



جسر وادي الكوف: تقييم إنشائي ميداني وتوصيات استباقية لضمان السلامة الهيكلية وتجنب الانهيار

مصطفى الزروق التاغدي، ياسر عامر العبيدي

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس

WADI KUF BRIDGE: IN-SITU STRUCTURAL EVALUATION AND PROACTIVE ENGINEERING RECOMMENDATIONS FOR ENSURING STRUCTURAL INTEGRITY AND COLLAPSE PREVENTION

Mustafa Taghdi and Yaser Amer Alobaidi

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Tripoli

Email: drtaghdi@gmail.com

Received 23 September 2025; Revised 23 February 2026; Accepted 27 February 2026; Published 15 March 2026.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the structural safety of the Wadi Kuf Bridge in Libya, one of the most distinguished works of the Italian engineer Riccardo Morandi, through an assessment of field inspection data and a comparative review with the Morandi Bridge that collapsed in Italy in 2018. Field observations revealed visible cracking and concrete deterioration, in addition to a significant expansion of the main joint from 10 cm to 16 cm, as reported by the Libyan Roads and Bridges Authority in 2015. This expansion is attributed to time-dependent effects such as creep and shrinkage. Analytical assessments further indicated an estimated 20–25% loss of prestressing force in the steel cables after 50 years due to relaxation, consistent with findings from studies on similar Morandi-type bridges. The study emphasizes the need for implementing a preventive maintenance program and conducting advanced structural modelling to simulate the bridge's long-term behaviour under various loads and environmental conditions, thereby enhancing its structural safety and service durability

KEYWORDS: Wadi Al-Kuf Bridge, Morandi Bridge, structural evaluation, bridge modeling.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم السلامة الإنشائية لجسر وادي الكوف في ليبيا، الذي يُعد من أبرز تصاميم المهندس الإيطالي ريكاردو موراندي، وذلك من خلال مراجعة نتائج المعاينات الميدانية ومقارنتها بالحالة الإنشائية لجسر موراندي الذي انهار في إيطاليا عام 2018. أظهرت الملاحظات الميدانية وجود تصدعات وتآكل في بعض العناصر الخرسانية، إلى جانب تمدد فاصل التمدد الرئيسي من 10 سم إلى 16 سم وفقاً لتقرير مصلحة الطرق والجسور عام 2015، ويُعزى ذلك إلى التأثيرات الزمنية طويلة الأمد مثل الزحف والانكماش. كما أظهرت التحليلات أن فقدان الشد في الكابلات الفولاذية مسبقاً الإجهاد يقدر بنحو 20–25٪ بعد خمسين عاماً من التشغيل نتيجة ظاهرة الاسترخاء

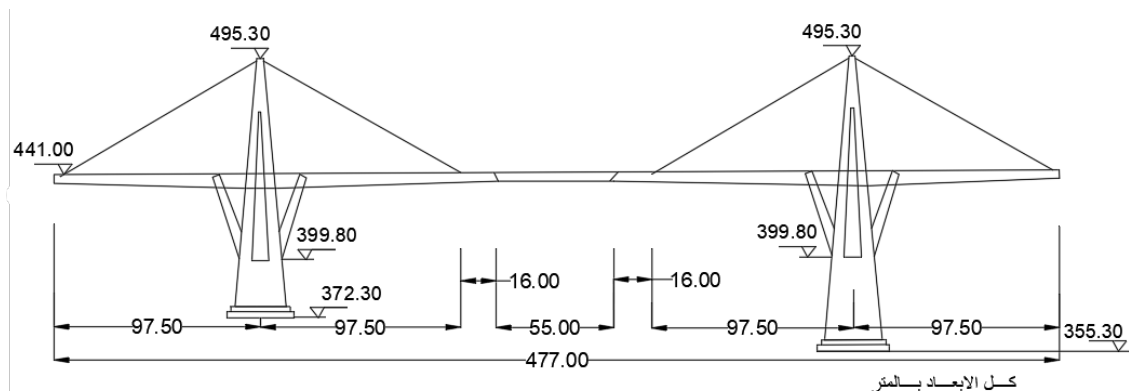
(Relaxation)، وهو ما يتوافق مع القيم المسجلة في دراسات مماثلة لجسور ذات نظام موراندي . تؤكد الدراسة على ضرورة اعتماد برنامج صيانة وقائية دورية، وإجراء نمذجة هندسية متقدمة لمحاكاة سلوك الجسر تحت الأحمال المختلفة والتأثيرات البيئية على المدى الطويل، بما يضمن تعزيز سلامته واستدامته الإنشائية.

