Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي (AAJSR)
E-ISSN: 2959-6505
Volume 2, Issue 1, January - March 2024, Page No: 304-320
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2023: 3.908 معامل التأثير العربي (AIF) 2023: 0.51 ISI 2023: 0.337

دراسة وتقييم الحالة الإنشائية لجسري طريق السكة وباب بن غشير بمدينة طرابلس باستخدام الفرضية الألمانية

سعيدة عمران الفرجاني [1*]، عبد الله على الربيب [2]
[1] قسم هندسة الطرق والمهابط، كلية تقنية الطيران المدني والإرصاد الجوي، إسبيعة، ليبيا
[2] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة صبراتة، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا

Study and Evaluation of the Structural Condition of the Al-Sikka Road and Bab Bin Ghashir Bridges in Tripoli City Using the German Hypothesis

Saeda Omran Al-Furjani[1*], Abdullah Ali El.Rabeeb [2]
[1] Department of Road and Airways Engineering, Faculty of Technical Civil Aviation, Sabeaa, Libya
[2] Civil Engineering, Engineering Faculty Sabratha, Sabratha University, Sabratha, Libya

*Corresponding author saeedaomran1980@gmail.com *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2024-01-21 تاريخ القبول: 2024-03-11 تاريخ النشر: 2024-03-25

الملخص

كثيراً ما تتعرض الجسور الخرسانية إلى أضرار وانهيارات نتيجة لأسباب وعوامل مختلفة؛ الأمر الذي يشكل ضرورة ملحة لتقييم حالة هذه المنشآت ومستويات تضررها، وذلك لضمان الاستثمار الآمن والسليم لها واتخاذ الإجراءات الضرورية لذلك.

لهذا أجريت هذه الدراسة على بعض الجسور المشيدة في ليبيا منذ عشرات السنين بمدينة طرابلس وشملت جسر طريق السكة وجسر باب بن غشير وذلك لتقييم حالتها الراهنة بالتعرف على الأضرار والعيوب الظاهرة عليها وأسبابها باستخدام طرق حديثة للكشف والتقييم.

واعتمدت دراسة وتقييم حالة الجسور بناءً على المعاينة البصرية باستخدام الفرضية الألمانية للتقييم. وبتطبيق هذه الفرضية على الجسور المدروسة تم التوصل إلى جملة من النتائج أهمها: ظهور بعض الشقوق البسيطة في أماكن متفرقة على الجدران والسقف للجسرين، ووجود شرخ على الحائط الساند لسقف الجسر الأوسط لجسر باب بن غشير، وأن نتائج التقييم لحالة الجسرين بينت أن جسر باب بن غشير أكثر ضرراً من جسر طريق السكة ويحتاج إلى الصيانة بشكل سريع.

الكلمات المفتاحية: الفحص البصري، الحالة الإنشائية، الجسور، جسري طريق السكة وباب بن غشير، طرابلس، الفرضية الألمانية.

Abstract

Concrete bridges often suffer damage and collapse due to various causes and factors. This creates an urgent need to assess the condition of these structures and the extent of their deterioration to ensure safe and proper investment in them and to take the necessary actions.

For this reason, a study was conducted on some long-standing bridges in Tripoli, Libya, including Asseka Road Bridge and Bab Ben Ghashir Bridge. The purpose of the study was to assess their current condition by identifying visible damages and

defects and determining their underlying causes using modern methods of detection and evaluation. The study focused on evaluating the current condition of these bridges by identifying visible damages and defects and determining their causes using modern methods of detection and assessment.
The study relied on visual inspection based on the German hypothesis for evaluation to assess the condition of the bridges. By applying this hypothesis to the studied bridges, several important findings were obtained. These include the presence of minor cracks in various locations on the walls and ceiling of both bridges, as well as the existence of a crack on the supporting wall of the middle roof of Bab Ben Ghashir Bridge. The assessment results indicated that Bab Ben Ghashir Bridge is more damaged than the Railway Road Bridge and requires prompt maintenance.

Keywords: Visual Inspection; Structural condition; Bridges, Al-Sikka Road and Bab Bin Ghashir Bridges; Tripoli; German Hypothesis.

مقدمة:

الجسور هي هياكل هندسية تستخدم لتمرير المركبات والمشاة فوق عوائق طبيعية مثل الأنهار والوديان والطرق السككية والأودية. تعد الجسور أحد أهم العناصر في البنية التحتية للمدن والبنى التحتية العامة، وتلعب دوراً حيوياً في ربط المناطق المنفصلة وتسهيل حركة المرور والتنقل.

تتنوع أشكال وأنواع الجسور بناءً على العديد من العوامل مثل الموقع الجغرافي والمسافة التي يجب تجاوزها ونوع المركبات التي ستعبر الجسر والمتطلبات الهيكلية والجمالية. كما تعد الجسور من العناصر الأساسية والهامة في أي شبكة من شبكات النقل المختلفة؛ خصوصاً شبكات الطرق. ورغم هذه الأهمية لم تجد الجسور اهتماماً في كثير من الأحيان وكأنها تلك المنشآت التي لا تحتاج للصيانة والإصلاح، بشكل دوري؛ بل وتستطيع أن تخدم لسنوات طويلة على هذا الحال. هذه الطريقة من التفكير تؤدي إلى أن عجلة التضرر تصبح أكبر من عجلة الإصلاح، مما يؤدي إلى خسائر مستقبلية كبيرة؛ حيث يصبح المنشأ في حاجة إلى استبدال بعض العناصر وأحياناً إعادة الإنشاء بالكامل لكي يتمكن من أداء الوظيفة التي أنشئ من أجلها [1].

تشير الحالة الانشائية للجسور إلى حالة الجسر من الناحية الهيكلية والتصميمية. يتم تقييم الحالة الانشائية للجسور للتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح وتلبي المعايير الفنية والأمان المعتمدة. ومن هذا المنطلق سيتم دراسة حالة جسر طريق السكة وجسر باب بن غشير بمدينة طرابلس، والذي تم إجراء صيانة لهما في سنة 2009 م؛ حيث كانت حالتهما متهالكة وتوجد بهما أضراراً عديدة. وفي هذه الدراسة تم إجراء الفحص البصري لهذه الجسور وحصر الإضرار الموجودة بها وتقييم هذه الأضرار باستخدام الفرضية الألمانية لتقييم الجسور الخرسانية؛ حيث تنص الفرضية الألمانية بتفتيش الجسور على مستويين يسمى اختبار رئيسي واختبار ثانوي [2].

