



تقييم وإعادة تصميم مقطع من طريق زوارا البحرية

عبد الله على الربيب^{1*}، سعيدة عمران الفرجاني²

¹ قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا

² قسم هندسة الطرق والمهابط، كلية تقنية الطيران المدني والأرصاد الجوي، اسبيعة، ليبيا

Evaluation and Redesign of a Section of Zuwara Marine Route

Abdullah Ali El. Rabib^{1*}, Saeeda Omran Furgan²

¹ Faculty of Engineering, Sabratha University, Sabratha, Libya

² Department of Roads and Runways Engineering, Faculty of Technical Civil Aviation and Meteorology, Espiaa, Libya

*Corresponding author

airabib67@yahoo.com

*المؤلف المراسل

تاريخ النشر: 2023-11-10

تاريخ القبول: 2023-11-04

تاريخ الاستلام: 2023-09-25

الملخص

ينشئ الطريق وفقا للقياسات الهندسية والمواصفات الفنية اللازمة للحصول على منشأ قادر على أداء وظيفته على الأكمّل، وذلك خلال العمر التصميمي للطريق إلا أنه نتيجة للاستخدام والتقدم تحدث الكثير من التغيرات في منشأ الطريق وفي خواص مواد الطريق، وبالتالي يتعرض الرصف إلى الأضرار الإنشائية والوظيفية.

والمقصود بالأضرار الإنشائية هو انهيار المنشأ المرصوف بالكامل أو جزء من مكوناته بقدر يجعل هذا المنشأ غير قادر على سند الأحمال الواقعة على سطحه، أما الإضرار الوظيفية فلها علاقة بخدمية المنشأ المرصوف وصلاحيته بالدرجة الأولى للاستخدام وليس له علاقة بمقدرة هذا المنشأ على سند الأحمال الواقعة عليها، ويرتبط الضرر الوظيفي أساساً بدرجة الخشونة لسطح الرصف، ولتحديد هذه الإضرار يتطلب الأمر اتباع طرق لتقييم الضرر تليها آلية الصيانة المطلوبة. لهذا جاءت هذه الدراسة على طريق زوارا البحرية كحالة دراسية باعتبارها طريق حيوية تخدم الميناء والمنطقة التجارية والسكنية بالإضافة إلى وجود أضرار إنشائية كبيرة به. وتمثلت المنهجية في تجميع المعلومات من خلال الزيارة الميدانية وإجراء الحصر المروري بساعات الذروة الصباحية والمسائية لمعرفة حجم التدفق المروري وأخذ عينات من التربة الطبيعية وطبقة الأساس الحبيبي وإجراء اختبار نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR). تم استخدام طريقة PCR لتقييم حالة الرصف والتي أظهرت أن الطريق متهاك ويحتاج إلى عملية تجديد. كما أعيد تصميم الطريق هندسياً وإنشائياً وفقاً للمعلومات المتحصل عليها. وخلصت الدراسة إلى جملة من الاستنتاجات والتوصيات التي نأمل أن تؤخذ بعين الاعتبار من قبل ذوي الاختصاص.

الكلمات المفتاحية: أحجام التدفق المروري، ساعة الذروة، حالة الرصف PCR، وحدة العامل المكافئ للمركبة الخاصة (P.C.U)، التصميم الإنشائي باستخدام برنامج (PAVEXpress).

Abstract

The road is constructed according to the engineering measurements and technical specifications required to obtain a structure capable of performing, its function perfectly, during the design life of the road. However, as a result of use and aging,

many changes occur in the origin of the road and in the properties of the road materials, and thus the pavement is exposed to structural and functional damage. What is meant by structural damage is the collapse of the entire paved structure or part of its components to the extent that makes this structure unable to support the loads falling on its surface. As for the functional damage, it is related to the serviceability of the paved structure and its primary suitability for use and has nothing to do with the ability of this structure to support the loads placed on it. Functional damage is mainly related to the degree of roughness of the paving surface. To determine this damage, it is necessary to follow methods to evaluate the damage, followed by the required maintenance.

This study was conducted on the Zuwara Marine Road as a case study, as it is a vital road that serves the port and the commercial and residential area, in addition to the presence of major structural damage to it. The methodology was to collect information through a field visit, conduct a traffic survey during morning and evening peak hours to determine the volume of traffic flow, take samples of natural soil and the granular base layer, and conduct a California Load Ratio (CBR) test. Then, the PCR method was used to evaluate the pavement condition, which showed that the road was worn out and needed to be repaired (renewal process). The road was also redesigned geometrically and structurally according to the information obtained. The study concluded with a number of conclusions and recommendations, that we hope will be taken into consideration by specialists.

Keywords: Traffic Flow Volumes; Rush Hour; PCR Paving Condition; Private Vehicle Equivalent Factor Unit (P.C.U); Structural Design Using PAVEXpress Software.

مقدمة:

تقع مدينة زوارة في شمال غرب ليبيا على شواطئ البحر الأبيض المتوسط عند الحدود مع تونس، وتبعد عن العاصمة طرابلس حوالي 120 كلم غربا وعن الحدود مع تونس 60 كلم شرقا ويبلغ عدد سكانها حوالي 45 ألف نسمة، لها أصول أمازيغية وتعرف عند أهلها باللهجة الأمازيغية باسم "تامورت". وتتميز بمناخ معتدل حيث تتمتع بشتاء معتدل في معظم الأحيان وصيف مشمس إلى حد كبير، وتتراوح درجة الحرارة في شهر أغسطس ما بين 3 إلى 40 درجة مئوية. والشكل (1) يوضح جوية لمدينة زوارة.