الكلمات المفتاحية: جسر وادي الكوف، جسر موراندي، تقييم انشائي للجسر، نمذجة الجسر.

المقدمة

جسر وادي الكوف، الواقع في منطقة الجبل الأخضر، يعدّ من أبرز المنشآت الهندسية في ليبيا، واكتمل بناؤه عام 1972 بطول يقارب 477م وارتفاع 160م فوق الوادي والموضح في الشكلين (1) و(2). صممه المهندس الإيطالي ريكاردو موراندي بنفس التقنية التي استخدمها لاحقاً في تصميم جسر بولسيفيرا (المعروف بجسر موراندي) في مدينة جنوة الإيطالية الموضح في الشكل (3)، والمبنية على نظام الخرسانة مسبقة الإجهاد مع الكابلات المغطاة بالخرسانة [1].

أهمية الجسر تتجاوز هندسته الجميلة؛ فهو شريان نقل حيوي يربط أجزاء المنطقة، وأي خلل فيه يؤثر مباشرة على الحركة الاقتصادية والاجتماعية. إلا أن عمره الآن يتجاوز 50 عامًا، مما يقترب من عمر الخدمة التصميمي المفترض له، ولم يخضع لصيانة تأهيلية شاملة منذ إنشائه.



الشكل 1: المسقط الرأسي لجسر وادي الكوف.



الشكل 2: جسر وادي الكوف في ليبيا.



الشكل 3: جسر بولسيفيرا قبل الانهيار [2].

الهدف من البحث

يهدف البحث الى تقييم السلامة الإنشائية لجسر وادي الكوف في ليبيا، من خلال مراجعة تقارير المعاينات الميدانية وتحليل المؤشرات البصرية للتصدعات والتدهور، ومقارنتها بحالة جسر موراندي في جنوه الذي انهيار عام 2018، بهدف تحديد مدى خطورة الوضع الحالي للجسر، ووضع توصيات عاجلة واستباقية تضمن سلامته الإنشائية واستمرارية خدمته، مع اقتراح إجراء نمذجة هندسية متقدمة للتنبؤ بسلوكه المستقبلي تحت مختلف الأحمال والظروف.

المؤشرات الميدانية للتأثيرات السلبية على الجسر

رغم أن الجسر يُعد من النماذج الهندسية المتقدمة، لم يخضع منذ تشييده لصيانة تأهيلية شاملة، وبدأت في السنوات الأخيرة بالظهور مؤشرات مقلقة تتعلق بسلامته، أبرزها:

- **تصدعات في الشدادات المائلة:** تمت ملاحظة تصدعات طولية وأفقية في الشدادات الخرسانية المائلة كما هو مبين في الشكلين (4 و5)، وهو ما قد يعكس وجود إجهادات مرتفعة، أو يكون علامة على بدء حدوث تآكل داخلي في أسلاك الشد الفولاذية.
- **فواصل التمدد ومدى تموضعها:** لوحظ تمدد في الفاصل الموجود في الجسر كما هو موضح في الشكل (6) وهذا ما صرح به المهندس زكريا نتفه الذي كان ضمن الفريق المكلف من مصلحة الطرق والجسور عام 2015 لإعداد دراسة فنية لتقييم الجسر، حيث أكد على تمدد الفاصل، فحسب الخرائط الاصلية للجسر يبلغ مقدار هذا الفاصل 10سم، وتمدد ليصبح 16سم بتاريخ 2015/12/17م [3]. وهذا التمدد قد يكون بسبب تأثيرات الزمن (الزحف والانكماش).
- **غياب نظام المراقبة:** النظام الحالي لمراقبة الجسر غير فعال في الوقت الراهن بسبب نقص الصيانة، مما يستدعي القيام بتقييم شامل لوضعه، وعدم وجود برامج صيانة وقائية دورية فعّالة. تم إغلاق الجسر مؤقتاً عام 2017 كإجراء احترازي بعد تقارير عن التصدعات [4]، ثم أُعيد فتحه جزئياً مع منع الشاحنات الثقيلة. لكن هذه الإجراءات كانت ردود فعل محدودة، ولم تُتبع ببرنامج مراقبة طويل الأجل. الشكل (4) يوضح التصدعات العرضية التي قد تدل على ارتخاء الشدادات وكذلك التصدعات الطولية كما في الشكل (5) التي قد تكون، كما ذكر سابقاً، مؤشراً على بدأ الصدأ لأسلاك الشد الفولاذية.