الاختبارات الرئيسية هي عمليات التفتيش على طول الذراعين (صياغة DIN هي "مسافة اللمس") لجميع العناصر مع إمكانية الوصول إلى جميع الأجزاء. يتم إجراء اختبارات بسيطة بعد ثلاث سنوات من كل اختبار رئيسي. تستخدم الاختبارات البسيطة نتائج الاختبار الرئيسي السابق وتركز على الأضرار والعيوب المعروفة. في ألمانيا، تتراوح مقاييس تصنيف الحالة من 0 (جيد) إلى 4 (ضعيف جداً). يتم تعيين ثلاث تصنيفات لكل مكوّن من مكونات الجسر؛ واحد لكل من الأضرار الهيكلية والسلامة المرورية ومتانة الجسر [3]. لضمان اتباع نهج معياري لتقييم الأضرار، تم تزويد فرق التفتيش بكتالوجات تحتوي على مثال مفصل لتقييم الأضرار، كما تم تحديد ما مجموعه 6 مستويات من تصنيفات حالة الجسر للأضرار المحتملة متدرجة (0 إلى 4)، مخصصة للاستقرار والسلامة والمتانة.

الجسور

الجسر هو منشأ يستخدم للعبور من مكان إلى آخر بينهما عائق، وقد يكون هذا العائق مجرى مائيا أو أرضاً وعرة أو وادياً شديد الانخفاض، وقد يكون هذا العائق طريقاً أو خط سكة حديدية أو أي منشأ مشابه، وقد أنشئت الجسور على مر العصور من الخشب والحجر؛ ثم من الفولاذ والخرسانة لاحقاً [4] ، وليس من اليسير توحيد طرق تصنيف الجسور في المدن، حيث إن طرق التصنيف تتعدد حسب الأسباب والأهداف وتصنيف الجسور من حيث الاستخدام والترتيبية الإنشائية تنقسم الجسور من حيت الاستخدام إلي (جسور سيارات وجسور مشاة والسكك الحديدية وجسور خطوط الأنابيب) من حيث الترتيبية الإنشائية إلى (جسور البلاطة وجسور ذات الكمرات وذات العوارض والهيكلية والمعلقة والمشدودة بالكبيلات والقوسية).

الفرضية الألمانية لتقييم الجسور الخرسانية:

الفرضية الألمانية للجسور هي نظرية هندسية ومفهوم تصميم يستخدم في بناء الجسور. تعتمد هذه الفرضية على مبدأ التصميم الاقتصادي والفعالية الهيكلية للجسور. وقد تم تطويرها في ألمانيا بواسطة المهندس المعماري الألماني فريتز ليونهارد في القرن التاسع عشر [5]. تهدف عمليات تفتيش الجسور في ألمانيا إلى ضمان سلامة واستدامة البنية التحتية للجسور. تعد الجسور جزءً هاماً من البنية التحتية للنقل، وتتعرض للتآكل والتأثيرات البيئية والأحمال الثقيلة على مر الزمن. لذا، تتطلب عمليات تفتيش منتظمة لضمان أن الجسور تستوفي المعايير الهيكلية وتكون آمنة للمرور.

تتبع عمليات تفتيش الجسور نهجاً شاملاً ومنهجياً يستند إلى المعايير والمواصفات الفنية. تشمل هذه العمليات المراجعة المنتظمة لحالة الجسور وتقييمها الهيكلي لضمان سلامتها واستدامتها. وفيما يلي بعض الخطوات العامة التي تتبع في عمليات تفتيش الجسور في ألمانيا [6]:

1. تقييم هيكل الجسر: يتم فحص العناصر الهيكلية للجسر بشكل دوري لتقييم حالتها، مثل الأعمدة والجوائز والأرصفة والرصيف العلوي والقواعد. يتم التحقق من سلامتها واستقرارها ومطابقتها للمعايير الفنية، وذلك باستخدام تقنيات التفتيش المختلفة مثل التفتيش البصري واختبار الصوت واختبارات عدم التدمير. يتم تحليل النتائج وتقييم التشققات أو التآكل أو أي تلف آخر.
2. تقييم الحمولة والاهتزازات: يتم تقييم الحمولة المتوقعة على الجسر ومقارنتها بالحمولة التصميمية للجسر للتحقق من أن الجسر قادر على تحمل الأحمال المتوقعة بأمان. يتم تقييم الحمولة المتوقعة على الجسر واستدامته لتحملها. يتم دراسة التأثيرات الديناميكية مثل الاهتزازات الناجمة عن حركة المرور أو الظروف البيئية للتأكد من أن الجسر لن يتأثر بشكل غير مقبول
3. تقييم الأساسات والتآكل: يتم تفحص أساسات الجسر بشكل منتظم للتأكد من عدم وجود تشققات أو تصدعات تؤثر على استقرار الجسر. يتم استخدام تقنيات التفتيش المختلفة مثل التفتيش البصري والاختبارات غير المدمرة للكشف عن هذه المشاكل.
4. تقييم العوامل البيئية: يُراعى التقييم الدوري للعوامل البيئية التي تؤثر على الجسر مثل التآكل الناجم عن الرطوبة أو الملوثات البيئية. يتم اتخاذ التدابير اللازمة للحد من التأثيرات الضارة المحتملة [7].

المواد والطرق

اعتمدت الدراسة على التفتيش البصري والذي يتضمن تفحص الجسر ومكوناته بصرياً للكشف عن أي تشققات أو تصدعات أو تآكل وتقييمها. يتم استخدام أدوات مثل المناظير والكاميرات لتسهيل عملية التفتيش التفتيش البصري في الجسور يعتمد على خمسة مقاييس تستخدم في نظام تقييم حالة الجسر.

