JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

بحث بعنوان

معايير الإنشاء في الجسور المتقاطعة

م. نورالدين مصطفى محمد الرصاصي

مهندس مدني ابنية وانشاءات

بلدية النسيم

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

الملخص

يتحدث الباحث عن تعريف الجسور وكيفية تصميمها والمتطلبات الأساسية لمخططات الجسور حتى يتم إجازتها من البلدية وفق أسس ومعايير موحدة من أجل تيسير وتسهيل مهمة مهندسي البلدية وسرعة إنجاز أعمالها ، وقد بين الباحث تحديد الحاجة لوجود الجسر، والمتطلبات الساسية للتخطيط الفقي والرأسي للجسر ، وتوضيح الأنواع المختلفة للجسور وأنواع المواد المختلفة المستخدمة في إنشاء الجسور ، ثم تعريف بمرحلة التصميم الإبتدائي للجسور، والإعتبارات العامه الواجب مراعاتها عند التخطيط الأولى للجسور ، وأسباب تاكل المعادن و أضراره ، وبيان الخطوات الصحيحة للتصميم النهائي للجسر والشروط والمواصفات اللازمة لتنفيذ الجسر ، وذلك بهدف تدريب مهندسي البلدية على كيفية تدقيق المخططات التنفيذية للجسور وما بها من معلومات.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

Abstract

The researcher talks about the definition of bridges, how to design them, and the basic requirements for bridge plans until they are approved by the municipality according to unified principles and standards in order to facilitate and facilitate the task of municipal engineers and the speedy completion of their work. And the different types of materials used in the construction of bridges, then an introduction to the preliminary design stage of bridges, and the general considerations that must be taken into account when the initial planning of bridges, and the causes of metal corrosion and its damages, and an indication of the correct steps for the final design of the bridge and the conditions and specifications necessary for the implementation of the bridge, with the aim of training municipal engineers on how to check Executive drawings of bridges and their information.

❖ المقدمة

بالنظر إلى الواقع اليوم نجد أن الازدحام المرورية على الطرقات باتت ظاهرة يومية تؤرق البعض وتؤدي إلى مشاكل نفسية واجتماعية كبيرة في المجتمع المعاصر وتؤدي إلى تكبد خسائر اقتصادية فادحة وإلى حوادث مرورية كثيرة ونسبة وفيات كبيرة وغيرها من المشاكل ، فلذلك دائماً يتم المحاولة لإيجاد حلول مناسبة لهذه المشاكل ومنها إنشاء الجسور في تقاطعات الطرق. والجسور هي وسيلة لاستمرارية الطرق عبر المجاري المائية أو الطرق العمودية عليها حيث يتم توفير ممر واضح للمركبات مع اختصار المدة الزمنية للإشارة الضوئية في التقاطعات المزدحمة. الجسر بناء أو معبر يستخدمه الناس والمركبات لعبور مساحات تشكل عقبات للانتقال. يتولى المهندسون بناء الجسور عبر البحيرات والأنهار والأغوار السحيقة والطرق الوعرة وخطوط السكك الحديدية. وفي غياب الجسور يضطر الناس إلى استخدام الزوارق لعبور الممرات المائية، أو الالتفاف حول العوائق التي تشكلها الأغوار والوديان تتفاوت أطوال الجسور ما بين أمتار قليلة إلى العديد من الكيلومترات، وتعد من أضخم الإنشاءات التي شيدها الإنسان. وقد انحصر دور التصميم ومواد التشييد في سد الاحتياجات المتزايدة يومًا بعد يوم في هذا المجال. ومن أهم متطلبات الجودة في إنشاء الجسور متانة بنيانها حتى تصبح قادرة على حمل ثقلها الذاتي، إضافة إلى أوزان من يستخدمها من بشر ومركبات. كما يجب أن يكون هيكلها الإنشائي قادرًا على مقاومة ما يطرأ عليه من إجهاد، يسببه العديد من العوامل الطبيعية التي تشمل الزلازل والرياح العاتية وتفاوت درجات الحرارة. ولمعظم الجسور هياكل خرسانية أو هياكل من الصلب أو الخشب، بالإضافة إلي طرقات من الإسفلت أو الخرسانة لحركة المشاة والمركبات.

- **تحديد الحاجة لوجود جسر**

الجسور هي وسيلة لستمرارية الطرق عبر المجاري المائية أو الطرق العمودية عليها حيث يتم توفير ممر واضح للمركبات مع اختصار المدة الزمنية للشارة الضوئية في التقاطعات المزدحمة ، ولتحديد الحاجة لوجود الجسور يتم إجراء دراسة تفصيلية حسب العتبارات التالية :

1. دراسة الجدوى القتصادية.
2. ملءمة التخطيط لطبوغرافيا الموقع.
3. حركات المرور الرئيسية (نقل ومرور).
4. نوعية الطرق ودرجاتها.
5. انسجام الجسر مع الموقع العام من الناحية المعمارية والجمالية.