الشكل 4: التصدعات العرضية في الشدادات.



الشكل 5: التصدعات الطولية في الشدادات.



الشكل 6-ب: تمدد الفاصل [3].



الشكل 6-أ: فاصل التمدد [3].

يتقاطع هذا السيناريو مع ما حدث في جسر موراندي، الذي انهيار في أغسطس 2018 بعد أكثر من 50 سنة من الخدمة شكل (7)، وأسفر عن مقتل 43 شخصًا. أثبت التحقيق أن التآكل الداخلي للأسلاك الفولاذية حوالي 40% من مقطعها وإهمال الصيانة كانا السبب الجذري للكارثة [2]. ومن المفارقات أن تقنيات التصميم التي اعتمدها موراندي، كإحاطة الاسلاك الفولاذية بالخرسانة صعبت عمليات التفتيش وكشفت عن المشاكل بعد فوات الأوان، وبالنظر إلى التشابه الكبير في التصميم والعمر الإنشائي بين الجسرين، فإن جسر وادي الكوف قد يكون معرضًا لنفس المصير إن لم يتم التدخل العاجل.



الشكل (7) جسر بولسيفيرا بعد الانهيار [5].

المقارنة مع جسر موراندي (جنوه)

لفهم مدى خطورة الوضع في جسر وادي الكوف، يجدر مقارنة بعض المؤشرات مع ما كان عليه الحال في جسر موراندي قبيل انهياره عام 2018 والجدول (1) يوضح المقارنة.

الجدول 1: مقارنة بعض المؤشرات في جسر موراندي قبيل انهياره عام 2018.

المعيار	جسر وادي الكوف (2025)	جسر موراندي – جنوه (2018)
عمر الخدمة	53 سنة تقريبًا	51 سنة تقريبًا
نسبة تآكل الاسلاك الفولاذية	لم يتم الكشف عنها	~ 40%
حالة تصدعات الخرسانة	تصدعات متوسطة	تصدعات واسعة ممتدة
إجراءات الصيانة السابقة	صيانة محدودة جدًا (ترميمات سطحية)	تدعيم إحدى الدعامات في التسعينات بكابلات إضافية خارجية، لكن بغية الجسر دون إصلاح أساسي
نظام المراقبة	تقارير فحص متفرقة فقط	لا يوجد مراقبة مستمرة (مجرد فحوص دورية تقليدية)

رغم أن جسر وادي الكوف لم يصل بعد إلى مستوى التدهور الخطير الذي كان عليه جسر موراندي مباشرة قبل الحادث، إلا أن المؤشرات تتجه بمنحى متصاعد نحو الخطر. استمرار التصدعات يذكّرنا كثيرًا بما حدث في جنوه وإن بدرجة أقل حدة حتى الآن. القاسم المشترك الأهم هو غياب الصيانة الجوهرية ومعالجة الأسباب الجذرية. لذا فإن هذه المقارنة تنبهنا إلى ضرورة عدم

الاطمئنان الزائف؛ فالفارق الزمني بين الحالة الحالية لوادي الكوف وبين حالة موراندي المنهار قد يكون بضع سنوات فقط ما لم يتم التدخل العاجل.

الدروس المستفادة من كارثة موراندي

انهار جسر موراندي في جنوه بشكل مفاجئ ظاهرياً، لكنه في الواقع كان كارثة مرتقبة بعد سلسلة من التحذيرات والإشارات التي لم يؤخذ بها بجديّة. من أبرز الدروس المستفادة:

• **التآكل الخفي أشد فتكاً:** أظهرت التحقيقات أن الاسلاك الداخلية المغلفة بالخرسانة في جسر موراندي تعرضت لتآكل شديد على مدى عقود بسبب تسرب المياه والرطوبة عبر التشققات. قُدِّر أن المقطع الفعال لبعض حبال الفولاذ فقد نحو 30-40% من مساحته بحلول 2018 [2]. والمشكلة أن هذا التآكل كان خفياً داخل خرسانة الاسلاك ولم يُكتشف بسهولة في الفحوصات التقليدية. في جسر وادي الكوف، قد يكون الوضع مشابهاً – فالتصدعات الحالية على الشدادات المائلة مؤشّر على احتمال تآكل جاري للأسلاك الداخلية. الدرس هنا هو ضرورة كسر الغلاف الخرساني أو استخدام وسائل غير متلفة (Non-Destructive Testing) لكشف حالة الأسلاك الداخلية.