يوضح الجدول رقم (1) تصنيفات حالة الضرر الإنشائي للجسور التي اعتمدتها الدراسة بناء على 5 مقاييس كما يلي:

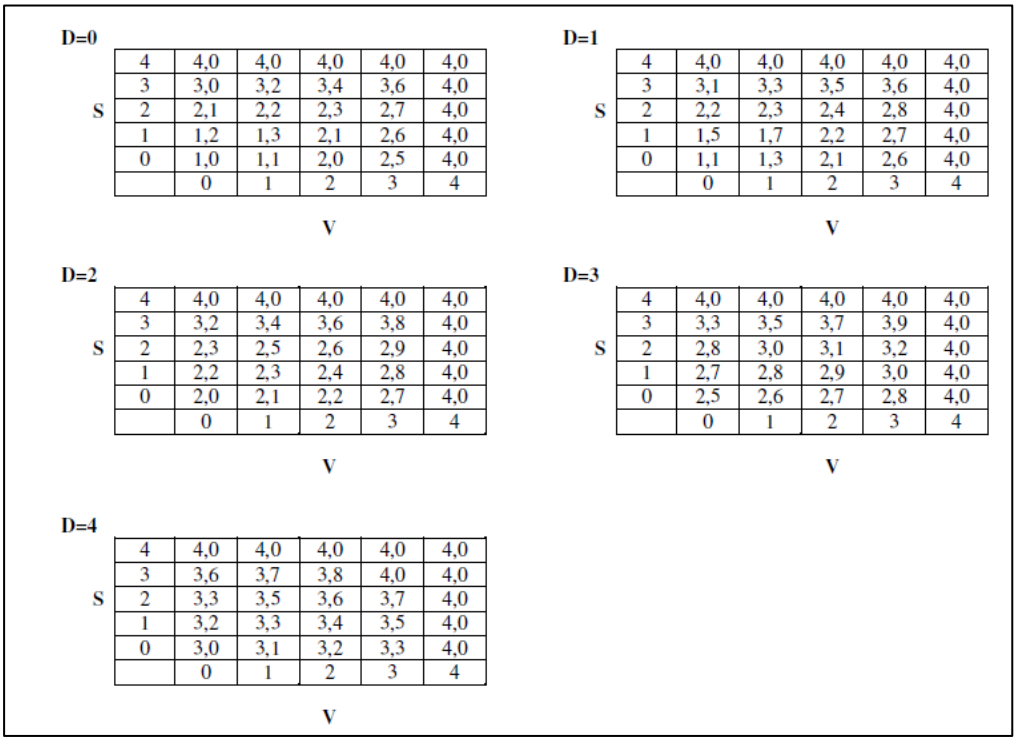
جدول 1. تصنيفات حالة الضرر الإنشائي للجسور.

تصنيف	التقدير	الوصف
0	جيد جداً	يشير إلى حالة الجسر التي يكون فيها الجسر ومكوناته وحالته الهيكلية في حالة ممتازة دون وجود تشققات أو تآكل. لا توجد حاجة للصيانة أو الإصلاحات.
1	جيد	يشير إلى حالة الجسر التي يكون فيها الجسر ومكوناته في حالة جيدة عمومًا، ولكن قد يكون هناك بعض التشققات الصغيرة أو التآكل الطفيف. يحتاج إلى صيانة منتظمة ورصد دوري للحفاظ على حالته.
2	متوسط	يشير إلى حالة الجسر التي يكون فيها بعض المكونات الخرسانية متضررة بشكل ملحوظ، مع وجود تشققات واضحة أو تآكل معتدل. يحتاج إلى إجراء إصلاحات وصيانة مستمرة لضمان السلامة والاستدامة.
3	سيء	سيء :(Poor) يشير إلى حالة الجسر التي يكون فيها الجسر ومكوناته في حالة سيئة، مع وجود تشققات كبيرة وتآكل واضح. يتطلب إجراء إصلاحات فورية وتدابير للحفاظ على السلامة.
4	سيء جداً	يشير إلى حالة الجسر التي يكون فيها الجسر ومكوناته في حالة سيئة جداً، مع تشققات كبيرة وتآكل شديد وتدهور هيكلي. يتطلب إجراء إصلاحات فورية وتدابير طارئة لضمان السلامة ومنع الانهيار.

والجدول رقم (2) يوضح تأثير الضرر على سعة الحمولة وسلامة المرور والمتانة، ويتم تحديد تقييم موجز لتأثير الضرر على سعة الحمولة وسلامة المرور ومتانة الجسور وفقاً للمصفوفة الواردة في الجدول التالي. تتم إضافة هذه الدرجة المميزة بـZ1 (وتعني نوع الضرر الموجود في الجسر) إلى القيمة الموجبة أو السالبة لـ ΔZ1 (وتعني قيمة الضرر الموجود هل صغير أم متوسط أم كبير) والتي بواسطتها يؤخذ التوزيع الكلي للحمل في الاعتبار:

U= small → $\Delta Z_1 = -0.1$
U= medium → $\Delta Z_1 = 0$
U=large → $\Delta Z_1 = +0.1$

ويتم حساب قيمة المتانة Durability (D) بعد معرفة قيمة كل من S,V (السلامة المرورية والحمولة) من المخطط التالي:



شكل 1. مخطط حساب المتانة durability (D) اعتماداً على (السلامة المرورية والحمولة).

جدول 2. يوضح تقييم موجز لتأثير الضرر على سعة الحمولة وسلامة المرور ومتانة الجسور.

الرتبة	المعيار		وصف الحالة
0	السلامة المرورية	S	لا يؤثر
	الحمولة	V	لا يؤثر
	المتانة	D	لا يؤثر
1	السلامة المرورية	S	▪ يؤثر على قدرة الحمولة للعنصر، ولكن ليس على البناء بأكمله. ▪ يتم إزالة الضرر في إطار الصيانة
	الحمولة	V	▪ تقليل التأثير على السلامة المرورية، ولكن السلامة المرورية موجودة. ▪ يتم إزالة الضرر أثناء الصيانة.
	المتانة	D	▪ إنه يؤثر على المتانة، ولكن لا يتوقع أي زيادة في الضرر، ولا يؤثر على العناصر الأخرى. ▪ يتم إزالة الضرر في إطار الصيانة.
2	السلامة المرورية	S	▪ يؤثر على سعة الحمولة، وبدرجة أقل على سعة حمولة المبنى. ▪ الانحرافات في حدود التسامح. ▪ إزالة الضرر في غضون فترة زمنية معقولة.
	الحمولة	V	▪ تأثير جزئي على السلامة المرورية ولكن السلامة المروية موجودة. ▪ إزالة الضرر أو تركيب علامات التحذير.
	المتانة	D	▪ إنه يؤثر على متانة العنصر، وعلى المدى الطويل، متانة المبنى بأكمله. ▪ إزالة الأضرار في غضون فترة زمنية معقولة.
3	السلامة المرورية	S	▪ يؤثر على حمولة العنصر والمبنى بأكمله. ▪ الانحرافات في حدود التسامح. ▪ إزالة الضرر على الفور. ▪ تقييد حركة المرور
	الحمولة	V	▪ يؤثر على سلامة حركة المرور. ▪ إزالة الضرر أو تركيب علامات التحذير على المدى القصير.
	المتانة	D	▪ إنه يؤثر على متانة العنصر وقريباً على متانة المبنى بأكمله. إزالة الأضرار في المدى القصير.
4	السلامة المرورية	S	▪ لا تحميل بعد الآن. ▪ حالياً الحد من حركة المرور والبدء في الإصلاح أو الترميم.
	الحمولة	V	▪ السلامة المرورية لم تعد موجودة. ▪ حالياً الحد من حركة المرور والبدء في الإصلاح أو والترميم.
	المتانة	D	▪ المتانة لم تعد موجودة. إصلاحات فورية، والحد من حركة المرور أو الترميم.

