

# تقييم الحالة الراهنة للجسور الحجرية القوسية

أحمد بوحلوفة \* طاهر قادري \* سامية زاوي \* محمد ايزيان \* علي بلحسن \* ساطع بدوي \*\*

\* أستاذ باحث بمخبر مواد وطرائق البناء - جامعة مستغانم

\*\* أستاذ بكلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

LMPC – université de Mostaganem

[abouhaloufa@yahoo.fr](mailto:abouhaloufa@yahoo.fr)

## ملخص البحث

عني هذا البحث بدراسة طرائق وأساليب تقييم الجسور الحجرية القديمة بشكل عام، وذلك بمعرفة العيوب التي تعرضت لها ومدى خطورتها وأثرها على قدرة تحملها، ومحاولة معرفة السلوك الإنشائي للأقواس الحجرية. وذلك بإجراء المعاينة والكشف المفصل لبعض الجسور المشيدة على الخط الحديدي الحجازي منذ بداية القرن الماضي، ثم القيام ببعض الاختبارات التي تحدد معايير المقاومة للأحجار ضد الحمولات والعوامل البيئية المختلفة. ومن ثم تقييمها ومعرفة درجة تصنيفها للوصول في الأخير إلى تقويمها، وبالتالي تحديد ما إن كانت تتطلب تقوية للجملة الإنشائية أو إصلاحات خارجية بسيطة أو صيانة خفيفة.

ولقد بدأنا في بحثنا هذا بإعطاء الموصفات العامة للأحجار والمونة الرابطة لها ودورها في رفع المقاومة الكلية للجسور. كما تطرقنا إلى عرض مفصل للعيوب التي يمكن أن تؤثر على الجسور الحجرية ورصد الأسباب التي أدت إلى ظهورها، ثم عرضنا الحالة الراهنة للجسور الحجرية القائمة وبيننا تحديد قدرة تحملها للحمولات المتزايدة مع الزمن.

استنتجنا من هذا البحث، انه على الرغم من طول فترة إنشاء هذه الجسور، إلا أنها ما زالت تبدي مقاومات جيدة ضد تأثير العوامل الخارجية، كما أنها تتحمل حمولات كبيرة تبلغ أضعاف ما هو موجود فعليا. لذلك فمن الضروري متابعتها وصيانتها لزيادة عمرها التصميمي وبعامل أمان مقبول، وذلك بوضع برنامج زمني للمراقبة والمعاينة.

**الكلمات المفتاحية:** الجسور الحجرية، التقييم، إعادة التأهيل، الإصلاح، التقوية، المعاينة، قدرة التحمل، الحالة الراهنة، الحمولات الحقيقية.

## 1. مقدمة:

لقد تطورت الجسور الحجرية منذ العصور القديمة، وخاصة من طرف الصينيين والرومان، واستعملت في بنائها الاحجار الطبيعية دون حساب حتى بداية القرن التاسع عشر. وقد كان الشكل الملائم لهذه المادة هو الاقواس، باعتبار هذه المادة لا تقاوم على الشد. حيث تطبق في هذه الجملة الانشائية ردود افعال مائلة نحو الاسفل على الركائز، وتسعى المركبة الافقية لها الى تباعد الركائز.

تبدأ عملية التقييم بعد الفحص الدقيق وتحليل الملاحظات التي تمت بالمعاينة البصرية. لا يوجد طريقة عامة للتقييم ومُطبقة على جميع الجسور ولا حتى على «صنف» مُحدّد من الجسور. وبالتالي الطرائق المستخدمة تختلف حسب طبيعة العيوب الملاحظة.

بعدما يتم إجراء فحص دقيق للعيوب الموجودة خلال الزيارات المسبقة يتم وضع برنامج للتقييم، بالحالة العملية يكون من الضروري تصور فكرة حول الأسباب المتوقعة لهذا العيوب وبالتالي تكون هي الفكرة الرئيسية الموجهة للتقييم. وللتقييم أهداف عامة ورئيسية، ويكون على نوعين : (Calgaro & Lacroix, 1997)

- تقدير جودة ونوعية المادة (أو المواد) في الموقع.

- تحليل نظام العمل الحقيقي للمنشأة.

يساعد هذان الهدفان باختيار الطريقة المناسبة من بين الطرائق الممكنة للتقييم. وتكون الطرائق التي تسمح بتقييم حالة المواد هي:

- دراسة وتحليل العينات.