• **أهمية الصيانة الوقائية:** التقرير الرسمي الإيطالي [6] شدّد على أن إهمال الصيانة الدورية واستبدال العناصر المتضررة كان السبب الحقيقي وراء انهيار جسر موراندي. التقنية التي ابتكرها موراندي – رغم ما قيل عن عيوبها – كانت لتصمد أكثر بكثير لو تمت مراقبتها وصيانتها (مثلاً، استبدال الشدادات أو تعزيزها). هذا يؤكد أن التقادم بحد ذاته لا يُسقط الجسور بل الإهمال هو الذي يفعل. وينطبق هذا الدرس مباشرة على جسر وادي الكوف: لا يكفي أنه صمد 50 عاماً لنفترض أنه “آمن بطبيعته”، بل يجب أن نفترض أنه يحتاج تدخل الآن لضمان بقائه آمناً.

• **تحذيرات الخبراء يجب ألا تُهمل:** قبل انهيار موراندي بحوالي عامين، صرّح البروفيسور أنطونيو برنش، وهو أستاذ هندسة في جامعة جنوه وعضو في لجنة مراقبة الجسر، بأن الجسر يواجه مشاكل خطيرة، وأوصى آنذاك بهدمه وإعادة بنائه بالكامل بدل الاكتفاء بترميمات سطحية [6]، لكنه تم تجاهل تحذيره والاستخفاف به. ثبت لاحقاً صدق تحذيره لكن بعد فوات الأوان. الرسالة واضحة: عندما ينبّه مهندس مختص إلى خلل جسيم في منشأ حرج، يجب التصرف فوراً وبحزم، حتى لو تطلب الأمر إجراءات جذرية مكلفة. وبالقياس، لدينا اليوم عدة إشارات وتحذيرات (تقنية وإعلامية) بشأن جسر وادي الكوف؛ علينا اعتبارها بمنزلة إنذار مبكر يستدعي تحركاً حاسماً.

باختصار، كارثة موراندي كانت ناتجة عن مزيج من عيوب التصميم، غياب الصيانة وتجاهل التحذيرات. وجسر وادي الكوف اليوم لديه العوامل نفسها بدرجات مختلفة. لكن الفارق أن الدروس باتت معروفة ومتاحة لمن يقرأها، مما يضع مسؤولية مضاعفة على عاتق الجهات المشرفة على الجسر لاتخاذ إجراءات استباقية صارمة.

التوصيات العاجلة

بناءً على التحليلات الواردة، يتضح أن جسر وادي الكوف بحاجة إلى حزمة إجراءات فورية وشاملة تضمن تعزيز سلامته ومنع انهياره. فيما يلي أربع مجالات رئيسية للتوصيات:

• المراقبة المستمرة:

• إعادة تفعيل نظام مراقبة الجسر (Structural Health Monitoring): يتضمن ذلك إعادة تشغيل شبكة الحساسات الموجودة مسبقاً، وأجهزة قياس الاهتزاز، وأدوات قياس الإزاحة لمراقبة أي تغييرات هيكلية غير اعتيادية. يتم إرسال هذه البيانات بشكل فوري إلى مركز المراقبة لتحليل الحالة المستمرة للجسر.

• إجراء فحوص غير متلفة دورية للأسلاك الداخلية: مثل التصوير الشعاعي أو الموجات فوق الصوتية عبر غلاف الخرسانة، أو استخدام الألياف البصرية داخل الشدادات لرصد انقطاع الأسلاك. مثل هذه التقنيات الحديثة كفيلة باكتشاف التآكل أو فقدان الشد قبل أن يصل إلى مستويات خطيرة.

