل إلى أعلى، أمّا الشقوق العرضية، فهي شقوق عرضية في الرصف عمودية على الاتجاه الطولي للطريق، وتحدث نتيجة ضعف تماسك مواد الرصف في مناطق

الفواصل بين طبقات الرصف، و تقادم طبقات الرصف مع الزمن، والتمدد والانكماش في طبقات الرصف نتيجة فروق درجات الحرارة، وانعكاس للشقوق لطبقة الرصف القديمة على طبقة الرصف الجديدة (وهذا ما يسمى بالشقوق الإنعاكسية).

الشكل يوضح نموذج عن الشقوق العرضية

الشكل يوضح نموذج عن الشقوق الطولية

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: عرض الشق أقل من /٦/ مم.

-متوسطة الشدة: عرض الشق يتراوح بين /٦/ مم إلى /١٥/ مم.

-عالية الشدة: عرض الشق أكبر من /١٥/ مم.

هـ- الشقوق الانزلاقية Slippage Cracking : هي عبارة عن شقوق تكون في سطح الرصف على هيئة هلال او نصف قمر، وتحدث نتيجة انزلاق طبقات الرصف تحت عجل السيارات على سطح الرصف مما يؤدي إلى تكوم الإسفلت وانزلاقه مكوناً شكل هلال، وذلك نتيجة ضعف خواص مكونات الخلطة الإسفلتية ودرجة ثباتها، وضعف التماسك المطلوب بين طبقات الرصف الإسفلتية نتيجة نقص طبقة اللصق، ووجود أتربة أو زيوت أو مياه بين الطبقات.

الشكل يوضح مثال عن الشقوق الانزلاقية

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: عرض الشق أقل من /٦/ مم.

-متوسطة الشدة: عرض الشق يتراوح بين /٦/ مم إلى /١٥/ مم.

-عالية الشدة: عرض الشق أكبر من /١٥/ مم.

ثانياً- عيوب ناتجة من تشوه استواء سطح الرصف:

أ-**التموجات Corrugations** : هي ارتفاعات وانخفاضات رأسية تظهر في سطح الرصف في اتجاه عمودي على اتجاه الحركة (الاتجاه الطولي للطريق)، وتحدث هذه التموجات نتيجة ضعف الدمك للطبقات الإسفلتية، واستخدام خلطات إسفلتية قليلة الصلابة وغير ثابتة، وعند مداخل ومنازل الجسور ومزلقات السكة الحديدية، والتحرك اللدن للرصف الإسفلتي، وأسباب عدم الاستقرار، هي الإسفلت الزائد أو الناعم جداً، ومحتوى الرمل العالي، والوجود المفرط للركام الناعم والمستدير في المزيج والدمك السيء.

الشكل يوضح نموذج عن التموج في الطريق

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: تموجات بسيطة وفي اتجاه عمودي ولا تؤثر على حركة القيادة.

-متوسطة الشدة: تموجات متوسطة وتؤثر على حركة القيادة.

-عالية الشدة: تموجات عالية وتسبب اهتزازات شديدة وصوتاً مزعجاً عند القيادة.

ب- الهبوط Depression : هو انخفاض في مستوى سطح الرصف لمساحة معينة، هبوط واضح في سطح الرصف أقل من منسوب الرصف المحيط، ويحدث نتيجة هبوط في طبقة التأسيس الترابية المكونة لجسر الطريق، وضعف كفاءة الدمك لطبقات الرصف، وعدم استواء سطح الرصف، واستخدام تربة غير ملائمة.

الشكل يوضح مثال عن الهبوط في الطريق

**درجة الشدة:

-قليل الشدة: هبوط في حدود /١,٣/ سم إلى /٢,٥/ سم.

-متوسط الشدة: هبوط في حدود من /٢,٥/ سم إلى /٥/ سم.

-عالي الشدة: هبوط أكبر من /٥/ سم.

ج- تكوم الرصف في الاتجاه العرضي Shoving : هو تكوم الرصف في الاتجاه العرضي أمام عجل السيارات على شكل هلال، نتيجة لدفع عجلات السيارات المتحركة في الاتجاه الطولي لطبقات رصف إسفلتية غير ثابتة، مما يؤدي لتكوم الخلطة الإسفلتية على شكل أكوام في الاتجاه العرضي، ويحدث نتيجة استخدام نسبة بيتومين عالية في الخلطة الإسفلتية، ونقص الثبات وزيادة المواد الناعمة، واستخدام ركام مستدير أو ناعم، واستخدام إسفلت به نسبة عالية من البرافين، وعدم تهوية الخلطة الإسفلتية الباردة لفترة كافية تسمح بتطاير المذيب.