شكل (1) صورة جوية لمدينة زوارة.

وتتمثل الدراسة في تقييم وتصميم هندسي وإنشائي لمقطع من طريق حضري يقع داخل مخطط مدينة زوارة منذ بداية الثمانينات ويبلغ طوله 1000 متر ويقع بالقرب من شاطئ البحر ويصنف هذا الطريق بأنه طريق تجميعي وفق التصنيف الوظيفي الليبي للطرق والشوارع [1]، ويتكون من أربع حارات بفاصل

اوسط بعرض 1 متر ويوجد به ثلاثة جزر للدوران ويخدم هذا الطريق الحركة المرورية من والى الميناء ومحطة تحليه المياه والمنطقة التجارية على جانبيه ويتصل مع الطريق الدائري عند الجزيرة الغربية. والشكل (2) يوضح مسار الطريق المدروس.



شكل (2) مسار الطريق المدروس.

ويرجع أسباب اختيار الدراسة إلى تجاوز الطريق للعمر الافتراضي وظهور مشاكل إنشائية كالتشققات التماسحية والطولية والعرضية والحفر والهبوطات بسبب قلة الصيانة الوقائية والدورية.

الجانب العملي والمنهجية

تتمثل منهجية الدراسة في إجراء المسوحات الميدانية بتجميع المعلومات بالطريق المدروس وحالته الإنشائية من خلال الفحص البصري والصور الرقمية والمقابلات الشخصية. والقيام بالحصص التصنيفي للمركبات لمعرفة حجم التدفق المروري خلال ساعات الذروة المختلفة. تليها الجانب العملي بعمل الاختبارات المعملية لتربة الأساس الترابي لتحديد قوة تحمل التربة (CBR) واستخدام طريقتين للتصميم الإنشائي ثم اقتراح أفضلها بما يتماشى وأحجام التدفق المروري الحالي والمستقبلي.

الفحص البصري للطرق:

من خلال الفحص البصري لمقطع الطريق تم التعرف على الأضرار الإنشائية الآتية:

• التشققات التماسحية:

وهي عبارة عن تشققات متواصلة تكون سلسلة مضلعات صغيرة تشابه جلد التماسح، وقد يكون سببه الحركة المرورية أو العمر الافتراضي على الطريق وانعدام الصيانة الدورية [2]. والشكل (3) يوضح هذه التشققات.



شكل (3) التشققات التماسحية بقطاع الطريق المدروس.

- التشققات الطولية:
تنتشر الشقوق الطولية في الطريق حيث تمتد موازية لمحور الطريق، حيث تتركز هذه التشققات بفواصل الإنشاء الطولية كما موضح بالشكل (4).



الشكل (4) التشققات الطولية بقطاع الطريق المدروس.

- الحفر:
تنتشر بالطريق عدة حفر، يرجع سببها للماء الموجود في تربة الأساس وحركة المرور التي تمر فوق المنطقة المصابة، حيث يضعف الماء أولاً تربة المسار، ثم تتسبب حركة المرور في إجهاد وتكسر سطح الإسفلت في المنطقة المتضررة [2] ويوضح الشكل (5) انتشار للعديد من الحفر بمسار الطريق.



الشكل (5) الحفر الموجودة في مسار الطريق.

- البري (الركام المصقول):
يرجع سبب البري إلى تعري الحصى من المادة الإسفلتية وزيادة نعومتها بسبب احتكاك العجلات وتجاوز الطريق للعمر الافتراضي [2]، وينتشر هذا الضرر على كامل أسطح الرصف الإسفلتي كما هو موضح بالشكل (6).



شكل (6) بري طبقة الإسفلت.

• الرقع:
يتم استخدام هذه الطريقة في كثير من الأحيان أكثر من غيرها لأنها اقتصادية . لكنها تؤدي إلى التدمير السريع للرقع بعد الإصلاح، وتعتمد جودة هذا الإصلاح على الامتثال لتكنولوجيا الترقيع. وكثيرا لا يهتم العمال بالشروط والمتطلبات التي يجب مراعاتها في عملية إصلاح الطرق، وبالتالي فإن السلوك غير العادل والإهمال تجاه العمل يؤدي إلى تدمير سطح الطرق [2]. والشكل (7) يبين ذلك.



الشكل (7) شكل الترقيع بقطاع الطريق المدروس.

المسوحات المرورية:

تم استخدام الحصر المروري اليدوي لمعرفة حجم وحركة وتصنيف المركبات المارة بالمقطع المدروس بساعات الذروة الصباحية والمسائية وأوقاتها الزمنية ويعمل (5) محطات رصد موزعة بطريقة تضمن تغطية كاملة لمسار الطريق والشكل (8) يبين أماكن نقاط الرصد.



شكل (8) أماكن نقاط الرصد المروري بقطاع الطريق المدروس.

والجدول (1) يبين نتائج الحصر المروري للمركبات المارة خلال نقاط الرصد بساعة الذروة.