وعند المفاضلة بين اختيار الجسور والنفاق تراعى النقاط التالية :

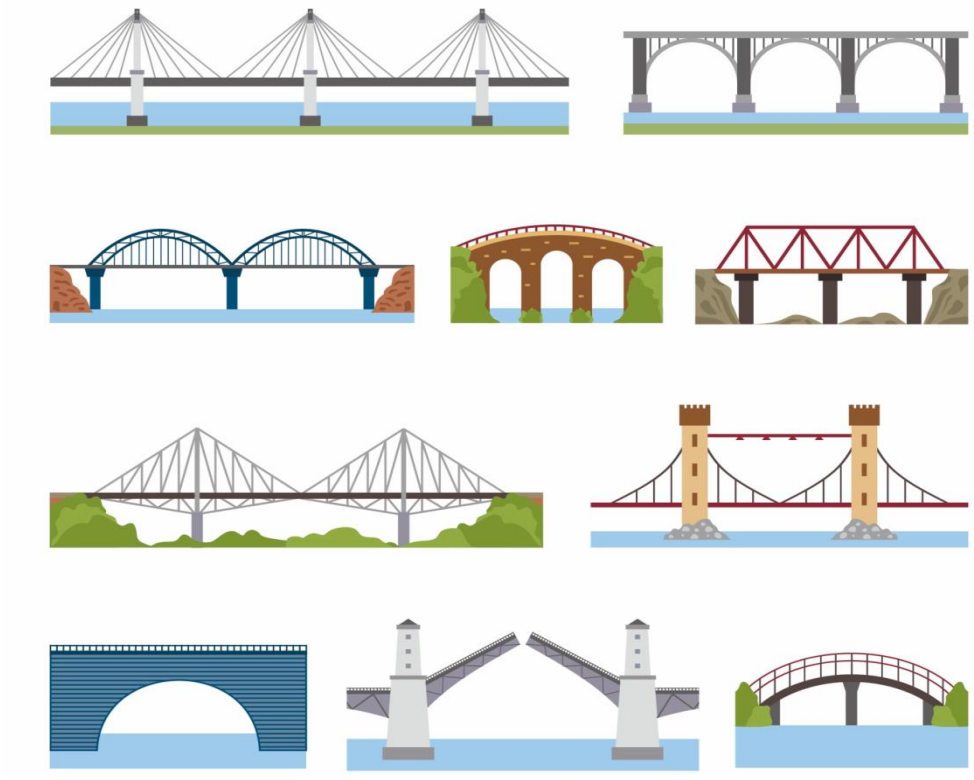
- يعطي الجسر العلوي شعور أقل بالقيود.
- الجسر أكثر ملءمة للنشاء على مراحل خاصة في المواقع التي يشغل فيها الصرف مشاكل للجسر.
- إذا كان هناك طريق جديد يتقاطع مع طريق رئيسي قائم، فإن الجسر يؤدي إلى انسياب الحركة المرورية على الطريقين.
- يفضل استخدام النفاق بدلً من الجسور إذا كان الطريق الرئيسي يمكن إنشاؤه قريباً من الرض الحالية بميول متصلة بدون تغيير كبير في الميل.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (4)
16–كانون الثاني–2023
https://jaspss.com

❖ أنواع وتصنيفات الجسور

وتصنف أنواع الجسور المختلفة في العالم من حيث الاستخدام كالتالي :

1. جسور سيارات.
2. جسور سكك حديدية.
3. جسور مشاه.
4. جسور خطوط الأنابيب (خطوط أنابيب بترول– مياه – صرف صحي).
5. الجسور المؤقتة



❖ **الإعتبارات العامه الواجب مراعاتها عند التخطيط الأولى للجسور**

تعتمد الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تصميم جسر هي نفسها تقريبا بالنسبة للشوارع على اعتبار أن الجسر يربط بين ممرين او شارعين ومن هذه الاعتبارات :

- **حجم المرور الساعي** الاقصى في ساعة الذروة والسرعة التصميمية للشوارع وحجم مرور الشاحنات وعلى العموم هناك تخطيط افقي وتخطيط رأسي للجسر فالتخطيط الافقي يشمل على :
  - تصميم المنحنيات الأفقية .
  - تصميم الرفع الجانبي .
  - تصميم عدد حارات المرور للجسر وعروضها، والتي تعتمد على الآتي :مسار الحركة على الجسر وإتجاهاتها.
  - أعداد المركبات المتوقعة على الجسر.
- **الخلوص الأفقي والعروضات** : الخلوص الأفقي عند الممرات السفلية (أسفل الجسر). الخلوص على اليمين من حافة حارة المرور الطولي إلى الحائط أو العمود يجب أن يكون(2.40 .3.60) متراً ولايقل عن1.80 متراً . في حالة وجود رصيف مشاة يجب الإبقاء على الكتف كاملاً ، يفضل أن يكون عرض أرصفة المشاة بين1.20 .1.80متراً وليس أقل من1.00متراً يفضل أن يكون الخلوص الأفقي بين رصيف المشاة وحافة الرصيف الخارجية 1.80 . 2.60 متراً والأدنى للطرق الرئيسية 1.80 متراً 0.60 متراً على الطرق المحلية.