- تقنيات للفحص المحلي إما نظرياً أو بطرائق أكثر تعمقاً وقدرة (تصوير بالأشعة - فحص صوتي - فحص كهربائي مغنطيسي

## 2. العيوب وأسبابها في الجسور الحجرية

رغم الخواص المميزة لديمومة الحجارة، إلا انها تعاني من عدة عيوب تظهر حسب البيئة التي بنيت فيها. ولهذا الغرض نسعى في بحثنا هذا الوصول الى حصر جميع العيوب التي تظهر في الجسور الحجرية، وذلك لمعرفة كيفية تقييم حالتها الراهنة من خلال الكودات العالمية.

1.2. الأسباب العامة للعيوب في الجسور الحجرية: للعيوب أسباب عديدة مختلفة منها:

### 1.1.2. اختيار المواد

-أحجار تبدي عيوباً ( فراغات أو حفر مملوءة بالأتربة أو مواد غضارية ) تؤدي إلى تخفيض المقاومة الميكانيكية للأحجار.

- أحجار مسامية (poreuse) حساسة لتأثير التجمد ( action du gel ).

### 2.1.2 وضع المواد وشروط البناء:

- بناء أحجار في اتجاه التشقق المحتمل (fissuration préférentielle) .

- استعمال الكلس (chaux) في الأوساط المغمورة في الماء يسمح بالكربنة في غياب الهواء، وهذا ما يؤدي إلى تصلب المادة الرابطة.

- إنشاء الفواصل الحجرية بسماكات صغيرة جداً، والذي يؤدي حتماً إلى توزع غير منتظم للحمولات، ومن ثم تحطم الأحجار.

**3.1.2 تأثير درجة الحرارة والتقلص (الانكماش):** عندما تتزاح محصلة القوى الناجمة عن الحمولات الحية، درجة الحرارة، الانكماش، والحمولات الميتة عن الثلث المركزي للمقطع، ينتج خطر تشقق المنشأ في المناطق الأكثر ضعفاً.

**4.1.2 الانكسار بزيادة الضغط:** ازدياد اجهادات الضغط في أماكن التعبئة أو في أسطح الحجارة يمكن أن يؤدي إلى انكسار الأحجار .

**5.1.2 حركة المياه المؤثرة (الضارة):** المياه الملحية المحملة بكبريت الكلس حين التماس مع الجبس تهاجم المواد الرابطة وتؤدي إلى تشكل أملاح كودلوت (Caudlot)، حيث البلورة تفكك الأحجار .

**6.1.2 أنظمة تصريف المياه:** العمل غير اللائق لهذه الأنظمة يؤدي إلى تسربات وجريان المياه التي تؤثر على أجزاء من المنشأ.

**7.1.2 تواجد أعضاء حيوية ضارة :**

- الطحالب (mousse)، الأشنة (lichen)، الفطريات المتكاثرة في الأحجار، تفرز حموضاً مائية تؤدي إلى تفكيك الأحجار والفواصل.

- النباتات الزاحفة والنباتات ذات الجذور (حلاباب- lierre، التين، ...) تؤدي إلى اهتراء وكشف الأحجار، أو تحطم أجزاء منها.

**8.1.2 التعرض إلى مناخ ضار :** الأبخرة الحمضية (vapeurs acides) والدخان من مصدر جوي أو صناعي، والغازات الصناعية في الأماكن الحضرية (المدن) تهاجم وتؤثر على أسطح الأحجار والآجر (SETRA 1979).

**9.1.2 تأثير تدخلات الإنسان غير الصحيحة:** إعادة تعبئة الفواصل بدون تحسين أنظمة تصريف المياه، يسهل احتجاز المياه والذي يؤدي إلى زيادة الأثر الديناميكي للحمولات الحية على المنشأ، ويؤدي عيوباً ناجمة عن التجمد والذوبان. (BIRM 2000)

## 2.2. العيوب في الجسور الحجرية

تتلخص العيوب في الجسور الحجرية بصفة عامة كما يلي:

• **الانفككات (décollements):** تشقق واضح بين جزئين من المنشأ بقساوة أو سلوك مختلف، وأكثر تخصص في المنشآت الحجرية، الفواصل والوصلات بين القوس ولوحة الواجحة (Tympan).