جدول 3. تصنيفات المكونات في ألمانيا.

الوصف	التصنيف
▪ حالة جيدة جداً للبناء. ▪ يتم ضمان سعة الحمولة والسلامة المرورية ومتانة الهيكل. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية.	1.4 – 1.0
▪ حالة جيدة للبناء. ▪ القدرة على التحميل والسلامة المرورية للبنية مضمونة. ▪ يمكن أن تكون متانة الهيكل طويلاً لأجل إلى درجة أقل. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية.	1.9 – 1.5
▪ حالة مرضية للبناء. ▪ القدرة على التحميل والسلامة المرورية للبنية مضمونة.	2.4 – 2.0

▪ من الممكن الضرر الموجود أو التسبب في مزيد من الضرر نتيجة للأضرار الموجودة، التي تؤدي في المدى الطويل إلى انخفاض كبير في سعة الحمولة و/ والسلامة المرورية أو زيادة الإنفاق. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية. ▪ هناك حاجة إلى إصلاحات على المدى المتوسط. ▪ قد تكون أعمال إعادة البناء أو علامات التحذير لزيادة السلامة المرورية ▪ هناك حاجة على المدى القصير.	
▪ حالة مرضية مؤقتة للبناء. ▪ قدرة التحميل مضمونة. ▪ السلامة المرورية قد تتعرض للخطر. ▪ ومن المتوقع تمديد الأضرار القائمة أو مزيد من الضرر نتيجة لتلك الموجودة، الأمر الذي يؤدي في المدى الطويل إلى انخفاض كبير في قدرة الحمولة و/ أو السلامة المرورية، أو زيادة الإنفاق. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية. ▪ هناك حاجة إلى إصلاحات على المدى القصير. ▪ قد تكون أعمالاً عادةً البناء أو علامات التحذير لزيادة السلامة المرورية ▪ هناك حاجة على المدى القصير.	2.9 – 2.5
▪ حالة حرجة للبناء. ▪ قد تتعرض سعة التحميل و/ أو السلامة المرورية للبنية للخطر. ▪ من الممكن ألا يتم ضمان استمرارية البناء. توسيع نطاق الضرر الحالي أو حدوث مزيد من الضرر نتيجة للأضرار الموجودة، يمكن أن يؤدي إلى غياب على المدى القصير لقدرة الحمولة و / أو السلامة المرورية للهيكل. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية. ▪ مطلوب الإصلاحات على الفور. ▪ أعمالاً عادة الإعمار، وعلامات تحذير لزيادة السلامة أو الحد من حركة المرور ▪ قد تكون هناك حاجة ماسة إلى الاستخدام.	3.4 – 3.0
▪ حالة غير مرضية للبناء. ▪ قدرة التحميل و/ أو السلامة المرورية للبناء معرضة للخطر بشكل كبير أو غير موجودة. ▪ من الممكن ألا يتم ضمان استمرارية البناء. ▪ قد يؤدي توسيع الضرر الحالي أو حدوث المزيد من الضرر نتيجة للمخاطر الموجودة إلى حدوث غياب في المدى القصير للحمل و / أو سلامة المرور، أو يؤدي إلى انهيارالهيكل بشكل لا رجعة فيه. ▪ مطلوب الصيانة الروتينية. ▪ مطلوب إصلاحات أو استبدال على الفور. ▪ أعمالاً عادة البناء أو علامات التحذير لزيادة السلامة المرورية أو ▪ قد يكون من الضروري تقييد الاستخدام على الفور.	4.0 – 3.5

المناقشة والتحليل

تقييم جسر طريق السكة باستخدام الفرضية الألمانية:

موقع الجسر: يقع جسر طريق السكة في الجزء الشرقي من العاصمة طرابلس على بعد حوالي 2.66 كم من البحر إلى الشمال. ويعتبر جسراً رئيسياً للعاصمة طرابلس، يربط بين وسط المدينة والجامعة ويربط الطرق المؤدية إلى مجموعة من مباني مؤسسات الدولة. الشكل رقم (2) يوضح موقع الجسر على موقع قوقل للخرائط وإحداثيات هذا الجسر هي"E 11'55 13^0 N "22'52 32^0.

شكل 2. يوضح موقع جسر طريق السكة على قوقل للخرائط.

التركيب الإنشائي للجسر:

تم تصميم جسر طريق السكة على شكل قوس بسيط مصنوع من الخرسانة المسلحة، تم بناء هذا الجسر في منتصف القرن العشرين، بيانات الأبعاد المميزة للجسر هي-

- الطول: 40.12 م
- العرض: 27.90 م
- الارتفاع: 4.85 م
- الامتداد الرئيسي: 28.50 م
- الرصيف (الجانب الأيمن): 4.0 م
- الرصيف (الجانب الأيسر): 3.90 م

العناصر الأساسية للجسر هي:

- الجدار الداخلي (جدار الدعم)
- الجدار الخارجي (دعامة)
- بلاطة كابولي قوس
- بلاطة عارضة بسيطة

تقييم حالة جسر طريق السكة لسنة 2021

المستوى الأول: الفحص الروتيني للجسر

جدول 3. تقييم المجموعة 1: الأجزاء العلوية للهيكل الانشائي

وصف الضرر أو العيوب	S الحمولة	V السلامة المرورية	D المثانة	
الجسور الخرسانية/ الخرسانة المسلحة / الهياكل الإنشائية سابقة الإجهاد.				
التبعيات: نوع البناء = جسر، عنصر البناء الأساسي = إنشاء الهيكل، مادة الهيكل الممتد = الخرسانة.				
الكتابة على الجدران على الأسطح المرئية.				$Z_{1.1.1}$