❖ **العناصر الرئيسية للجسر**

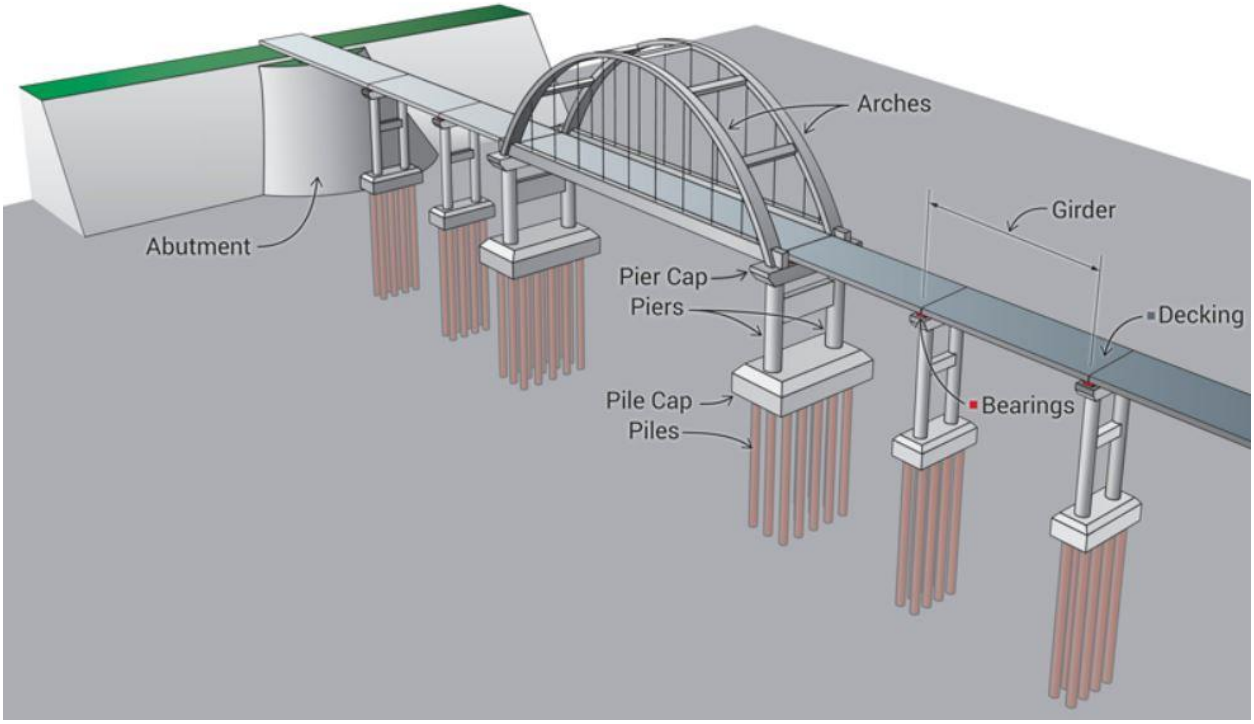
يتألف الجسر من العناصر الرئيسية الآتية:

- الركائز والجزء العلوي الذي يغطي الفراغ بين الركائز، يضاف إلى ذلك في الجسور المقامة على الأنهر المنشآت المنظمة لجريان المياه تحت الجسر وخاصة أثناء الفيضانات.
- أما أساسات الجسور فقد تكون سطحية أو على أوتاد. والأوتاد إما أن تكون مصبوبة في المكان أو مسبقة الصنع.
- تقسم الجسور من حيث عدد الفتحات إلى جسور ذات فتحة واحدة أو متعددة الفتحات وتقسم من حيث الشكل الإنشائي إلى جسور جائزية (بسيطة وظفرية ومستمرة) وتكون ردود الأفعال فيها شاقولية، وجسور إطارية ردود الأفعال فيها شاقولية وأفقية، وجسور إطارية مكبلة لتغطية الفتحات الكبيرة، وخاصة عبر الوديان العميقة. وهي مقاومة أساساً لقوى الضغط. ولتغطية الفتحات الكبيرة جداً هناك ما يعرف بالجسور المعلقة التي تقاوم كبولها الفولاذية قوة الشد .
- وتقسم الجسور بحسب منسوب المرور، أي بحسب توضع غطاء الجسر بالنسبة لجسم إنشاء الجسر، إلى جسور ذات منسوب علوي أو وسطي أو سفلي، ومن حيث الديمومة هناك جسور دائمة تخدم لسنين طويلة وجسور مؤقتة تخدم لمدد محدودة، وتنقل من مكان إلى آخر، ومنها الجسور العسكرية العائمة. ومن أجل مرور السفن تحت الجسور يرفع منسوب الجزء العلوي منها بقدر كاف فوق منسوب المياه، أو يتم بناء جسور متحركة تسمح بمرور السفن برفع غطاء الفتحة المخصصة لهذه الغاية أو بتدويره أو بفتحه جزئياً. كذلك وتقسم الجسور بحسب أبعادها وصعوبة تصميمها وتنفيذها إلى أربعة أنواع:

- جسور صغيرة لا يزيد طول المسافة بين طرفي الركيزتين الطرفيتين فيها على 25 متراً.
- وجسور متوسطة يراوح طولها الكامل بين 25 متراً و100 متر وطول الفتحة الواحدة فيها نحو 50 متر،
- وجسور كبيرة يصل طولها الكامل إلى نحو 500 متر أو يكون طول الفتحة الواحدة فيها في حدود 100 متر.
- وهناك أيضاً الجسور ذات التصنيف العالي التي يزيد طولها الكامل على 500 متر أو التي يكون طول الفتحة الواحدة فيها أكثر من 100 متر.

من الأمور المهمة للجسور المبنية عبر الممرات المائية تحديد طول الفتحة المائية الأعظمية التي تسمح بمرور الغزارات الأعظمية (التصميمية) للمياه في أثناء الفيضانات، ومن الضروري تأمين عبور المياه الأعظمية بأمان مع مراعاة وجود الردميات وجذوع الأشجار وغيرها في أثناء الفيضانات. تحدد أبعاد العناصر الرئيسية للجسر (الجزء العلوي والركائز والأساسات) عند وضع الدراسة لتصميم الجسر، ويحدد عرض الجسر بحسب عرض الطريق الذي يخدمه، أما أبعاد ما تحت الجسر فتحدد بحسب المواصفات الخاصة بالجسور، وهي تختلف بحسب الغاية كأن تكون لتمرير السيارات أو القطارات. وعند تصميم الجسور يلتزم بأن تكون هذه المنشآت متينة وذات ديمومة عالية وثابتة تحت تأثير الحمولات الثابتة والمتحركة وأن تضمن الحركة السليمة على الطرقات التي تخدمها من دون انقطاع مع مراعاة إمكانية تطور حمولات المركبات التي تسير عليها. إن اختبار الجسور ضروري لمعرفة مدى توافق التصميم مع الواقع. ولهذا يجب تجربتها للحمولات الثابتة (الستاتيكي) بوضع حمولات غير متحركة عليها أما تجربتها ديناميكياً فيتم بتمرير حمولات متحركة بأوزان مختلفة وبسرعات متعددة ويتم عادة في الاختبارات الستاتيكية قياس تشوهات الجزء العلوي وقياس الإجهادات ومقارنة ذلك مع التشوهات والإجهادات التصميمية، وتأثير الحمولة الثابتة والحمولة

الحية. أما الاختبارات الديناميكية فتهدف إلى دراسة عمل الجسر من جميع النواحي تحت تأثير الحمولات المتحركة وذلك بقصد تحديد المعطيات والعوامل الخاصة بالحسابات الديناميكية.



❖ **المواد التي تدخل في بناء الجسر**

1. الحجر:

تم بناء الجسور القديمة العظيمة للإتروسكان والرومان وأحباب فراتريس في العصور الوسطى (منذ حوالي 1100) ولاحقًا من كبار البنائين بالحجارة، استمرت الأقواس والأعمدة لآلاف السنين عندما تم استخدام الحجر الصلب وأسس الأساسات على أرض صلبة باستخدام الحجر، حيث يمكن للمرء أن يبني جسورًا جميلة ومتينة وذات امتداد كبير (حتى 150 مترًا). لسوء الحظ، أصبحت الجسور الحجرية باهظة الثمن، ومع ذلك فعلى مدى فترة طويلة، قد تتحول الجسور الحجرية المصممة جيدًا والمبنية جيدًا إلى الأرخص،