• تنفيذ عمليات تفتيش يدوي متكررة أيضاً: إلى حين استكمال تشغيل أنظمة الاستشعار الذكية، يجب تكثيف الزيارات الميدانية التفتيشية من فرق مهندسين (مثلاً كل شهرين أو ثلاثة) لرفع التقارير فوراً بأي تغييرات مرئية (توسع شقوق، صدأ ظاهر... إلخ).

• التدخلات الهيكلية (العلاجية):

• تدعيم الشدادات المائلة: يمكن إضافة شدادات خارجية مساعدة كدعائم لتخفيف الحمل عن الشدادات القديمة، تم تطبيق مثل هذا الحل في جسر موراندي في التسعينات حيث أضيفت شدادات خارجية على أحد الأبراج.

• إصلاح التصدعات الخرسانية: يجب اصلاح التصدعات وبالأخص الموجودة في الشدادات المائلة لمنع تسرب المياه والهواء إلى الاسلاك داخل الشدادات، مما يوقف أو يبطئ زحف الصدأ.

• حماية العناصر المعرضة: تطبيق طلاء أو كساء واقٍ للسطوح الخرسانية الخارجية للجسر، خصوصاً في الشدادات المائلة وأعلى البرجين حيث التعرض للعوامل الجوية مباشرة. طلاءات عاكسة للأشعة فوق البنفسجية وممانعة لنفاذية الماء ستقلل من أثر الشمس الحارقة صيفاً (وتخفف من تغييرات الحرارة في الخرسانة) وتحول دون تشبع الخرسانة بمياه الأمطار. كذلك يمكن تركيب نظام صرف مياه محسّن على سطح الجسر لمنع أي تجمع للمياه قد يتسرب إلى الخرسانة.

• الصيانة الوقائية الدورية:

• صيانة وقائية مستمرة: بدلاً من الانتظار حتى تظهر مشاكل كبيرة، يتم تنفيذ أعمال وقائية صغيرة لكن مؤثرة. مثلاً: إعادة طلاء المعادن المكشوفة كل سنتين بموانع صدأ؛ تنظيف فتحات تصريف المياه على الجسر وبالقرب من الركائز باستمرار لمنع تجمع المياه.

• مراقبة الأحمال المرورية: يتعين فرض قيود دائمة على حمولة المركبات العابرة. مثلاً، منع مرور الشاحنات المحملة بأوزان تتجاوز حداً معيناً أو السماح لها بالمرور فردياً وعلى سرعات منخفضة للغاية. ويجب التشديد على منع تجمع عدة شاحنات ثقيلة على الجسر في وقت واحد. هذه الإجراءات كانت تُتخذ أحياناً ثم يتم التراخي فيها، لكن ينبغي أن تصبح جزءاً من قواعد التشغيل المستندة للجسر مع فرض غرامات على المخالفين.

• التوعية والتعاون المجتمعي: يمكن إطلاق حملة إعلامية محلية للتوعية بأهمية الحفاظ على الجسر وتجنب أي تصرفات تضر به (مثل الحمولات الزائدة أو الوقوف فوقه لفترات طويلة). كذلك تشجيع المواطنين على الإبلاغ الفوري إن شاهدوا أي تصدعات جديدة أو اهتزازات غير طبيعية أثناء المرور. فالمراقبة المجتمعية تشكل خط دفاع إضافي.

• خطط طويلة المدى وتحديثات نظامية:

- إدراج الجسر ضمن برنامج "الجسور الحرجة": على السلطات الليبية التعاون مع المؤسسات الدولية لإدراج جسر وادي الكوف ضمن مشاريع البنية التحتية الحرجة ذات الأولوية.
- دراسة خيار الاستبدال في المستقبل: رغم أن الهدف الحالي هو تقوية الجسر القائم، إلا أنه يجب البدء من الآن بدراسة بدائل بعيدة المدى تشمل إمكانية بناء جسر جديد موازٍ في موقع قريب قبل أن يصل الجسر الحالي إلى نهاية عمره. هذا الخيار قد يكون الأجدى اقتصاديًا على مدى 15-20 سنة. وبالتالي يمكن إدراجه في خطط التنمية الاستراتيجية للبلاد.
- تحديث معايير التصميم المحلية: كإجراء وقائي عام مستقبلي، ينبغي تحديث معايير تصميم الجسور في ليبيا مستفيدة من الدروس أعلاه.