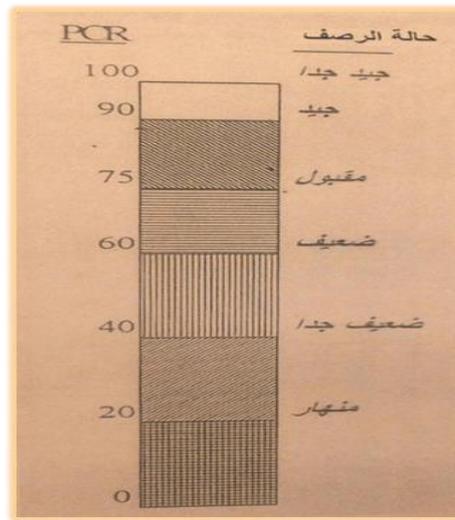
جدول (1) أحجام التدفق المروري بساعة الذروة (مركبة / الساعة في اتجاهين)

ت	أسم الطريق	رقم محطة الرصد	ساعة الذروة	حجم الحركة المرورية بساعة الذروة (مركبة / الساعة) (P.C.U)
1	مقطع من طريق زوارة البحرية	1	- 12.00 م 13.00	504
		2	- 12.00 م 13.00	406

424	- 17.00 م 18.00	3		
436	- 12.00 م 13.00	4		
524	- 17.00 م 18.00	5		
576	- 17.00 م 18.00	6		

تقييم حالة الرصف PCR Pavement Condition Rating

تعتمد هذه الطريقة على الفحص البصري للرصف ، والتحديد الدقيق لحالة الضرر ، إذا تعطى قيم عددية للضرر تعرف بنسبة الضرر وقيم عددية أخرى لكل من حدة الضرر ومدى انتشاره، حيث تقسم حدة الضرر إلى ثلاث مستويات (عالي ومتوسط ومنخفض) كما يمكن تقسيم انتشار الضرر إلى ثلاثة درجات (طارئ ومتوسط وكثيف) كما هو موضح باستمارة تقييم حالة الرصف بالجدول (2)، ويتم في هذه الطريقة تقييم حالة الرصف على مقياس من (0 - 100) كما بالشكل (9)، حيث يعتبر الرصف في حالة جيدة جدا عندما تكون قيمة تقييم حالة الرصف PCR بين 90 و 100 ويكون الرصف في حالة انهيار إذا كان أقل من 20 [3].



شكل (9) تقييم حالة الرصف [3].

تفترض هذه الطريقة أن الحالة المثلى للرصف عند قيمة PCR = 100 ويتم تخفيضها بناء على التشخيص الفعلي لحالة الضرر في الموقع، ويجري حساب ما يعرف بنقاط التخفيض لكل ضرر، وهي عبارة عن حاصل ضرب القيمة العددية لنسبة الضرر في القيمة العددية لحدة الضرر في القيمة العددية لمدى انتشار الضرر، وبطرح مجموع نقاط التخفيض من العدد 100 نحصل على قيمة تقييم حالة الرصف (PCR) [3].

جدول (2) استمارة تقييم حالة الرصف المرن [3]

نقاط التخفيض	انتشار الضرر			حدة الضرر			نسبة الضرر %	الضرر
	كثيف	متكرر	طارئ	عالي	متوسط	منخفض		
	1	0.8	0.5	1	0.6	0.3	10	انفصال الركام

	1	0.8	0.5	1	0.6	0.3	10	بري وصقل الحصى
	1	0.8	0.5	1	0.7	0.4	10	الحفر
	1	0.8	0.5	1	0.7	0.4	10	الفجوات
	1	0.8	0.5	1	1	1	5	عدم التحام الشقوق
	1	0.8	0.5	1	0.7	0.5	10	الهبوط
	1	0.8	0.5	1	0.8	0.4	5	التموجات
	1	0.7	0.5	1	0.7	0.4	15	تشققات التماسية
	1	0.7	0.5	1	0.7	0.4	10	التشققات العرضية وتشققات الكتل
	1	0.7	0.5	1	0.7	0.4	5	التشققات الطولية والفواصل
	1	0.7	0.5	1	0.7	0.4	5	تشققات الجانبية
	1	0.7	0.5	1	0.7	0.4	5	تشققات عشوائية
	مجموع نقاط التخفيض							
	مجموع التخفيضات الإنشائي							
	تقويم حالة الرصف PCR							

وباستخدام طريقة تقييم حالة الرصف ((PCR لمقطع الطريق بعد تقسيمه إلى عشرة قطاعات تم التوصل إلى النتائج المدرجة بالجدول (3) والتي بينت أن حالة الرصف ضعيف.

جدول (3) يوضح قيمة PCR لكافة قطاعات الطريق.

القطاع	نقاط التخفيض	قيمة PCR	تقييم الرصف بالقطاع
00+00 – 00+100	54.80	45.20	ضعيف
00+100 – 00+200	46.9	53.1	ضعف
00+200 – 00+300	57.4	42.6	ضعيف
00+300 – 00+400	55.85	44.15	ضعيف
00+400 – 00+500	45.75	54.25	ضعيف
00+500 – 00+600	55.2	44.8	ضعيف
00+600 – 00+700	58.1	41.9	ضعيف
00+700 – 00+800	69.9	30.1	ضعيف جداً
00+800 – 00+900	63.45	36.55	ضعيف جداً
00+900 – 01+000	65.71	34.29	ضعيف جداً

الاختبارات المعملية:

اختبار بروكتور المعدل (Proctor compaction test)

تهدف التجربة إلى تحديد مقدار الكثافة العظمى للتربة ومقدار محتوى الماء المثالي، من أجل فحص نسبة تحمل كاليفورنيا وكذلك الدمك في الموقع في حالة العينات للمواد التي ستستخدم في طبقات مشاريع الطرق. تم إجراء هذا الاختبار وفق المواصفات الفنية [4]:

((T – 180 – 90&90 AASHTOT 99.0D – 1557 -78& ASTM D – 698 -78))