تغيرات مرئية على الخرسانة من تأثير الظروف الجوية.				$Z_{1.1.2}$
تآكل أقل للطبقة الواقية.	0	0	1	$Z_{1.1.3}$
جحافل على الجوانب السفلية للبناء.	x	x	x	
تلوث الممرات الداخلية للمبنى (بقايا القوالب أو غيرها).	x	x	x	
تلوث الممرات الداخلية للمبنى (بُراز الطيور أو غيرها).	x	x	x	
الحبيبات الخشنة للخرسانة للهيكل الممتد	0	0	1	$Z_{1.1.3\ 4}$
الطبقة الواقية فوق التسليح المساعد لتركيب التسليح الرئيسي صغيرة جداً.	x	x	x	
الطبقة الواقية للتسليح الرئيسي على الجانب السفلي من الهيكل صغيرة جد (3.0 إلى 3.9 سم) نوعية جيدة من الخرسانة.	x	x	x	
الطبقة الواقية للتسليح الرئيسي على الجانب السفلي من الهيكل صغيرة جداً (1.0 إلى 2.9 سم) نوعية جيدة من الخرسانة.	x	x	x	
الطبقة الواقية للتسليح الرئيسي على الجانب السفلي من الهيكل صغيرة جداً (1.0 إلى 2.9 سم) نوعية جيدة من الخرسانة.	X	x	x	
الطبقة الواقية للتسليح الرئيسي على الجانب السفلي من الهيكل صغيرة جدًا (أقل من 1.0 سم).	X	x	x	
التسليح الرئيسي مرئي على الجانب السفلي من الهيكل، والتسليح متآكل قليلاً (دون انخفاض كبير في المقطع العرضي).	X	x	x	
يقع التعزيز الرئيسي للهيكل الممتد في منطقة الكربنة وهو متآكل قليلاً (لا ينطبق على تعزيزات التصنيع المسبق).	x	x	X	
التسليح الرئيسي المرئي على الجانب السفلي من الهيكل الممتد، التسليح المتآكل (هناك انخفاض في المقطع العرضي).	x	x	X	
تزدهر في منطقة التسليح الرئيسي المتآكل بشدة على الجانب السفلي من الهيكل الممتد (تخفيضات متقدمة في المقطع العرضي).	x	x	X	
تزدهر في منطقة التسليح الرئيسي المتآكل بشدة على الجانب السفلي من الهيكل الممتد (يتم استبعاد التسليح الرئيسي جزئيًا من الحمل).	2	0	0	$Z_{1.1.5}$
اختراق جزئي للرطوبة.	x	x	X	
وصف الضرر / العيب.	x	x	X	

الجسور والشقوق في الخرسانة / الخرسانة المسلحة / الهياكل سابقة الإجهاد.				
التبعيات: نوع البناء = جسر، عنصر البناء الأساسي = الهيكل، مادة الهيكل = الخرسانة، الضرر = الشقوق.	x	x	x	
شقوق سطحية خارج منطقة الترطيب (العرض) تبلغ ≤ 0.1 مم في الخرسانة المسلحة أو الهياكل سابقة الإجهاد (مثل الشقوق الناتجة عن الانكماش).	x	x	x	
شقوق خارج منطقة الترطيب (الانكماش) بعرض 0.1 - <0.2 مم في الخرسانة المسلحة أو الهياكل سابقة الإجهاد.	x	x	x	
عرض الشقوق 0.1 - <0.2 مم في منطقة الترطيب (الانكماش) لهيكل RC	x	x	x	
الشقوق السطحية في منطقة الترطيب (العرض) 0.2 - ≤ 0.4 ملم في هيكل RC.	x	x	x	
شقوق متوازية مع الإجهاد المسبق بعرض 0.2 - ≤ 0.4 مم في منطقة الترطيب (العصر) في الهيكل مسبق الإجهاد.	x	x	x	
عروض الانكماش> 0.4 مم في منطقة الترطيب (الانكماش) لهيكل RC.	x	x	x	
شقوق بعرض> 0.4 مم مع هيكل مسبق الإجهاد (ليس في منطقة تمديد الكابل).	x	x	x	
شقوق بعرض <0.2 مم مع هيكل مسبق الإجهاد (في امتداد الكابل)	X	x	x	
شقوق بعرض 0.2 - ≤ 0.4 مم في مقدمة الهيكل (في منطقة امتداد الكابل).	X	x	x	
شقوق بعرض> 0.4 مم مع هيكل مسبق الإجهاد (في منطقة تمديد الكابل).	X	x	x	
الشقوق> 0.4 مم تحت الحمل.	X	x	x	

جدول 4. نتائج تقييم مجموعة 1

$Z_{1.1.1} = 1.0+0=1.0$	$\Delta Z_{1.1.1} = 0$	$Z_{1.1.1} = 1.0$
$Z_{1.1.2} = 1.0+0.1=1.1$	$\Delta Z_{1.1.2} = +0.1$	$Z_{1.1.2} = 1.0$
$Z_{1.1.3} = 1.1+0= 1.1$	$\Delta Z_{1.1.3} = 0$	$Z_{1.1.3} = 1.1$
$Z_{1.1.4} = 1.1+0= 1.1$	$\Delta Z_{1.1.4} = 0$	$Z_{1.1.4} = 1.1$
$Z_{1.1.5} = 2.0+0= 2.0$	$\Delta Z_{1.1.5} = 0$	$Z_{1.1.5} = 2.0$
6.3	المجموع	

الأجزاء السفلية للهيكل الإنشائي:

جدل 6. تقييم مجموعة 2: البنية التحتية للجسر.