من المهم التأكيد أن التوصيات أعلاه متكاملة ومترابطة: فالمراقبة المستمرة تنبه إلى مواضع الخطر التي تتطلب تدخلاً هيكلياً، والصيانة الوقائية تدعم نجاح التدخلات العلاجية وتطيل عمرها، والخطة طويلة المدى تضمن أن الاستثمار الحالي لن يضيع سُدى حتى لو استُبدل الجسر بعد عقود. التحرك على جميع هذه المحاور معاً هو النهج الأمثل لضمان سلامة جسر وادي الكوف.

نمذجة الجسر

استجابة للمؤشرات الميدانية المعقدة مثل التصدعات الظاهرة في الشدادات المائلة وتمدد الفواصل، يجري حالياً اعداد نموذج عددي ثلاثي الأبعاد للجسر، بهدف محاكاة حالته الإنشائية الحالية والتنبؤ بتطوره المستقبلي، لمحاكاة تأثير المرور والرياح والحمولات المتحركة عبر الزمن.

• مدخلات النموذج:

خصائص المواد: الخرسانة المسلحة مسبقة الإجهاد (مقاومة الضغط 50 MPa، معامل المرونة $E \approx 34$ GPa، معامل بواسون $\nu = 0.2$)؛ الكابلات الفولاذية عالية المقاومة (مقاومة خضوع $f_y \approx 1,860$ MPa، معامل المرونة 200 GPa). ويتم تعديل هذه الخصائص لتعكس التدهور الزمني: فمثلاً، معامل مرونة الخرسانة يُخفَضُ بنسبة معينة لمحاكاة الشقوق الدقيقة والزحف المتراكم، ومقاومة الكابلات تُخفَضُ بحسب نسبة فقدان الشد بسبب الاسترخاء والتآكل.

المقاطع الهندسية: يتكون السطح من جزئيين رئيسيين مستقلين مع بلاطة وسطية ذو مقطع صندوقي، العرض الكلي 9.55 م ولكل جانب 1.725 م (كابولي) ومتغير الارتفاع (4.5 إلى 7 م)، سماكة الجدار 25 سم. اما الأبراج فهي ذو مقطع مجوف، سماكة الجدار 0.6 م، ودعامات مائلة عند الأبراج بزواوية ميل 19^0 ، وقطاعها عند القاعدة $3.5 \times 2.3 \times 6$ م يتناقص تدريجياً للأعلى. وأسلاك فولاذية محاطة بخرسانة مسبقة الإجهاد، الخرسانة ذو ابعاد 85×70 سم، اما عدد الاسلاك 22 سلك، كل سلك 12 شعيرة.

الأحمال المفروضة: حمولات مرورية وفق نموذج شاحنة AASHTO HL-93 (باعتبار حمولة شاحنة تصميمية واحدة مع حمل موزع) وأيضاً حالات مرور قافلة من الشاحنات المتوسطة للتحقق من سلامة الجسر تحت الاستخدام الواقعي؛ أحمال حرارية تمثل تباين درجة الحرارة $\pm 30^{\circ}C$ ؛ أحمال الرياح بسرعة مرجعية 28 m/s (حوالي 100 كم/س).

• تحليل التأثيرات الزمنية

لنمذجة التأثيرات الزمانية (الزحف والانكماش في الخرسانة، واسترخاء الشد في الاسلاك)، يعتمد نهج زمني ترايدي: يُحلل الجسر عند فترات زمنية مختلفة منذ الإنشاء (سنة، 5 سنوات، 10، 20، 30، 50 سنة). في كل مرحلة، ويتم تعديل الخواص وإعادة حساب التشوهات والإجهادات. استخدمت معادلات معيارية من الكودات والأبحاث:

• الزحف (Creep): تم اعتماد معادلة ACI 209 المبسطة لوصف الزحف النسبي للخرسانة مع الزمن.

• الاسترخاء (Relaxation): للأسلاك الفولاذية مسبقة الشد، استُخدمت بيانات تجريبية مستندة إلى بحث [7] حول الجسور معلقة الكابلات. بُني منحنى تناقص شد السلك مع الزمن كوحدة نسبة مئوية من شدّه الابتدائي. بعد 50 سنة، قُدِّرَ فقد الشد بحوالي 20-25٪ من القيمة الابتدائية، وهو ما أُدرج في خصائص الاسلاك الفولاذية بالحسابات. هذه الخسارة توازي ما ذكرته بعض الدراسات عن جسور مماثلة.