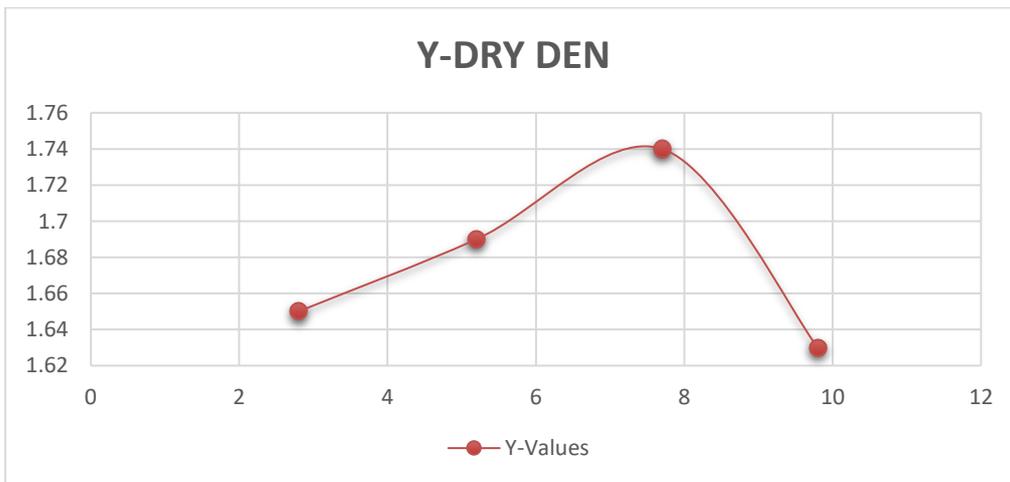
خطوات العمل:

تم تجهيز حوالي 500 جرام من التربة بعد تمريرها من المنخل رقم (4)، وتم تجهيز حوالي 3% من الماء من الوزن الكلي للعينة، ثم وضع العينة في وعاء الخلط مع إضافة الماء إليها وتخلط جيدا، ونقوم بوزن قالب الاسطوانة مع القاعدة وهو فارغ وليكن (W1)، ويتم وضع التربة في القالب الاسطواني على خمس طبقات بحيث تدمك كل طبقة 25 مرة باستخدام مطرقة الدمك الميكانيكية (الطريقة المعدلة)، نقوم بفصل الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة نقوم بإزالة التربة الزائدة لنتساوي مع سطح القالب ويزن القالب الاسطواني مع القاعدة والتربة المدكوكة وليكن (W2)، يتم فصل القاعدة واستخراج عينة التربة كما هي في الشكل (10) ونأخذ عينة من التربة المدكوكة من أسفل ووسط وأعلى القالب لتحديد محتوى الرطوبة لها.



الشكل (10) فصل القالب واستخراج عينة التربة.

ثم تمزج العينة المدكوكة مع التربة المتبقية ويتم إضافة نفس كمية الماء وتخلط جيدا، ونقوم بتكرار نفس الخطوات السابقة عدة مرات حتى نلاحظ أن وزن القالب الاسطواني مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء إليها، ويتم رسم الكثافة الجافة للتربة مع المحتوى المائي والذي ومنه تحدد الكثافة الجافة العظمى للتربة وهي أعلى نقطة في المنحنى ويمثل المحتوى المائي لهذه النقطة المحتوى المائي الأمثل (OMC) كما موضح بالشكل (11).



شكل (11) العلاقة بين محتوى الماء والكثافة الجافة.

أقصى كثافة جافة (Max. Dry Den) = 1.75 جرام / سم³

أفضل محتوى مائي (Opt. Moist) = 7.3%
والجدول (4) يبين قراءات تجربة الكثافة.

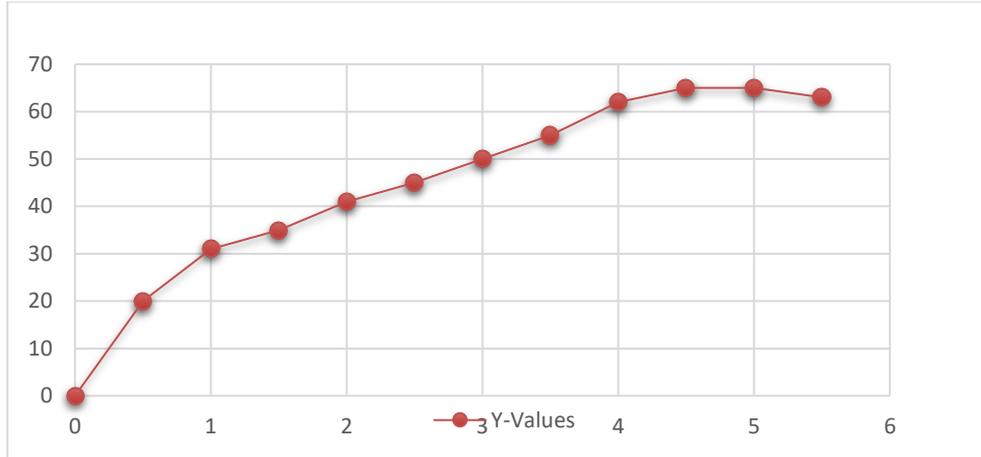
جدول (4) قراءات تجربة الكثافة العظمى

Point No.	1	2	3	4
Wt. M+S	4242.0	4318.0	4413.0	4325.0
Wt. M	2640.0	2640.0	2640.0	2640.0
Wt. W+T	29.0	28.3	27.2	26.8
Wt. D+T	28.6	27.6	26.3	25.6
Tare	13.8	15.6	14.6	13.7
Moist	2.8	5.2	7.7	9.8
Dry Den.	1.65	1.69	1.74	1.63

اختبار تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing ratio

الغرض من هذا الاختبار هو إيجاد قدرة تحمل التربة وذلك بإيجاد الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين ويمكن إجراء التجربة في المعمل أو في الطبيعة وفق المواصفات الفنية (ASTM D – 1883 – 87) ، (AASHTO T – 193 – 81) [4].