لأنها تدوم طويلاً ولا تحتاج تقريبًا إلى صيانة على مدى قرون ما لم تتعرض للتلوث الشديد للهواء. عادة ما يقتصر الحجر في الوقت الحاضر على الأسطح، حيث يتم ضبط الأحجار مسبقًا أو تثبيتها كواجهة للدعامات أو الأرصفة أو الأقواس، بالطبع يجب اختيار الحجر المقاوم للعوامل الجوية، والصخور الأساسية مثل الجرانيت أو النيس أو الرخام السماقي أو الديباس أو الحجر الجيري المتبلور مناسبة بشكل خاص، ويجب توخي الحذر مع الأحجار الرملية، حيث أن الحجر الرملي السيليسي فقط هو الذي يتسم بالمتانة، اختيار ألوان الحجر مناسب أيضًا، يمكن أن يبدو الجرانيت ذو اللون الرمادي الموحد والسطح المنشور باهتًا مثل الخرسانة العادية البسيطة، يمكن أن يبدو المزيج المتناغم من الألوان المختلفة والأسطح المنقوشة قليلاً نابضًا بالحياة للغاية. حتى عندما تكون مناطق البناء واسعة النطاق، يمكن أيضًا إضفاء الحيوية على الأسطح عن طريق حشو مفاصل ساطعة أو داكنة، ويجب أن تكون أحجام الكتل الحجرية وخشونة أسطحها منسجمة مع حجم الهيكل والدعامات لا يناسب النقش الخشن رصيفًا صغيرًا فقط بسمك 1 متر وارتفاع 5 أمتار، ولكن حجارة أشلارس كبيرة الحجم مناسبة للجسور ذات الأقواس الكبيرة مثل (Saalebrucke Jena أو Lahntalbrucke Limburg)، كان البناء بالجرانيت مفضلًا لأرصفة الجسور عبر نهر الراين، لأنه يقاوم التعرية بالمياه الرملية أفضل بكثير من أصعب الخرسانة.

2. الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد:

الخرسانة هي مادة بناء تستخدم في جميع أعمال البناء تقريبًا، نظرًا لوجود لون رمادي باهت، لا يُفضل الخرسانة عادةً في الإنشاءات مثل الجسور، حيث يتم تضمين قضبان الصلب الخرسانية فيه، تبدأ قضبان الصلب في العمل عند حدوث تشققات في الخرسانة، أي عندما لا تتمكن الخرسانة من مقاومة المزيد من

ضغوط الشد، تظل الشقوق غير مؤذية تسمى "تشققات الشعر"، إذا تم تصميم القضبان ووضعها بشكل صحيح، والطريقة الثانية لمقاومة قوى الشد في الهياكل الخرسانية هي طريق الضغط المسبق.

3. الصلب:

من بين مواد الجسر، يتمتع الفولاذ بأعلى صفات القوة وأكثرها ملاءمة، وبالتالي فهو مناسب للجسور الأكثر جرأة بأطول مسافات، حيث يتمتع فولاذ البناء العادي بمقاومة انضغاطية وشد تبلغ 370 نيوتن / مم 2، أي حوالي عشرة أضعاف مقاومة الانضغاط للخرسانة المتوسطة ومئة ضعف قوة شدها، ميزة خاصة للصلب هي ليونة بسبب تشوهه إلى حد كبير قبل أن ينكسر، لأنه يبدأ في الخضوع فوق مستوى إجهاد معين، تُستخدم قوة الخضوع هذه كأول مصطلح من حيث الجودة القياسية.

غالبًا ما يفضل استخدام الفولاذ عالي القوة للجسور، كلما زادت القوة، قل الفرق النسبي بين قوة الخضوع وقوة الشد، وهذا يعني أن الفولاذ عالي القوة ليس مطيلًا مثل الفولاذ ذي القوة العادية، ولا تزداد قوة التعب بما يتناسب مع قوة الشد، لذلك من الضروري أن يكون لديك معرفة عميقة بسلوك هذا الفولاذ الخاص قبل استخدامه، لأغراض البناء، كما يتم تصنيع الفولاذ على شكل ألواح (بسمك 6 إلى 80 مم) عن طريق الدرفلة عند التسخين الأحمر، بالنسبة للمحامل وبعض العناصر الأخرى، يتم استخدام الفولاذ المصبوب، حيث أنه بالنسبة للأعضاء المعرضين للشد فقط، مثل الحبال أو الكابلات، هناك فولاذ خاص معالج بطرق مختلفة مما يسمح لنا ببناء جسور معلقة أو جسور مثبتة بالكابلات.

تسمح نقاط القوة العالية للفولاذ بمقاطع عرضية صغيرة من الحزم أو العوارض، وبالتالي حمولة منخفضة من الهيكل، وبالتالي كان من الممكن تطوير الأسطح الفولاذية خفيفة الوزن "ذات الصفيحة التقويمية" للطرق، والتي أصبحت الآن شائعة مع مسار تآكل الأسفلت، بسمك 60 إلى 80 مم.