وصف الضرر أو العيوب	S الحمولة	V السلامة المرورية	D المثانة	
الجسور والبنية التحتية.				
التبعيات: نوع البناء = الجسر، عنصر البناء الأساسي = البنية التحتية.	0	0	0	$Z_{1.1.6}$
تغيرات مرئية على الخرسانة من تأثير الظروف الجوية.	0	0	0	$Z_{1.1.7}$
تآكل أقل للطبقة الواقية.	0	0	1	$Z_{1.1.8}$
يشطف أقل في منطقة تدفقات المياه.	0	0	1	$Z_{1.1.9}$
تنظيف مقاعد البدلاء (القوالب أو غيرها).	0	0	0	
بطلان المقاعد (فضلات الطيور أو غيرها).	0	0	0	
بقايا القوالب التي تضغط على البناء.	0	0	0	
تنظيف مقعد التحمل بالرطوبة المتراكمة	0	0	0	
لم تتم إزالة مادة القوالب (البوليسترين) الموجودة على الوصلة مع الهيكل.	0	0	0	
انخفاض أقل من بطانات الحجر.	0	0	0	
غطاء التثبيت غير صحيح/تالف.	0	0	0	
تكسير جدار الحجر.	0	0	0	
جدار حجري مختلط / خرسانة مسلحة.	0	0	0	
الرطوبة على الأسطح الكبيرة من الجدران الحجرية / الخرسانة المسلحة.	0	0	0	
الجسور والشقوق في البنية التحتية الخرسانية / RC.				
التبعيات: نوع البناء = جسر، عنصر البناء الأساسي = البنية التحتية، الضرر = الشقوق.				
الشقوق الجافة خارج منطقة الترطيب (الدوران) <0.2 مم (بدون تفاعل حمض الكبريتيك - RSK)	0	0	0	
شقوق سطحية في منطقة الترطيب (العصر)، يمكن أن تتدفق الشقوق بالمياه، بعرض 0.2>مم بدونRSK	0	0	0	
الشقوق الجافة خارج منطقة الترطيب (الانكماش) 0.2 - ≤ 0.4 مم (بدون RSK).	0	0	0	
التشققات السطحية في منطقة الترطيب (الانكماش) 0.2 - ≤ 0.4 ملم (بدون RSK).	0	0	0	
شقوق في منطقة الترطيب (شقوق)، يمكن أن تتدفق الشقوق بالمياه، بعرض 0.2 - 0.4 مم (بدون RSK).	0	0	0	
الشقوق الجافة خارج منطقة الترطيب (الانكماش) بعرض أكبر من 0,4 مم (بدون RSK).	0	0	0	

شقوق سطحية في منطقة الترطيب (الانكماش) بعرض أكبر من 0.4 مم (بدون RSK).	0	0	0	
وصف الضرر / العيب.	0	0	0	
شقوق في منطقة الترطيب (شقوق)، شقوق يمكن جريان المياه فيها، عرض> 0,4 مم، خرسانة غير مسلحة (بدون RSK).	0	0	0	
شقوق في منطقة الترطيب (الرش)، يمكن أن تتدفق الشقوق بالمياه، العرض> 0.4 مم، الهيكل السفلي RC (بدون RSK).	0	0	0	

جدول 7. نتائج مجموعة 2

$Z_{1.1.6}$ = 1.0+0= 1.0	$\Delta Z_{1.1.6}$ = 0	$Z_{1.1.6}$= 1.0
$Z_{1.1.7}$ = 1.0+0.1= 1.1	$\Delta Z_{1.1.7}$ = +0.1	$Z_{1.1.7}$ = 1.0
$Z_{1.1.8}$ = 1.1-0.1= 1	$\Delta Z_{1.1.8}$ = -0.1	$Z_{1.1.8}$ = 1.1
$Z_{1.1.9}$ = 1.1+0= 1.1	$\Delta Z_{1.1.9}$ = 0	$Z_{1.1.9}$ = 1.1
4.2	المجموع	

تم اتباع نفس الإجراءات على المجموعات الأخرى والنتائج موضحة بالجداول التالية:

جدول 7. نتائج تقييم المجموعة 9: أجهزة الانتقال

المجموع	لا شيء (حالة جيدة)

جدول 8. نتائج تقييم المجموعة 11: سطح مفيد

$Z_{1.1.10}$ = 2.0+0= 2.0	$\Delta Z_{1.1.10}$= 0	$Z_{1.1.10}$ =2.0
$Z_{1.1.11}$ = 2.1+0= 2.1	$\Delta Z_{1.1.11}$= 0	$Z_{1.1.11}$ =2.1
4.1	المجموع	

جدول 9. نتائج المجموعة 13: وسائل الحماية مثل سياج الحماية

المجموع	لا شيء (حالة جيدة)

جدول 10. نتائج تقييم المجموعة 14: العلامات

$Z_{1.1.12}$ = 2.1+0= 2.1	$\Delta Z_{1.1.12}$= 0	$Z_{1.1.12}$ =2.1
$Z_{1.1.13}$ = 2.0+0= 2.0	$\Delta Z_{1.1.13}$=0	$Z_{1.1.13}$ =2.0
4.1	المجموع	

المستوى الثاني:

جدول 11. نتائج تقييم المجموعات (1-2-9-11-13-14)

NO.	مجموعة1	مجموعة2	مجموعة9	مجموعة11	مجموعة13	مجموعة14
	6.3	4.2	لا شيء	لا شيء	لا شيء	4.1

(مجموع1 هي الأكبر)

Z_{BG}= 2.0
$Z_{1.1.5}$ = 2.0 ΔZ_2 = 0
Z_{BG}= 2.0 + 0= 2.0

مجموعة2

Z_{BG}= 1.1
$Z_{1.1.7}$ = 1.1 ΔZ_2 =+ 0 .1
$Z_{1.1.9}$ = 1.1 ΔZ_2 = 0
Z_{BG}= 1.1 + 0.1= 1.2

مجموعة 9

لا شيء

مجموعة 13

لا شيء

مجموعة 11

Z_{BG}= 2.1
$Z_{1.1.11}$ = 2.1 ΔZ_2 = 0
Z_{BG}= 2.1 + 0= 2.1

مجموعة 14

Z_{BG}= 2.1
$Z_{1.1.12}$ = 2.1 ΔZ_2 = 0
Z_{BG}= 2.1 + 0= 2.1

المستوى الثالث

Z_{ges}= 2.1 ΔZ_3 = 0 (Group 11 &14 The Maximum Z_{BG}).

وبعد تحليل نتائج التقييم كانت نتائج حالة جسر طريق السكة حسب التقييم الالماني من خلال البيانات الواردة في التحليل بلغت قيمة Z_{ges}= 2.1

كالاتي:

- حالة البناء مرضية
- يتم ضمان قدرة التحميل والسلامة المرورية للهيكل.
- من الممكن تمديد الضرر الحالي أو التسبب في مزيد من الضرر كنتيجة للأضرار الموجودة، مما يؤدي على المدى الطويل إلى انخفاض كبير في سعة الحمولة و / أو السلامة المرورية أو زيادة الإنفاق.
- مطلوب صيانة روتينية .الإصلاحات مطلوبة على المدى المتوسط .
- قد تكون هناك حاجة لأعمال إعادة الإعمار أو علامات التحذير على المدى القصير لزيادة السلامة المرورية.