بعد إجراء اختبار الدمك لعينة التربة وتم إيجاد المحتوى المائي الأمثل (OMC) الذي كانت قيمته (7.3%) تم أخذ 5000 جرام من نفس العينة، يتم إضافة 7.30% من الماء من وزن العينة الكلي إلى التربة ويتم خلطها جيدا في وعاء الخلط، ثم نقوم بتجهيز قالب الاسطوانة ويتم وزنه من دون القاعدة والحلقة، يتم ربط القاعدة مع الحلقة المعدنية والاسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح في قاع القالب، نقوم بوضع عينة التربة في القالب بعد خلطها بحيث نضع على خمس طبقات وتدمك كل طبقة 56 دكه وفق المواصفات القياسية، نقوم بفصل الحلقة المعدنية عن القالب وتزال التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب ، ثم نفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الاسطوانة مع التربة، ومنه يحدد وزن وكثافة التربة، بعد ذلك نقوم بوضع ورقة الترشيح على القاعدة ونقلب العينة ويتم ربط القالب مع القاعدة بحيث نضع مجموعة من الأوزان لا تقل عن (4.5 كجم) ، نغمر العينة تماما بالماء ثم نوصل المؤشر المدرج، ونصفر المؤشر ويتم تسجيل قراءات المؤشر لتحديد مقدار الانتفاخ وينتهي الاختبار عند ثبوت قراءة المؤشر، بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ نترك العينة لمدة 15 دقيقة لخروج الماء منها ويجفف سطحها ونحسب وزنها مع القالب، نضع العينة في آلة قياس الضغط ونضع الأوزان ونصفر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق ثم نقوم بزيادة الضغط والاختراق ونقوم برسم منحني الضغط مع الاختراق ثم نسجل قراءة الضغط عند لا اختراق 0.2 و 2.5 و 5.0 ملم ومنها نحدد قيمة التحمل. بعد الانتهاء من الاختبار نستخرج العينة ثم نأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والثلث الأخير لتحديد محتوى الرطوبة للتربة المدكوكة. تحسب قيمة تحمل التربة (CBR) عند درجة الغرز (2.5mm) و (5.00mm)، ففي حالة أن قيمة (CBR) عند درجة الغرز (2.5mm) أكبر من (CBR) عند (5.00mm) إذا تؤخذ قيمة تحمل التربة (CBR) عند درجة الغرز (2.5mm)، أما إذا كانت قيمة تحمل التربة (CBR) عند (5.00mm) أكبر منها عند (2.5mm) إذا يجب إعادة الاختبار. إذا تم الحصول على نفس النتيجة فعليه يجب أخذ قيمة تحمل التربة عند (5.00mm) لغرض التصميم وفق مواصفات AASHTO. والشكل (12) يبين العلاقة بين الحمل والغرز، بينما الجدول (5) يوضح النتائج قيمة CBR.



شكل (12) منحنى العلاقة بين الحمل والغرز.

جدول (5) قراءات تجربة (CBR).

Pen. Mm	Dial Reading	Stress MPA	CBR %
0.0	0	0.000	
0.5	20	0.249	
1.0	31	0.386	
1.5	35	0.436	
2.0	41	0.511	
2.5	45	0.560	%8.1
3.0	50	0.623	
3.5	55	0.685	
4.0	62	0.772	
4.5	65	0.809	
5.0	65	0.809	%7.8
5.5	63	0.784	

الحسابات والنتائج:

إعادة تصميم عدد الحارات.

سيتم إعادة تصميم الطريق هندسيا لمعرفة القدرة الاستيعابية الحالية وفق الخطوات الآتية:

تحديد سعة الطريق:

تحدد السعة بناء على السرعة التصميمية ونوعية الطريق وعدد الحارات حيث أن الطريق موضوع الدراسة مصنف بطريق تجميحي ومتعدد الحارات والسرعة التصميمية 80 كم /الساعة [5].

■ السعة التصميمية وفق التصنيف الوظيفي اللببي = 1000 مركبة / ساعة

■ متوسط حجم المرور (V) = 478 مركبة /الساعة.

- اعلي تدفق مروري خلال (15) دقيقة من ساعة الذروة مضاعفة إلى أن تصل قيمتها إلى الساعة $4 \times V15 = 580$ مركبة / لكل 15 دقيقة.
 - معامل ساعة الذروة (PHF) هو عبارة عن النسبة بين الحجم المروري في ساعة الذروة وأعلى تدفق مروري خلال 15 دقيقة من ساعة الذروة مضاعفة إلى أن تصل قيمتها إلى الساعة (V15) $(\times 4)$.
 - التدفق الخدمي (Service flow) أعلى تدفق مروري خلال (15) دقيقة من ساعة الذروة مضاعفة إلى أن تصل قيمتها إلى الساعة. ويمكن إيجاد معامل التدفق الأقصى (SF) في حالة الظروف الغير مثالية من العلاقة (1) التالية [5]:
- $$SF (max) = C_j \times (V/C) \times N \times F_w \times F_{hv} \times F_p \times F_e \dots\dots\dots (1)$$

حيث:

- = N عدد الحارات
- = C_j السعة وفقا للسرعة
- = V الحجم المروري
- = F_w معامل تصحيح (عرض الحارة, وجود عوائق)
- = F_p معامل تصحيح قطاع السائقين.
- = F_e معامل تصحيح نوع الطريق.
- = f_{hv} معامل تصحيح المركبات الثقيلة.