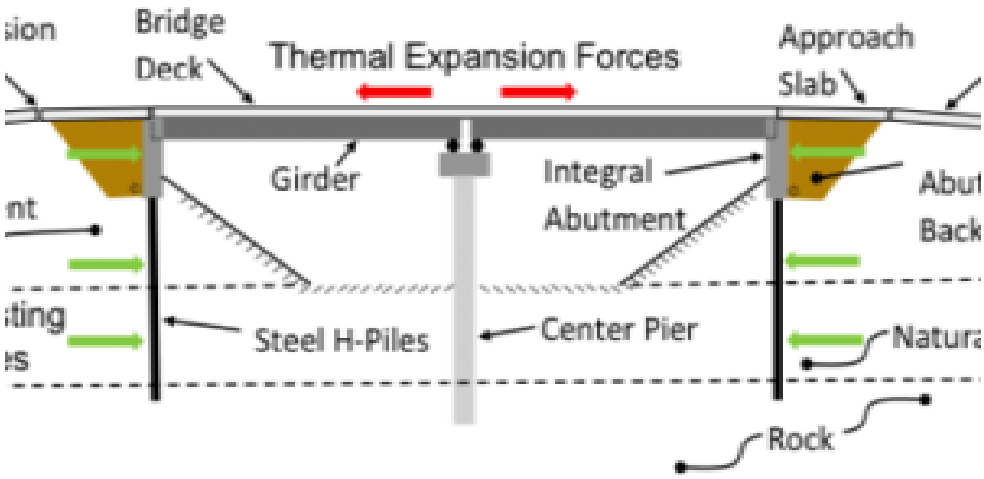
أطلق رواد بناء هذه الألواح العظمية اسمها الأقل غموضًا والأقل علميًا "ألواح فولاذية صلبة"، تشكل الصفيحة الفولاذية العادية، التي يتم تقويتها بواسطة الخلايا أو (rlbs)، وترًا لكل من العوارض العرضية المستعرضة والعوارض الرئيسية الطولية، في نفس الوقت يعمل كعارضة رياح، يدين سطح الجسر هذا بتطبيقه الناجح بشكل أساسي إلى اللحام الآلي، والذي يستخدم الآن بشكل عام والذي أثر بشكل كبير على تصميم الجسور الفولاذية.

لذلك يسود الآن بناء العوارض الخشبية، حيث يجب تقوية الألواح الفولاذية الرقيقة الكبيرة ضد الالتواء، في السابق كان يتم وضع أدوات التقوية الرأسية حسب الأفضلية على الوجوه الخارجية، حيث تم ترتيب التقوية الطولية من الداخل. اليوم يتم وضع جميع أدوات التقوية في الداخل لتحقيق سطح خارجي أملس لا يسمح بتراكم الغبار أو رواسب الأوساخ التي تحتفظ بالرطوبة وتعزز التآكل، "كعب أخيل" للهياكل الفولاذية، بالكاد تختلف جسور العوارض الفولاذية الحديثة عن الجسور الخرسانية سابقة الإجهاد في مظهرها الخارجي، باستثناء ربما في لونها، ربما يكون هذا أمرًا مؤسفًا، لأن التقوية الموجودة في الخارج تنشط وجوه الألواح وتعطي الحجم وتجعل العارضة تبدو أقل ثقلاً، بالإضافة إلى العوارض الخشبية.

تستفيد الجمالونات أيضًا بشكل كامل من خصائص مواد الفولاذ، يمكن بناء الجسور بالغة الدقة من خلال ضم أقسام فولاذية رفيعة معًا لتشكيل تروس، مرة أخرى أدى اللحام إلى تحسين إمكانات الشكل الجيد، لأنه

يمكن تصنيع المقاطع المجوفة وربطها دون استخدام ألواح مجمعة كبيرة، وبهذه الطريقة، تنشأ دعامات ذات مظهر ناعم بدون "الاضطرابات" التي تحدث من خلال ربط اثنين أو أربعة جوانب من المقطع المدلفن بشبكة أو ألواح، يجب حماية الفولاذ من التآكل ويتم ذلك عادة عن طريق تطبيق طلاء واقٍ على سطح الفولاذ المكشوف، يعد طلاء الفولاذ العادي ضروريًا من الناحية الفنية، ويمكن استخدامه لتصميم ألوان الجسر.

يعد اختيار الألوان ميزة مهمة لتحقيق المظهر الجيد، يوجد فولاذ لا يتآكل في البيئة العادية ، لكنه غالي الثمن لدرجة أنه يستخدم فقط للمكونات المعرضة بشكل خاص لهجمات التآكل أو التي يتعذر الوصول إليها.



❖ **أسباب تاكل المعادن و أضراره :**

يعرف بأنه إنحلال المعدن بسبب تفاعله مع الوسط الذي يتعرض له أو فشل المعدن بأي سبب غير السبب الميكانيكي البحت ، أو يعرف أحياناً بأنه العملية العكسية لإستخلاص المعدن من خاماته والتأكل فشل يصيب سطح المعدن ينتج بسبب عوامل كيميائية أو بسبب عوامل كيميائية تساعدها عوامل ميكانيكية متوفرة في الوسط الذي يعمل فيه المعدن.