تقييم جسر باب بن غشير باستخدام الفرضية الألمانية:

موقع الجسر: يقع جسر باب بن غشير في الجزء الشرقي من العاصمة طرابلس على بعد حوالي 2.66 كم من البحر إلى الشمال .ويعتبر جسرًا رئيسيًا للعاصمة طرابلس، يربط عدة طرق رئيسية تؤدي إلى

وسط العاصمة .في الشكل رقم (3) يوضح موقع الجسر على موقع قوقل للخرائط وإحداثيات هذا الجسر هي

.32^0 52'22.2" N 13^0 11'45.1"E

شكل 3. يوضح موقع جسر باب بن غشير على قوقل للخرائط.

التركيب الإنشائي للجسر:

جسر باب بن غشير هو ممر علوي بثلاثة امتدادات مدعمة بجدران ودعامات من الخرسانة المسلحة. تم بناء هذا الجسر في منتصف القرن العشرين. بيانات الأبعاد المميزة للجسر هي: -

- الطول: 54.30 م
- العرض: 25.71 م
- الارتفاع: 5.50 م
- الامتداد الرئيسي: 21.70 م
- الرصيف (الجانب الأيمن والجانب الأيسر): 1.50 م

العناصر الأساسية للجسر هي:

- جدار داخلي (دعامة)
- جدار خارجي (داعم)
- سقف السطح
- بلاطة علوية
- سقف نفق
- بلاطة كابولي

وباتباع نفس إجراءات التقييم لحالة جسر طريق السكة أمكن الحصول على نتائج تقييم جسر باب بن غشير لسنة 2021 م كما موضحة بالجداول التالية: **المستوى الأول: التفتيش العادي للجسر**

جدول 12. نتائج تقييم المجموعة1: الأجزاء العلوية للهيكل الإنشائي.

$Z_{2.2.1} = 1.0+0=1.0$	$\Delta Z_{2.2.1} = 0$	$Z_{2.2.1} = 1.0$
$Z_{2.2.2} = 1.0+0.1=1.1$	$\Delta Z_{2.2.2} = +0.1$	$Z_{2.2.2} = 1.0$

$Z_{2.2.3}$ = 1.1	$\Delta Z_{2.2.3}$ = -0.1	$Z_{2.2.3}$ = 1.1-0.1= 1
$Z_{2.2.4}$ = 2.0	$\Delta Z_{2.2.4}$ = 0	$Z_{2.2.4}$ = 2.0+0= 2.0
$Z_{2.2.5}$ = 2.5	$\Delta Z_{2.2.5}$= 0	$Z_{2.2.5}$ = 2.5+0= 2.5
$Z_{2.2.6}$ = 1.0	$\Delta Z_{2.2.6}$= 0	$Z_{2.2.6}$ = 1.0+0= 1
المجموع		8.6

جدول 13. نتائج تقييم المجموعة2: الأجزاء السفلية للهيكل الإنشائي

$Z_{2.2.7}$= 1.0	$\Delta Z_{2.2.7}$ = 0	$Z_{2.2.7}$ = 1.0+0= 1.0
$Z_{2.2.8}$ = 1.0	$\Delta Z_{2.2.8}$ = +0.1	$Z_{2.2.8}$ = 1.0+0.1= 1.1
$Z_{2.2.9}$ = 1.1	$\Delta Z_{2.2.9}$ = -0.1	$Z_{2.2.9}$ = 1.1-0.1= 1
$Z_{2.2.10}$ = 1.1	$\Delta Z_{2.2.10}$ = 0	$Z_{2.2.10}$ = 1.1+0= 1.1
المجموع		4.2

جدول 13. نتائج تقييم المجموعة 9: أجهزة الانتقال

$Z_{2.2.11}$ = 1.0	$\Delta Z_{2.2.11}$ = 0	$Z_{2.2.11}$ = 1.0+0= 1.0
المجموع		1.0

جدول 14. المجموعة 11: سطح مفيد

$Z_{1.1.10}$ =2.0	$\Delta Z_{1.1.10}$= 0	$Z_{1.1.10}$ = 2.0+0= 2.0
$Z_{1.1.11}$ =2.1	$\Delta Z_{1.1.11}$= 0	$Z_{1.1.11}$ = 2.1+0= 2.1
مجموع		4.1

جدول 15. المجموعة 14: العلامات

$Z_{2.2.13}$ = 2.0	$\Delta Z_{2.2.13}$=+ 0.1	$Z_{2.2.13}$ = 2.0+0.1= 2.1
$Z_{2.2.14}$ = 2.1	$\Delta Z_{2.2.14}$= 0	$Z_{2.2.14}$ = 2.1+0= 2.1
$Z_{2.2.15}$ =2.1	$\Delta Z_{2.2.15}$= +0.1	$Z_{2.2.15}$ = 2.1+0.1= 2.2
$Z_{2.2.16}$=2.0	$\Delta Z_{2.2.16}$=0	$Z_{2.2.16}$ = 2.0+0= 2.0
المجموع		8.4

المستوى الثاني:

جدول 16. نتائج تقييم المجموعات (1-2-9-11-13-14)

NO.	Group1	Group2	Group9	Group11	Group13	Group14
	8.6	4.2	1.0	2.1	nothing	8.4

(المجموعة 1 هي الأكبر)

Z_{BG}= 2.5
$Z_{2.2.5}$ = 2.8 ΔZ_2= 0

Z_{BG}= 2.5 + 0= 2.5

مجموعة 2

Z_{BG}= 1.1
$Z_{2.2.8}$ = 1.1 ΔZ_2 =+ 0 .1
$Z_{2.2.10}$ = 1.1 ΔZ_2 =- 0 .1
Z_{BG}= 1.1 + 0.1= 1.2

مجموعة 9

Z_{BG}= 1.0
$Z_{2.2.11}$ = 1.0 ΔZ_2 = 0
Z_{BG}= 1.1 + 0= 1.1

مجموعة 13

لا شيء

مجموعة 11

Z_{BG}= 2.1
$Z_{2.2.12}$ = 2.1 ΔZ_2 = +0.1
Z_{BG}= 2.1 + 0.1= 2.2

مجموعة 14

Z_{BG}= 2.2
$Z_{2.2.15}$ = 2.2 ΔZ_2 = +0.1
Z_{BG}= 2.2 + 0.1= 2.3

المستوى الثالث:

Z_{ges}= 2.5 ΔZ_3 = 0 (Group 1 the Maximum Z_{BG})

وبعد تحليل نتائج التقييم كانت نتائج حالة جسر باب بن غشير حسب التقييم الألماني وقيمة Z_{ges}= 2.5

كالآتي:

- حالة البناء مرضية مؤقتا
- سعة التحميل مضمونة
- قد تتعرض السلامة المرورية للخطر
- من المتوقع تمديد الضرر الحالي أو مزيد من الضرر كنتيجة للأضرار الموجودة، والتي تؤدي على المدى الطويل إلى انخفاض كبير في سعة الحمولة و / أو سلامة المرور، أو زيادة الإنفاق .
- مطلوب صيانة روتينية .الإصلاحات مطلوبة على المدى القصير .
- قد تكون أعمال إعادة البناء أو علامات التحذير لزيادة السلامة المرورية على المدى القصير.