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + [PT(E_T - 1) + P_B(E_B + 1)]} \dots\dots\dots (2)$$

حيث:

- = PT نسبة عدد الشاحنات
 - = E_T معامل يخص الشاحنات ويساوي 1.7 للطرق المستوية.
 - = P_B نسبة عدد الحافلات
 - = E_B معامل يخص الحافلات ويساوي 1.5 للطرق المستوية.
- وتؤخذ هذه المعاملات من الجدول رقم (6)

جدول رقم (6) يوضح قيم جميع المعاملات المطلوبة [5].

Factor	C _j	(V/C)	F _w	F _p	F _e	F _{hv}			
						ET	EB	PT	PB
Value	1000 Pc/Hr/lane	0.5	1	0.98	1	1.7	1.5	0.714	0.816
						0.52			

السعة العملية = السعة التصميمية $\times F_p \times (v/c)$
 السعة العملية = $490 = 0.98 \times 0.5 \times 1000$ = 490 مركبة / ساعة.

تحديد عدد حارات الطريق.

يتم إيجاد عدد الحارات بالاعتماد على المعادلة (3) [5].

$$SF (max) = C_j \times (V/C) \times N \times F_w \times F_{hv} \times F_p \times F_e \dots\dots\dots (3)$$

$$PHF = V / (V15 \times 4) = 478 / (580) = 0.824$$

$$SF (\max) = V / PHF = 478 / 0.824 = 580 \text{ Pc/Hr/lane}$$

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + [0.824(1.70 - 1) + 0.816(1.50 - 1)]} = 0.503$$

وبناء على ذلك تكون عدد الحارات كالتالي:

$N = 580 / (1000 \times 0.5 \times 0.98 \times 1 \times 0.503 \times 1) = 2.35 \approx 2 \text{ lanes/direction}$
من إعادة تصميم الطريق نلاحظ إن السعة الاستيعابية بوضعه الحالي والمتكون من أربع حارات كافيته للحركة المرورية الحالية أي بواقع حارتين في كل اتجاه.

تحديد مشغولية الطريق [5]:

$$M = V / \text{Lanes} = 478 / 4 = 120 \text{ Pc/Hr/lane}$$

تحديد مستوي الخدمة:

لتحديد مستوي الخدمة سنعتمد على الجدول (2) وذلك بإيجاد النسبة (M/C) والسعة هنا هي السعة العملية [5]. ويتم إيجاد النسبة كالتالي:

$$M/C = 120/490 = 0.244$$

ومن الجدول (7) نحدد مستوي الخدمة وهو المستوي (A)

جدول (7) العلاقة بين المشغولية ومستوي الخدمة [5].

مستوى الخدمة	M / C	خصائص المرور
A	اقل من 0.40	سريان حر، سرعة عالية، كثافة مرورية منخفضة.
B	0.60 - 0.40	انسياب مستقر، سرعة عالية، مع قليل من التأخيرات المحتملة (مناسب لتصميم الطرق من الدرجة الأولى ويستخدم خارج المدن)
C	0.80 - 0.60	انسياب مستقر، سرعات عالية، تأخيرات قليلة (مناسب للطرق داخل المدن)
D	0.90 - 0.80	انسياب يقترب من عدم الاستقرار، سرعات عالية نسبياً مع وجود بعض التأخيرات (مناسب لتصميم الطرق الجبلية)
E	1.00 - 0.90	انسياب غير مستقر، سرعة منخفضة مع احتمال وجود اختناقات مرورية
F	أكبر من 1.00	انسياب مضطرب، تأخيرات عالية، سرعات منخفضة جداً مع احتمال التوقف والشلل التام للمرور ويسمى في هذه الحالة بالمرور اللزج

التصميم الإنشائي للطريق:

تعتبر عملية التصميم الإنشائي للطريق عبارة عن إيجاد سمك طبقات الرصف المرن لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير عليه. وسيتم استخدام طريقتين للتصميم وهم:

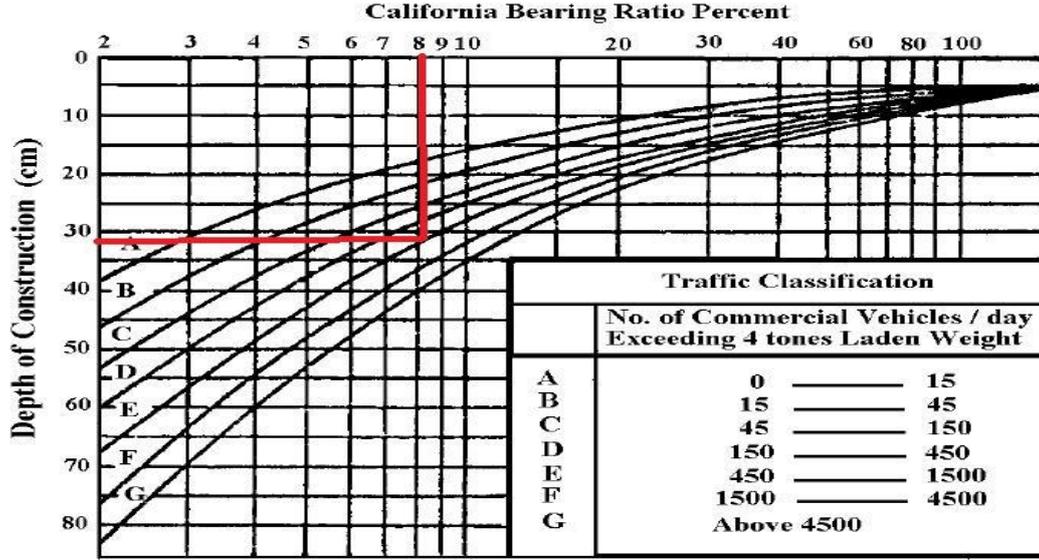
طريقة التحميل النسبي لكاليفورنيا (CBR)

بمعلومية حجم التدفق المروري وقيم (CBR) للطبقات نستخدم المخطط المبين بالشكل (13) ومنه إيجاد سمك طبقات الرصف علماً بان قيم CBR كانت على النحو التالي:

1. طبقة التربة الطبيعية = 15 %

2. طبقة الأساس = 80 %

3. الأساس المساعد = 40 %



C.B.R Design Chart

شكل (13) منحني طريقة (CBR) [6].