• **التشققات (fissures) :** ويمكن تحديدها نسبة إلى اتجاهاتها في الأسطح التي تظهر فيها، وتقع:

- على السطح الداخلي للقوس (intrados)، الجزء المقعر من القوس (extrados)، الجزء المحدب من القوس، وتكون إما طولية، وتتواجد خاصة في الجزء المركزي من التحدب، وإما عرضية وتمتد عموماً بتشققات مائلة على الأعصاب الرأسية، أو قطرية .

- على سطح شاقولي، يمكن أن تكون هذه التشققات إما شاقولية، وتكون غالباً في هذه الحالة عابرة ويجب تمييزها عن فواصل البناء .

- الهبوطات (affaissements) : وتتميز بعدم الاستمرارية الهندسية، وفقاً لفواصل الحجارة غالباً.
- التفسخ (dislocation) : تبدي المنشآت الحجرية القديمة انفكاكات ناجمة عن الضياع في التماسك أو في المقاومة الميكانيكية.
- تلف أسطح الأحجار (alteration des parements): والذي يكون على شكل بقايا آثار سوداء ناتجة عن مواد عضوية محتواة في مواد الربط أو الأحجار، أو تكون على شكل الداء الأبيض ناتجة عن تراكبات الأملاح المتواجدة في الحجر أو مواد الربط.
- تلف الفواصل (alteration des joints): تحدث عملية الانحلال الكيميائي للروابط عن طريق جريان الماء أو أثر العوامل الجوية، حيث يمكن أن يؤدي تلف الفواصل إلى انهيار الأحجار.
- تحطم الأحجار (éclatements de pierres): وينجم إما عن عدم كفاية أو نقص المقاومة الميكانيكية للمادة، أو عن تجمد الحجارة والآجر (مسامية، ثقب أصلية، تشققات).
- تآكل الأحجار (erosion) : الأحجار مواد هشة نسبياً، وتتآكل بواسطة الاحتكاك أو التماس مع أجسام صلبة.
- عيوب ناتجة عن تلف الأساسات: يمكن أن نذكر: الانجراف (الحت)، تشكل حفر في البناء الحجري أو حفر في قاع تربة التأسيس.

### 3. الزيارة التقييمية للجسور الحجرية

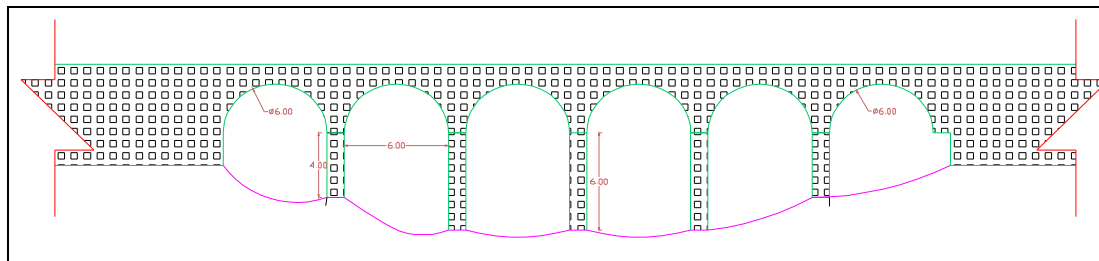
#### 1.3. بيانات جسر قم غرز بدرعا:

يقع الجسر على مجرى نهري غير دائم الجريان، وبمستوى منسوب المياه منخفض. وتتوضع أساسات الركائز على تربة صخرية. و يحمل سكة حديد الخط الحجازي: دمشق – المدينة المنورة، على النقطة الكيلومترية 128. لم نحصل على اضبارة الجسر وإنما قمنا ببعض القياسات التقريبية التي تعطي أبعاد الجسر كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول 1. يبين أبعاد جسر قم غرز

الطول (m)	العرض (m)	عدد الفتحات	طول الفتحة (m)
47.0	3.0	6	6.0

وفيما يلي مخطط عام للجسر المدروس:



شكل 1: يوضح مقطع طولي في جسر قم غرز بدرعا

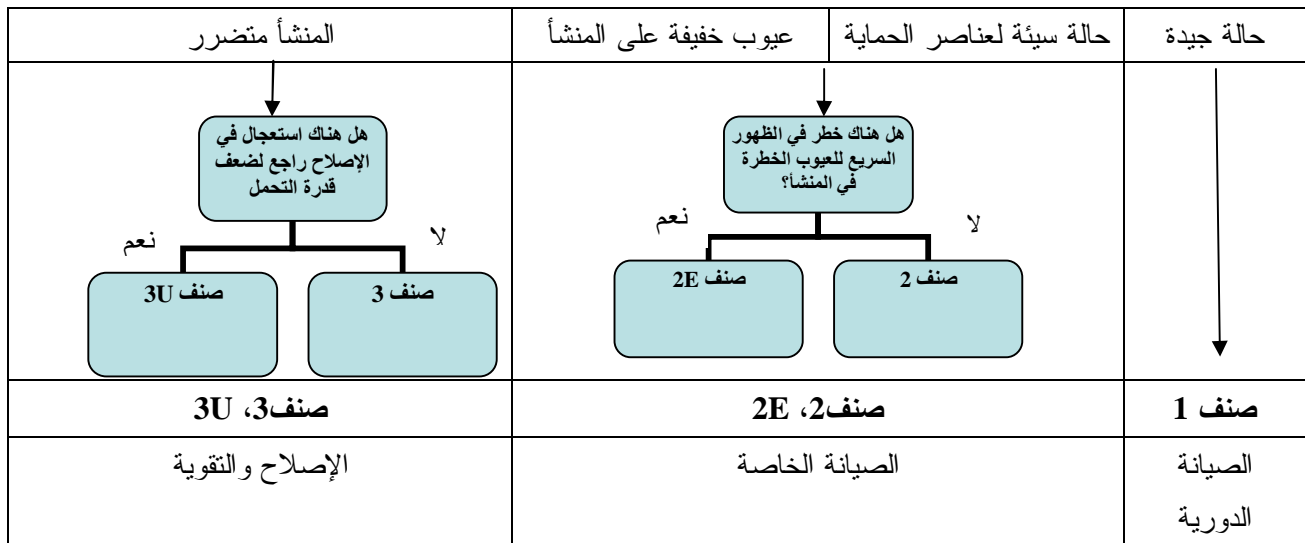
### 2.3. تصنيف درجات الحالة الراهنة للجسور القائمة:

تتميز الحالة الراهنة للجسور باختيار صنف من بين الأصناف الخمسة لدرجة التضرر، تكون أحيانا متممة بالعلامة " S " كدليل على أمان مستعملي الجسر. ويجب أن نذكر بأن فقط عيوب الجملة الإنشائية هي التي تصنف في الصنف 3.

جدول 2. يبين درجات العيوب في الجسور الحجرية وفق النورم الفرنسي

الصنف	البيان
1	جسر في حالة جيدة ظاهريا، بعد الصيانة الدورية العادية.
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>الجملة الإنشائية في حالة جيدة ظاهريا لكن التجهيزات أو عناصر الحماية تبدي عيوباً.</li> <li>الجملة الإنشائية تبدي أضرارا خفيفة</li> <li>تتطلب صيانة خاصة دون السرعة بالتدخل.</li> </ul>
2E	<ul style="list-style-type: none"> <li>الجملة الإنشائية في حالة جيدة ظاهريا لكن التجهيزات أو عناصر الحماية تبدي عيوباً.</li> <li>الجملة الإنشائية تبدي أضرارا خفيفة.</li> <li>تتطلب صيانة خاصة <u>مستعجلة</u>، من أجل حماية التطور السريع للعيوب في المنشأ وعدم وصوله إلى الصنف 3.</li> </ul>
3	الجملة الإنشائية للجسر متضررة ، تتطلب بعض الإصلاحات لكن دون السرعة بالتدخل.
3U	الجملة الإنشائية للجسر متضررة جدا، وتستوجب سرعة التدخل بالإصلاح أو التقوية، وتتعلق بضعف قدرة تحمل الجسر، أو بالتطور السريع للعيوب الظاهرة التي يمكن أن تؤدي إلى الحالة الحرجة.