خاتمة:

تعد الجسور الخرسانية من البنى التحتية الحيوية التي تلعب دورًا حاسمًا في توصيل الطرق والسكك الحديدية والمشاة عبر الأنهار والوديان والطرق السريعة. لضمان سلامة واستدامة هذه الجسور، من الضروري دراسة وتقييم حالتها الإنشائية بانتظام. تعتبر الفرضية الألمانية واحدة من الأساليب المستخدمة على نطاق واسع في ألمانيا لهذا الغرض. تعتمد الفرضية الألمانية على تصنيف الجسور وفقاً لحالتها الهيكلية وتأثيرها على الحمولة والسلامة المرورية والمتانة.
تنص هذه الفرضية على أن ألمانيا تقوم بتفتيش الجسور على مستويين يسمى اختبار رئيسي واختبار ثانوي. الاختبارات الرئيسية هي عمليات التفتيش على طول الذراعين (صياغة DIN المعيار الألماني هي

"مسافة اللمس") لجميع العناصر مع إمكانية الوصول إلى جميع الأجزاء. وتجرى الاختبارات البسيطة بعد ثلاث سنوات من كل اختبار رئيسي. تستخدم الاختبارات البسيطة نتائج الاختبار الرئيسي السابق وتركز على الأضرار والعيوب المعروفة. في ألمانيا، وتتراوح مقاييس تصنيف الحالة من 0 (جيد) إلى 4 (ضعيف جدًا). ويتم تعيين ثلاث تصنيفات لكل مكون من مكونات الجسر؛ واحد لكل من الأضرار الهيكلية والسلامة المرورية ومتانة الجسر. لضمان أتباع نهج معياري لتقييم الأضرار، وتزويد فرق التفتيش بكتالوجات تحتوي على مثال مفصل للتقييم. ثم تحديد مجموعه 6 مستويات من تصنيفات حالة الجسر للأضرار المحتملة متدرجة (0 إلى 4)، مخصصة للاستقرار والسلامة والمتانة.

وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

1. ظهور بعض الشقوق البسيطة في أماكن متفرقة على الجدران والسقف للجسرين.
2. ظهور الشروخ الخرسانية ببلاطة جسر طريق السكة يؤدي إلى احتمال تعرضه إلى خاصية التمدد والانكماش ويمكن الاستنتاج من هنا بأن هذه الحالة لا تمثل ضرراً جسيماً بالعنصر الخرساني.
3. وجود شرخ على الحائط الساند الداعم لسقف الجسر الأوسط لجسر باب بن غشير ويرجع ذلك لسببين محتملين: الأول تعرض الجسر إلى أحمال تفوق الأحمال التصميمية للجسور بسبب سوء جودة العمل والتنفيذ، والسبب الثاني تعرض الجسر إلى أعمال صيانة في سنة 2009 م حيث كانت الأضرار به جسيمة.
4. ظهور طبقة بيضاء على الجدران نتيجة لعوامل الجوية وقرب موقع الجسرين من البحر.
5. وجود تسرب مائي على لوح الكابولي (cantilever) لجسر باب بن غشير ويرجح السبب في ذلك إلى سوء تصريف المياه أعلى الجسر.
6. انسداد قنوات تصريف المياه أعلى وأسفل الجسرين.
7. ومن خلال تحليل نتائج التقييم لحالة الجسرين باستخدام الفرضية الألمانية للتقييم اتضح أن جسر باب بن غشير يحتاج للصيانة أولاً لأن نسبة الضرر به أكبر من نسبة الضرر بجسر طريق السكة.

وخرجت الدراسة بالتوصيات التالية:

1. تنظيف قنوات تصريف المياه أعلى وأسفل الجسرين وذلك لمنع تسرب المياه للخرسانة وحدوث تشققات فيها.
2. الاهتمام بالصيانة الدورية للجسرين.
3. يجب العمل على وضع كود موحد لعملية التقييم الفني والإنشائي للمنشآت القائمة، والاستفادة من خبرات العاملين في هذا المجال؛ إضافة لما توفره الكودات العالمية لتكون مرجعاً شاملاً لعملية التقييم.
4. كما يجب الاستفادة من تطور علم البرمجة الحاسوبية وتسخيرها لخدمة مجالات الهندسة المدنية، وذلك عبر تصميم برامج حاسوبية تخدم عمليات التحليل والتصميم والتقييم الهندسي للجسور، لما توفره هذه البرامج من وقت وجهد، وتسهل إمكانية وصول المعلومات والبيانات اللازمة للعمل إلى عدد أكبر من المهندسين العاملين في هذه المجالات.

المراجع:

1. Chase S., et al, (2016), Synthesis of National and International Methodologies used for Bridge Health Indices. Federal Highway Admin., Washington, DC 20590, USA.
2. Hearn G. (2001), Bridge Inspection Practices – A Synthesis of Highway Practice, Vol. [1], Transportation Research Board, Washington, DC.
3. الإدارة العامة للتشغيل والصيانة (2013)، دليل صيانة الطرق والجسور، الجزء الأول، الرياض، السعودية.
4. الإدارة العامة للصيانة بوزارة النقل (2006)، دليل الكشف العام على الجسور، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

5. موقع قوقل للخرائط والصور.
6. Chase S., et al, (2016), Synthesis of national and international methodologies used for bridge health indices, Federal Highway Admin., Washington, DC 20590, USA.
7. Hearn G. Bridge Inspection Practices (2007), A Synthesis of Highway Practice, Vol. [1], Transportation Research Board, Washington, DC 20001.