• الانكماش (Shrinkage): أُخذ بعين الاعتبار انكماش الخرسانة التدريجي عبر خفض طفيف في طول عناصر السطح العلوي للجسر، مما يؤثر على فتحات فواصل التمدد.

ويتم معايرة النموذج الزمني بحيث يتوافق مع الملاحظات الميدانية المتاحة مثل قياس فتحة فواصل التمدد الحالية مقارنة بالأصل، ومقارنة أي هبوط مرصود إن وُجد.

الخلاصة

جسر وادي الكوف أمام خيارين: إما التدخل العاجل وإنقاذه، أو الإهمال والسير في اتجاه مصير مماثل لما حدث في جنوه. تؤكد المعاينات الميدانية أن علامات التدهور واضحة ولا يمكن إنكارها. ورغم أن الجسر لا يزال صامداً، فإن الاستمرار على هذا المنوال سيؤدي حتماً إلى كارثة.

نقترح البدء الفوري بإجراءات الفحص والإصلاح، مع الإعداد لمرحلة ثانية تشمل نمذجة هندسية دقيقة تُمكن من إدارة المخاطر وتحديد العمر المتبقي للجسر. إن ما حدث في جسر موراندي يجب أن يكون درساً يُحتذى به، لا أن يُعاد. الكوارث الهندسية ليست قدراً، بل نتيجة لتجاهل علامات التحذير.

شكر وتقدير (اختياري)

الشكر والتقدير للمهندس صالح الترهوني الذي أمدنا ببعض المعلومات عن جسر وادي كوف وكذلك أمدنا ببعض الصور للجسر.

تضارب المصالح

لا يوجد لدينا أي تضارب مصالح بخصوص نشر البحث المقدم للنشر، ولا يتضمن أي انتهاك للملكية الفكرية.

التمويل

لم يتلق الباحث أي دعم مالي لإجراء هذا البحث أو تجاربه أو لنشر هذه الورقة.

الإفصاح عن استخدام الذكاء الاصطناعي في عملية الكتابة

خلال إعداد هذا العمل، استخدم المؤلفون ChatGPT بهدف تحسين لغة البحث وضمان السلامة اللغوية. وبعد استخدام هذه الأداة، قام المؤلفون بمراجعة المحتوى وتعديله حسب الضرورة، ويتحمل المؤلفون المسؤولية الكاملة عن المحتوى النهائي المنشور.

المراجع

- [1]. Dompieri, I. (1973). The construction of the Wadi El Kuf Bridge in Libya. In: Swiss construction newspaper, v. 91, n. 11.
- [2]. Orgnoni, A., Pinho, R., Moratti, M., Scattarreggia, N. and Calvi, G. M. (2022). Critical review and modelling of the construction sequence and loading history of the collapsed Morandi bridge. *International Journal of Bridge Engineering*, 10(3), 37-62.
- [3]. نتفه، زكريا سعد. (2023). جسر وادي الكوف – اتساع فاصل التمدد وتحذيرات هندسية عاجلة. كلية الهندسة، جامعة عمر المختار. تم الاطلاع عليه في 2025/7/22.
- [4]. المرصد الليبي (2017). إغلاق جسر وادي الكوف بعد ظهور تصدعات انشائية، برقية مديرية أمن الجبل الأخضر رقم 582 بتاريخ 2017/10/25. تاريخ الاطلاع: (2025/7/22).
- [5]. <http://www.farodiroma.it/ponte-morandi-luniversita-di-genova-mette-a-disposizione-conoscenze-e-mezzi-dopo-il-crollo/>
- [6]. Calvi, G. M., Moratti, M., O'Reilly, G. J., Scattarreggia, N., Monteiro, R., Malomo, D., Calvi, P. M. and Pinho, R. (2019). Once Upon a Time in Italy: The Tale of the Morandi Bridge. *Structural Engineering International*, 29(2), 198–217.
- [7]. Arici, M., Granata, M.F., Margiotta, P. and Recupero, A. (2010). Creep Effects and Stress Adjustments in Cable-Stayed Bridges with Concrete Deck. In: *the 3rd fib International Congress 2010*, Washington D.C.