**ملاحظة:** هناك العديد من الكودات لتحديد درجات الحالة الراهنة ، منها الكود الأمريكي (الأشتو)، والكود السويدي. وكلها تعتمد على نفس الطريقة فقط الاختلاف في عدد الدرجات، وفيما يلي مخطط عام للتصنيف حسب (SETRA, 1996)



الشكل 2. مخطط تصنيف الحالة الراهنة للجسور القائمة

### 3.3. تقييم الحالة الراهنة لجسر قم غرز - درع

#### 1.3.3. ملحقات الجسر وتجهيزاته

الملاحظات	التصنيف	بيان العيب
	1	1- الخط الحديدي والعوارض لا تبدي عيوباً، ما عدا نقص البلاست في بعض المناطق
فوق سطح الجسر على جانب خط الحديد وبعمق 25 سم	2	2- التشوه نحو الأسفل، الحفر، ناجم عن انضغاط مواد التعبئة (مواد منضغطة أو تحوي مواد ناعمة، أو هبوط الركائز أو خلل في أحجار القوس العنصري).
فوق القوس الثالث	2E	3- التحطم (الانهيار) المحلي: ناجم عن: هبوط مواد التعبئة (مواد منضغطة أو تحتوي مواد ناعمة). خلل في أحجار القوس العنصري. هبوط الركيزة
	2E	4- هبوط سطح الطريق خلف الركيزة الطرفية، ناجم عن سلوك سيء لردميات الركيزة (هبوطات، حفر ناجمة عن وجود مواد ناعمة، حت وتآكل حول الأساسات).
	2E	5- تحطم حواف الأرصفة، أو غياب عنصر أو مجموعة من العناصر. وهذا ناجم عن: أعمال تخريبية من طرف الإنسان والصدمات.
في مواقع مختلفة على الجهتين	2	6- تآكل، وانقطاعات موضعية للدرابزين، خلل الاستقامة، ناجم عن: - تخريب الإنسان
خاصة في مداخل الجسر وعلى جهتيه.	2	7- عيوب في الاطراف، ويكون عبارة عن: - عدم الترابط بينها وبين المنشأ - خلل في الفواصل بين العناصر ( فراغات، تملح،... ) وذلك ناجم عن: سوء التنفيذ. التأثيرات الفيزيوكيميائية للوسط المحيط.
لم نرى وجود أجهزة تصريف مياه فوق السطح	2	8- انسداد أو انعدام وجود أجهزة تصريف مياه الأمطار للطريق فوق الجسر وعلى حوافه. ناجم عن التصميم غير اللائق لأجهزة التصريف. سوء تنفيذ أجهزة التصريف. تدهور حالة الأجهزة بالإهتراء

الدرجة الكلية التي يأخذها السطح العلوي للجسر (هي اكبر درجة سجلت في الجدول أعلاه): 2E

### 2.3.3. عناصر الحماية:

الملاحظات	التصنيف	بيان العيب
متواجدة في معظم الأجزاء الداخلية للأقواس.	2 2E 2E	9- انعدام الكتامة أو تدهورها: وتشخص خلال الكشف عن عيوب الجزء السفلي للقوس، مثل: - الداء الأبيض، التجاوب، أثر جريان الماء، ... الخ. - انفصال الأحجار (غياب مونة الربط) - تغير وفساد الأحجار
	2	10- تشوه التغطية الحجرية للركيزة، ناجم عن: هبوط وانضغاط الردم، تسرب مياه الأمطار،
	2	11- انهيار محلي ووجود حفر في التغطية الحجرية، ناجم عن: الحت الناتج عن جريان المياه تحت المنحدر، ثغرات في مواد الردم، نمو النباتات
	2	12- تدهور حالة المواد المكونة للتغطية الحجرية (تغير الأحجار، انفصال الأحجار، تشققات، ...)
	1	13- نمو النباتات فوق المنحدر يمكن إزالتها بسهولة.
	2	14- تدهور عناصر الحماية، ناجم عن: أثر التيارات المائية. نمو النباتات.
	2	15- تدهور أجهزة تصريف المياه الجانبية، ناجم عن: انعدام الصيانة. الهبوطات. نمو النباتات.

وتكون العلامة النهائية لعناصر الحماية كالمنحدر الحجري أمام الركيزة والكتامة هي: 2E