وهناك نوع آخر في الفشل السطحي سببه ميكانيكي بحث يدعى البلى Wear والذي ينتج بسبب الاحتكاك بين سطح المعدن وتحت تأثير الجهود الخارجية . والأمثلة عديدة على التآكل منها صدأ هيكل السيارة وعلب المواد الغذائية والصفائح والمقاطع الفولاذية وتأكل الأنابيب المدفونة في التربة ، وهناك أمثلة أخرى على تآكل أجزاء معدنية عديدة تتعرض إلى أوساط صناعية مثل الأحماض والقواعد والمياه المالحة وما إلى غير ذلك .

إن الأضرار التي يسببها الفشل السطحي بسبب التأكل عديدة وجميعها ذات مردود إقتصادي سيء ، ومن هذه الاضرار :

- **تغير الابعاد وفقدان الخواص الميكانيكية :**

يؤدي التأكل إلى فقدان الوزن بسبب انحلال المعدن وبالتالي إلى تغير أبعاده ، لذلك تعطى في الغالب بعض السماحات للتأكل (Corrosion Allowance) عند وجوده وعند التصميم وتكون هذه السماحات أكبر سمكاً في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل عالية منها في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل منخفضة . ولتغير أبعاد القطعة المعدنية بسبب التآكل تأثير في الخواص الميكانيكية ، حيث تقل قابليتها لتحمل الأحمال الخارجية ، أي تزداد قابليتهاا للتشويه اللدن (Plastic Deformation) والتشويه المرن (ElasticDeformation) .

إن إستخدام المعدن في أوساط مساعدة على التآكل يودي إلى انخفاض قيم العديد من الخواص الميكانيكية وخصوصاً مقاومة المعدن للكلال (Fatigue Strength) ونشوء التشققات (Cracks) التي تؤدي إلى حصول الكسر الهش السريع (Fast Fracture) .

- **المظهر :**

يتأثر مظهر المعدن بدرجة كبيرة عند إصابته بالتآكل حيث يظهر المعدن دائماً بمظهر سيىء . لذا يجب استخدام معادن مقاومة للتآكل الجوي مثل الألمنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ بلاً من الفولاذ الكربوني ، كمواد بناْ ظاهرية مثل مقاطع الشبابيك ومواد وخصوصاً في واجهات الأبنية الخارجية ويعزى المظهر الحسن لهذه المواد إلى مقاومتها للتآكل الجوي . أما المعدن ذات المقاومة الضعيفة للتآكل فإنها تطلى بأنواع الطلاء المختلفة لتحسين مظهرها من خلال الحد من تآكلها .

- **الأضرار الإقتصادية بسبب الإجراءات الوقائية :**

إن الأضرار الإقتصادية الناتجة عن التأكل عديدة ومهمة ، حيث يسبب هذا الفشل في كثير من الأحيان توقف المصانع عن العمل توقف غير مبرمج ، وما يوافق ذلك من كلف إقتصادية إضافية غير متوقعة . كذلك فإن حصول التآكل يؤدي إلى ارتفاع كلف الصيانة الدورية حيث يتطلب في كثير من الحالات تبديل الجزء المعدني التالف بجزء جديد آخر .وبهذا الخصوص يكون بالامكان أحياناً توفير بعض المبالغ عند اختيار مادة معدنية ذات مقاومة تآكل أعلى لتصنيع هذا الجزء التالف .

وتتوفر العديد من الأمثلة التي تشير إلى أن اختيار مادة عالية التكاليف نسبياً ، ولكنها ذات مقاومة جيدة للتأكل من الناحية الإقتصادية أفضل من استخدام مادة معينة أرخص ثمناً ولنها تتعرض للتلف السريع بسبب التأكل ، مما يتطلب عندئذ تغييره بصورة دورية وفي كلتا الحالتين يلاحظ بأن التآكل يسبب أضراراً إقتصادية بسبب زيادة التكاليف . كما أن الإجراءات الوقائية للحد من التآكل تدخل ضمن كلف التشغيل والصيانة .

إن التآكل يؤدي أحياناً إلى حدوث فشل غير متوقع في الأجزاء المعدنية في المصنع وهنا تكمن أساساً خطورة مشكلة التآكل ، حيث أن حودث الفشل بصورة مفاجئة قد يؤدي إلى حصول أضرار كبيرة أكبر من تلك التي يسببها التآكل المتوقع حصوله . وفي هذا المضمار يجب الوقوف بدقة على معدلات التآكل في الأجزاء المعدنية أثناء سير عملية التصنيع وذلك عن طريق القياسات المستمرة والدورية لمعدلات التآكل والفحص المستمر للقطع المعدنية لإتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وصول درجة التآكل إلى الحد الذي يسبب توقف المصنع عن العمل أو التأثير في سير العملية التصنيعية .