الشكل يوضح نموذج عن تكوم الرصف في الاتجاه العرضي

**درجة الشدة:

-قليل الشدة: تكون في الرصف غير ملحوظة.

-متوسط الشدة: تكوم ملحوظ في الرصف على سطح الطريق قليل العدد، ويستلزم القيادة بحذر.

-عالي الشدة: تكوم شديد في الرصف في سطح الطريق، ومنتشر على السطح ويصحبه عدم السيطرة في القيادة.

د-الأخاديد Rutting : هو انخفاض طولي أو أخاديد ثابتة تحت مسار العجلات في الطبقة السطحية للرصف، وقد تمتد إلى طبقة الأساس والأساس المساعد، حيث يحدث تكوم بسيط لبعض الرصف حول جوانب حواف الأخاديد، ويكون نتيجة هبوط لدن غير ثابت يحدث في طبقات الرصف السطحية أو طبقات الرصف الأخرى نتيجة مرور

السيارات، وضعف الدمك لطبقات الرصف، وضعف ثبات الخلطة الإسفلتية، وزيادة نسبة الإسفلت في الخلطة.

الشكل يوضح مثال عن التخدد في الطريق

**درجة الشدة:

-قليلة الشدة: ذات عمق أقل من /٥/ مم إلى /١,٥/ سم.

-متوسطة الشدة: ذات عمق من /١,٥/ سم إلى /٢,٥/ سم.

-عالية الشدة: ذات عمق أكبر من /٢,٥/ سم.

هـ- انتفاش أو انتفاخ الرصف Swelling هو انتفاخ محدود في الطبقة السطحية الإسفلتية لأعلى، أو عبارة عن تضخم في مناسيب جزء من الرصف عن باقي الرصف قد يصاحبه بعض الشقوق، ويحدث نتيجة عيوب في طبقة التأسيس نتيجة لنوعية المواد المستخدمة، واستخدام مواد ذات خواص انتفاشية في طبقات الرصف، ونتيجة لظاهرة الصقيع في طبقات الأساس، أو الأساس المساعد تحت طبقات الرصف.

الشكل يوضح مثال عن انتفاخ في الطريق

**درجة الشدة:

-قليل الشدة: انتفاخ طبقات الرصف الإسفلتية بمقدار بسيط لأعلى، ولا يرى بالعين المجردة.

-متوسط الشدة: انتفاخ طبقات الرصف الإسفلتية بمقدار متوسط ومحسوس في أثناء القيادة للسيارة.

-عالي الشدة: انتفاخ طبقات الرصف الإسفلتية بمقدار عالي وملحوظ جيداً بالعين المجردة، ومحسوس في أثناء القيادة للسيارة.

و- **التقعر والتحدب Sags and Bumps:** إزاحة للإسفلت في اتجاه الحركة، وتختلف عن الزحف لأن الزحف يكون نتيجة خلطات إسفلتية سيئة، والتقعر، هو هبوط محدود في سطح الرصف لأسفل نتيجة إزاحة الإسفلت ويظهر في الاتجاه الطولي للطريق، وأسبابه تكرار الحركة المرورية، و ظاهرة الصقيع. أمّا التحدب فهو تحدب

محدود لأعلى وصغير في سطح الرصف نتيجة إزاحة الإسفلت لأعلى، ويظهر في الاتجاه الطولي في الطريق، وأسبابه انحناء الطبقة الإسفلتية السطحية، وظاهرة الصقيع في المناطق الباردة، وانتفاخ المواد في مناطق الشقوق مع حركة المرور.

الشكل يوضح نموذج عن التقعر في الطريق

**درجة الشدة:

-قليل الشدة: تقعر أو تحدب بسيط في سطح الرصف، ولا يحتاج لتهدئة السرعة، ولكن يشعر بها مستخدم الطريق.

-متوسط الشدة: تقعر أو تحدب متوسط في سطح الرصف في الاتجاه الطولي للطريق، وتحتاج لتهدئة السرعة.

-عالي الشدة: تقعر أو تحدب بسيط في سطح الرصف في الاتجاه الطولي، وتحتاج إلى التوقف.

إعداد: محمود عمر السعيد

المصادر:

١-تأثير التدرج الحبي للمواد الحصوية على أداء الخلطة الإسفلتية من حيث معيار التعب، رسالة ماجستير-جامعة دمشق، المهندسة دينا تنبكجي

٢- ملتقى المهندسين السوريين-موقع إلكتروني

٣-الإسقلت من الألف إلى التاء- موقع إلكتروني