### 3.3.3. الجملة الإنشائية:

#### أ. الأقواس والجدران الحجرية:

الملاحظات	التصنيف	بيان العيب
في القوس الثالثة وقد يتطور بزيادة الحمولات	3	16- انفكك بين جسم القوس وبين الصف السفلي للقوس (حزام القوس) - ناجم عن زيادة الحمولات على الجسر، وتدهور المونة وانفصالها
ويمكن أن يكون على مساحة صغيرة و شامل.	2	17- الانفصال (انفتاح الفواصل): وهو يرتبط بخلل في الكتامة أو تصريف المياه، أو يتعلق بأثر التفاعلات الفيزيوكيميائية للوسط المحيط بمونة الفواصل.
تواجهه بشكل ضعيف	1	18- الداء الأبيض: ناجم عن تسرب مياه الأمطار عن طريق السطح العلوي،
ويعني تغير لون الأحجار	1	19- تدهور الأحجار وتغيرها: ناجم عن أثر التجمد وأثار أخرى فيزيوكيميائية. ويكون: على الحزام السفلي للقوس، و على الزوايا
لم نلاحظ وجود نباتات على الجدران	0	20- تواجد النباتات
لم يظهر لنا أي تصدع بيديه المنشأ في	0	21- التصدعات والشقوق
	2E	22- فراغات لأحجار مقلعة في الجدار الرأسي. ناجم عن فعل أيدي تخريبية

وتكون العلامة النهائية للأقواس والجدران الحجرية هي: 3



صورة 2. تبين حفرة مع نزع أحجار الاطروفة



صورة 1. تبين اقتلاع أحجار الاطروفة

ب. الركائز والأساسات:

الملاحظات	التصنيف	بيان العيب
لم نلاحظ أي خلل في الاستقامة لجدران الركائز	0	23- شاقولية الركائز
تواجد بسيط	1	24- غياب مونة الربط في بعض المواقع من جدران الركائز. ناجم عن اثر المياه
وخاصة في الأجزاء القريبة من الماء	1	25- ظهور الداء الأبيض وتغير لون الأحجار. ناجم عن اثر المياه والعوامل الجوية.
	2	26- تحطم بعض الأجزاء من الأحجار. ناجم عن اثر صدم الأجسام الصلبة المتحركة مع المياه أو من تخريب المواطن
يمكن أن يؤدي إلى تدهور أساسات الركائز وحتى جدرانها	2E	27- انعدام عناصر الحماية للركائز الوسطية كالسيلاج المعدني الواقي للجزء السفلي من الركيزة أو لأساسها.
في الركيزة الثالثة التي تحمل	2	28- هبوط الركائز، ويمكن أن يكون ناجما عن اثر الحت أو زيادة الحمولات .
وخاصة حول الركيزة الوسطية الثالثة، لكن لم نستطيع التأكد من أبعاده لتجمع المياه .	2	29- الحت والتآكل لمجرى الوادي حول الركائز الوسطية، ويكون ناجما عن غياب عناصر الحماية أو اثر التيار المائي
لم نتمكن من معاينة كل الأساسات	2	30- تدهور الأساسات
	2	31- نمو النباتات في مجرى الوادي المعرقلة لجريان المياه، وتواجد بقايا أحجار .

وتكون العلامة النهائية للركائز الأساسات الحجرية هي: 2E

وتكون العلامة النهائية للجملة الإنشائية عامة هي: 3. وهي العلامة النهائية التي يأخذها الجسر.

ويعني ذلك دخول المنشأ في مرحلة التدخل الضروري بالنقوية أو الإصلاح للعناصر المتضررة وذلك بعد إعادة دراسة السبب الحقيقي للعيب اثر الكشف الدقيق والمفصل للعنصر.

4.3. الاختبارات المخبرية على العينات:

### 1.4.3. اختبار المقاومة على الانعطاف:

بعد تجفيف العينات بأبعاد ( 28 x 7 x 7 ) إلى الوزن الثابت، نضعها فوق مسندين بسيطين متدحرجين بفتحة 21 سم، ونطبق حمولة محورية مركزة تدريجيا في منتصف العينة حتى الانكسار كما هو موضح في الصورة 3، واجريت التجربة على عينتين احدهما تحوي عيوباً.



صورة 3. تبين توضع عينة الحجر في جهاز الانعطاف

نحصل على النتائج المعطاة في الجدول التالي

جدول 3. يبين قيم مقاومة الانعطاف للعينات الحجرية

2	1 (تحوي تكهفات)	العينة
1664	1240	الحمولة القصوى الحديدية للانهييار (kg)
153	114	المقاومة على الانعطاف (kg/cm <sup>2</sup> )



صورة 4. تبين العيب الموجود في العينة المكسورة على الانعطاف

2.4.3. اختبار المقاومة على الضغط: تؤخذ مكعبات (7 x 7 x 7) سم<sup>3</sup>، وتجفف حتى الوزن الثابت. يعطى إجهاد الضغط كما في الجدول التالي:

جدول 4. يبين قيم اجهادات الضغط للعينات الثلاث البازلتية

3	2	1	العينة
1061	1102	1041	إجهاد الضغط (كغ/سم <sup>2</sup> )

ومنه يكون الإجهاد الوسطي للعينات مساويا للقيمة:  $S_p = 1068 \text{ kg/cm}^2$

وعليه فان هذه القيمة مقبولة بالنسبة لأحجار البازلت التي تتراوح مقاومتها على الضغط من 800 كغ/سم<sup>2</sup> إلى 2200 كغ/سم<sup>2</sup>.