- **تلوث المنتجات :**

إن نواتج التأكل تؤدي إلى تغيير الطبيعة الكيميائية للوسط ، أي تلوثه وفي الغالب يكون ذلك غير مرغوب فيه حيث أن المتطلبات التجارية هي الحصول على منتج نقي ذي مواصفات محددة وخالي من التلوث .والأمثلة على ذلك عديدة منها تلوث المنتجات الغذائية المعلبة بسبب حصول درجة بسيطة في التآكل في العلبة التي تحفظ فيها تلك المادة الغذائية . وعلى ضوء ذلك فإن عمر القطعة المعدنية أو الجهاز ليس هو العامل الأساسي في تحديد فترة الفشل ، فمثلا من الممكن في بعض الأحوال أن نستخدم لغرض ما الفولاذ الإعتيادي ولفترة زمنية طويلة بدون وصول التأكل إلى درجة كبيرة ومع نجد أن استخدام مواد أعلى كلفة مثل الفولاذ المقاوم للصدأهو الأكثر شيوعاً ، ذلك لأن الفولاذ الإعتيادي يلوث المنتوج بعدإستخدامه لفترة وجيزة نسبياً بسبب تآكله خلال هذ الفترة حتى ولو بدرجة بسيطة وعندئذ لا يكون صالحاً للإستعمال .

- **فقدان السلامة :**

يؤدي التآكل أحياناً أو في كثير من الأحيان إلى حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الواقائية الكفيلة بإيقافه أو الحد منه فمثلاً التعامل مع المواد الخطرة مثل الغازات السامة وحامض الهيدروفلوريك والأحماض المركزة مثل حامض الكبريتيك والنيتريك والمواد القابلة للإشتعال والمواد المشعة والمواد الكيميائية في درجات حرارة عالية وعند ضغط عالي يتطلب إستعمال مواد معدنية معينة لا تتأكل بدرجة كبيرة في مثل هذه الظروف .

فمثلاً قد يؤدي حصول تأكل إجهادي (Stress Corrosion) في الجدار المعدني الذي يفصل الوقود عن المؤكسدات في الصاروخ إلى الخلط المبكر بين هذين الوسطين وبالتالي إلى خسارة إقتصادية وبشرية ، وفي كثير من الأحيان يؤدي حصول تآكل في جزء معدني صغير إلى انهيا أوسقوط منشأ كامل ، وقد تسبب نواتج التآكل أحياناً إلى تحول مواد غير مضرة إلى مواد متفجرة .

وفي هذا المجال هناك العديد من اعتبارات السلامة الصحية مثل تلوث ماء الشرب بسبب تآكل الأنابيب أو خزانات المياه وكذلك يلعب التآكل دوراً مهماً ورئيسياً في اختيار نوع المواد المعدنية التي تصنع منها الأجزاء المعدنية التي تستخدم داخل جسم الإنسان مثل مفاصل الورك (HipJoints) والصفائح الطبية وصمامات القلب وغير ذلك .

❖ **المراجع و المصادر :**

- أحمد محمود أحمد نافع, محمود, عبد الفتاح صالح مصطفي, & سامي. (2019). الهندسه الوصفيه في الفنون التطبيقية.
- صبا جبار نعمة الخفاجي, & ازهار طارق احمد. (2011). الحلول المنشئية وجماليات الجسور المعاصرة. Journal of Engineering, 17(6).
- Makin Ajan Alhadid, M. M. (2011). Strengthening of steel beams using mechanically anchored carbon fiber reinforcيحي, محمد اسحق ابكر, عبدالرحمن, ادم عبدالله, دوكة, اسلام محمد, ... & محمد احمد محمد نور. (2016). صيانة الطرق والجسور (Doctoral dissertation, جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا).ed polymers laminates.
- حمد, كنجو, عماد الدين, سعود, & لما. (2015). مقاربة لضبط كلفة الجسور البيتونية في مراحل التصميم. سلسلة العلوم الهندسية. 35(4), 2079-3081 :ISSN
- أ. م. د. لقاء, & كريم خضير. (2020). ارتباط الجسور بالطرق السريعة وأثرها في حركة المرور. Alustath Journal for Human and Social Sciences, 59(1), 162-200.
- AL-Wadi, M. H., Edlebi, R., & Haddad, H. (2020). تحليل الجسور الخرسانية المسبقة الإجهاد المنشأة بالطريقة الظفرية في مرحلة الاستثمار. Tishreen University Journal- Engineering Sciences Series,, 42(3).