من خلال المنحني تم الحصول على سمك طبقة الرصف بالكامل ومنها تم الحصول على سمك كل طبقات الرصف فكان السمك الكلي:

$$t = 32 \text{ cm} \approx 35 \text{ Cm}$$

يتم في هذه الحالة اختيار ثلاث طبقات من الرصف المرن وهي عبارة عن طبقة الأساس الحبيبي والطبقة الإسفلتية الرابطة والطبقة السطحية.

- طبقة الأساس الحبيبي = 25 سم
- الطبقة الإسفلتية الرابطة = 6 سم
- الطبقة السطحية = 4 سم

طريقة دليل اشثو (AASHTO) باستخدام البرنامج (PAVEExpress)

تم تصميم طبقات الرصف المرن باستخدام برنامج (PAVEExpress) وهو وسيلة مجانية عبر الإنترنت تساعد في إنشاء رصيف مبسط والتصميم باستخدام المدخلات الهندسية الرئيسية، بناءً على (1993 - AASHTO)، يمكن الوصول إليها عبر الويب مجاني بدون تكلفة للاستخدام، استناداً إلى معادلات تصميم الرصف [7]. وفق الخطوات الآتية:

1. نضغط على الأيقونة (Launch) كما في الشكل (14):

شكل (14) واجهة البرنامج.

2. بعد ذلك تظهر لك الأيقونة (Launch App) إذا لم يكن لديك حساب على هذا البرنامج قم بإدخال بيانات الأيقونة (Need an Account)، أما إذا كان لديك حساب على هذا البرنامج فقم بإدخال بيانات الأيقونة (Registered User) كما هو بالشكل (15):

شكل (15) كيفية تسجيل الدخول للبرنامج.

3. ستظهر الشاشة الموضحة بالشكل (16) وهي تسجيل الدخول إلى حسابك الخاص على البرنامج ثم يتم الضغط على (+Project):

شكل (16) يوضح نافذة البرنامج.

4. ستظهر الشاشة الموضحة بالشكل (17) وقم بإدخال البيانات:

شكل (17) تسجيل اسم المستخدم.

5. ستظهر هذه الشاشة كما هي بالشكل (18)، قم بإدخال البيانات الخاصة بالمشروع:

شكل (18) إدخال بيانات المشروع.

6. بعد الانتهاء من عملية إدخال البيانات اضغط على الايقونة (Next) ستنتقل مباشرة إلى الأيقونة بيانات السيناريو (Scenario Information)، ثم قم بإدخال كافة المعلومات المطلوبة كما بالشكل (19):

الشكل (19) إدخال العمر التصميمي ومؤشر الخدمة.

7. قم بإدخال المعلومات الخاصة بالمرور والأحمال المرورية كما بالشكل (20):

شكل (20) إدخال بيانات المرور..

8. ننتقل إلى الأيقونة (Pavement Structure) ويتم إدخال بيانات طبقة الرصف كما مبين بالشكل (21 أ، ب).

بيانات المرور

طريقة تحديد ESALS

ESALS باستخدام AADT | ESALS السنوية | ESALS تصميم

عام الانتهاء من حركة المرور (مركبات)

98930 **احسب من**

عامل معادلة الحمل

0.1776 **احسب**

ESALS سنة الإكمال

18,000

نمو حركة المرور

فترة التصميم

30 Years

معدل نمو حركة المرور في المستقبل

2.5 %

معدل نمو ESAL

2 %

ESALS إجمالي تصميم (W₁₈)

1,107,000

شكل (21 أ) إدخال بيانات الطبقة السطحية.

AADT حساب حركة المرور من

استخدم هذه الصفحة لحساب متوسط حركة مرور سنوية الإكمال باستخدام قيمة AADT (متوسط أكثر من 93) AASHTO التاريخية، تأخذ عوامل ضبط الأحمال والخصائص من (AADT) متوسط حركة المرور اليومية السنوية

976 مركبات

مركبات التي تم توليدها

0.5

الانخفاض

مركبات (AADT% 0.9)

2

0.9

سنة إحصاء حركة المرور

2021

معدل النمو التاريخي لحركة المرور

1.5 %

عام الانتهاء من حركة المرور

98929.53970199997

تصميم مرور عام الإكمال

تالي

شكل (21 ب) يوضح إدخال بيانات حركة المرور.

9. ننتقل إلى الأيقونة (Pavement Substructure) ونقوم بإدخال كل المعلومات الخاصة بطبقات الأساس الترابي والأساس الحبيبي كما بالشكل (22):

طبقات القاعدة

عمل؟	وزاره الدفاع المرية	سمائه	لغائب الصرف الصحي	Coef. طبقه	نوع الطبقة
<input type="checkbox"/>	28000	بوصه 6	1	0.14	قاعدة الركام
<input type="checkbox"/>	30000	بوصه 6	1	0.11	الركام سميس

الطبقة السفلية

معدل المرونة (M_R)

9700 **احسب MR**

مخطط الرصف

طبقة الأسفلت

طبقات القاعدة

الطبقة السفلية

سابق **التالي** **يحفظ**

شكل (22) إدخال طبقتي الأساس الترابي والأساس الحبيبي.