### 3.4.3. اختبار الوزن النوعي والوزن الحجمي: يمكن عرض النتائج كما يلي:

جدول 5. يبين حصيلة نتائج الوزن النوعي والمسامية

الاختبار	القيمة
الوزن النوعي (غ/سم <sup>3</sup> )	2.75
الوزن الحجمي (غ/سم <sup>3</sup> )	2.68
المسامية (%)	2.60

وبالتالي فالقيم المتحصل عليها كلها ضمن الحدود النظرية للحجر البازلتي ، وهذا يعني ان الاحجار لم تفقد الكثير من مقاومتها. ( الجند 2000 )

## 4. الخلاصة:

إن التجارب على احجار الجسر القائم دلت على ان الصفات الميكانيكية والفيزيائية لم تتراجع بشكل كبير ومازالت ضمن الحدود المسموحة نظريا رغم مرور ما يقارب القرن على انشاء الجسر. ونستنتج من خلال التجارب التي اجريناها ان الجسور الحجرية تبدي مقاومات هائلة على الضغط، مما يجعلها ذات ديمومة كبيرة تزيد من العمر التصميمي او تعطي عمرا تصميميا جديدا وبعامل امان جيد، بعد الاصلاحات التي يجب اجراؤها على العناصر وبشكل دوري. ويمكن تلخيص الاستنتاجات كما يلي:

- المقاومة الكبيرة للأحجار الطبيعية للعوامل الجوية تمنحها ميزة الحفاظ على الشكل الهندسي التصميمي .
- إن الشكل الهندسي للجسور القوسية يسمح لها بنقل اجهادات الضغط بشكل أمين إلى الركائز الكتلية التي تبدي مقاومات كبيرة للضغط.
- تبدي الجسور الحجرية تشققات عند فواصل الأحجار قبل مرحلة الانهيار مما ينذر بالإسراع في اتخاذ قرار إعادة التأهيل.
- إن معظم العيوب الملاحظة على الجسور الحجرية والتي لازالت ضمن عمرها التصميمي بصفة عامة تتعلق بظاهرة الحت وهبوط الركائز، او الفيضانات الهائلة .

ومن خلال دراستنا للجسور الحجرية وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها يمكن أن نخرج بالمقترحات التالية:

- البحث عن الاضبارة التنفيذية للجسور الحجرية وإلا فمن الضروري إجراء القياسات الحقلية اللازمة لتحديد الأبعاد الدقيقة للجسور والتي تتطلبها عملية النمذجة الحاسوبية.
- ضرورة المعاينة الحقلية الموسعة للجسور الحجرية وإجراء كافة الاختبارات التي من شأنها تحديد الخواص الاساسية للجسور واستخدام في ذلك معدات وتجهيزات حديثة.
- تكوين فريق عمل من المهندسين للمعاينة والكشف عن العيوب و تقييم وإعادة تأهيل الجسور الحجرية،

## المراجع

1. الجند، إسماعيل ناصر، القدسي، محمد عبد الباري. 2000، أحجار البناء والزينة في اليمن، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية صنعاء..
2. بوحلوفة أ. 2008، تقييم الحالة الراهنة للجسور الحجرية لإعادة تأهيلها، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، دمشق.
3. كعدي ب. 1998، البناء بالأحجار الطبيعية، حلب. سورية.
- 4..SETRA 1996, **catalogue des désordres des ponts en maçonnerie**, Paris
5. Ministère des transports, 1979. **Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art**. LCPC et SETRA. Paris.
6. Normes Françaises " NF P 95-107, 1994. **réparation et renforcement des maçonneries**. AFNOR. Paris.
7. US Department of transportation, 2002, **BIRM: Bridge Inspector's Reference Manual**, publication NHI, FHWA. USA