10. ننتقل مباشرة إلى الأيقونة (Calculate Design) للحصول على نتائج التصميم كما بالشكل (23):

معلومات السيارة
معلومات التصميم
حركة المرور والتحميل
شكل الرصف
شكل فرعي للرصف
إرشادات التصميم

إرشاد

تصميم نطاق

سطح - المظهر الخارجي
قاعدة الركام
الركام سبب
الطبقة السطحية

SN: 3.20 الحد الأدنى المطلوب للتصميم

سماكة الطبقة (بوصة)

السطح: 5.00

قاعدة الركام: 6.00

الركام السبب: 6.00.00

SN مجموع: 3.70

⚠ سبب فحص حماية الطبقة. يمكن تقليل سماكة SN المطلوب SN يتجاوز التصميم الطبقة الأساسية ؛ ومع ذلك ، قد يؤدي التخلي عن حدود مشكلات في الإنشاء. لذلك ، يجب توثيق الحذر قبل ضبط السماكة الثانية أو الدنيا.

ملاحظات التصميم

موارد

جمعية كاليفورنيا لرصف الأسفلت

شكل (23) يبين سمك طبقات الرصف.

الاستنتاجات:

1. من خلال إعادة التصميم الهندسي للطريق من واقع الحركة المرورية الحالية تبين أن السعة الاستيعابية بوضعه الحالي والمتكون من أربع حارات كافيته أي بواقع حارتين في كل اتجاه.
2. الجدول (8) يوضح سمك طبقات الرصف إنشائياً باستخدام الطريقتين.

جدول (8) يبين المقارنة بين طرق التصميم الإنشائي.

طريقة التصميم الإنشائي	سمك طبقة الأساس الحبيبي (cm)	سمك طبقة الطبقة الإسفلتية الرابطة (cm)	سمك الطبقة الإسفلتية السطحية (cm)
طريقة التحميل النسبي لكاليفورنيا CBR	25	6	4
التصميم ببرنامج (PAVEXPRESS)	12.7	15.24	15.24

وبمقارنة النتائج بالطريقتين تم اختيار سمك طبقات الرصف المتحصل عليها من طريقة التحميل النسبي لكاليفورنيا، باعتبارها أسماك مناسبة واقتصادية.

3. الطريق المدروس به أضرار إنشائية كبيرة ويحتاج إلى إزالة بالكامل وإعادة رصفه من جديد.

5التوصيات:

من خلال هذه الدراسة نوصي بالآتي:

1. إزالة جسم الطريق بالكامل وإعادة رصفه من جديد بسبب المشاكل الإنشائية الظاهرة به وانتهاء العمر التصميمي.

2. العمل على توفير قاعدة بيانات على شبكة الطرق داخل مدينة زواره وذات معلومات كافية من رسومات وبيانات أحجام التدفق المروري وأبعادها وأطوالها حتى تمكن الباحث من القيام بالدراسة اللازمة.
3. إجراء دراسة تحليلية تبين الجدوى من أعمال الصيانة وتأثيرها اقتصاديا على المدى الطويل.
4. يجب الأخذ في الاعتبار الأحمال المرورية المارة على الطريق أثناء عملية التصميم.
5. الاستفادة بما جاء في هذا البحث من حيث معرفة الخطوات الصحيحة لتقييم أضرار الرصف ومدى انتشارها وكيفية الحد منها قبل أن تتفاقم المشكلة.
6. استخدام طرق حديثة ومختلفة للتصميم الإنشائي للطرق مثل طريقة (PAVEExpress) مواكبة للتطور العلمي واختيار المناسب منها.
7. نتمنى من جهات الاختصاص ببلدية زواره الاستفادة من هذه الدراسة في تقييم وصيانة الطرق.
8. إجراء التصميم المناسب وفق الأحمال المرورية ونوع المركبات وحجم الحركة المتوقع خلال العمر الافتراضي للطريق.

المراجع:

1. التصنيف الليبي للطرق والشوارع الحضرية، مصلحة الطرق والجسور، قطاع المواصلات والنقل، طرابلس – ليبيا.
 2. أ.د. حمدان عبد الوهاب، د. صالح بن حمود السويلمي، إدارة صيانة طبقات رصف الطرق والمطارات، دار الخريجين للنشر والتوزيع، الرياض، المملكة العربية السعودية ، 2001م.
 3. Madhavendra Sharma, Pradeep Kumar, Sanjeev Kumar Suman 2019, A Review of Pavement Condition Rating Models for Flexible Pavements, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 06 Issue: 06 | June 2019, India.
 4. الإدارة العامة للتنظيم والتخطيط العمراني، دليل تخطيط الطرق والمواصلات في المناطق الحضرية، البيرة، فلسطين، الطبعة الأولى ، 2013 م.
 5. مشروع تخرج في الطرق والنقل والمرور، إشراف د.م عبد الله المسوري، كلية الهندسة المدنية، جامعة صنعاء. 2011م.
 6. د. محمد عمران مبارك، د. محمد خليفة علي، هندسة الرصف، كلية الهندسة – جامعة طرابلس، الطبعة الأولى، 2003 م / 2004 م.
- المواقع الالكترونية:

http://www>mi.org/docs/PaveXpress_Update_2016_LRW