

إعادة تأهيل الجسر الثالث في الموصل

د. مهند حسين الشرابي

كلية الهندسة / جامعة بغداد

DOI:10.52113/3/eng/mjet/2011-01-01/10-24

الخلاصة

تم إنشاء الجسر عام ١٩٧٩ من قبل شركة المعدات العامة الصينية. والجسر من النوع الخرساني ، مؤلف بصورة أساسية من قطع مسبقة الصب ، والمنشأ العلوي فيه يستند على سبعة أقواس خرسانية من خلال أعمدة. يبلغ عرض الجسر الكلي عشرون مترا. يبلغ طول الجسر ستمائة وستون مترا. والمنشأ العلوي فيه مقسم إلى فضاءات صغيرة بطول ١٠,٣ متر للفضاء الواحد مكونة من روافد مجوفة بعدد تسعة روافد تستند على جسور عرضية (قبعات الأعمدة)

نتيجة لمرور عدة سنوات على الجسر بدون إجراء أعمال الصيانة الدورية على مفاصل التمدد أو تبديلها ، مما تسبب بتلفها وإنسدادها. ونتيجة لذلك ولحصول تغير كبير بدرجات الحرارة ولعدة سنوات ، مما أدى إلى حصول زحف للأجزاء العليا من الجسر باتجاه المقتربات. هذا الزحف سبب تسليط إزاحة أفقية على أعلى الأعمدة. مما نتج عنها تولد عزوم إنحناء في مناطق أسفل الأعمدة وفي قواعد الأعمدة ، وحدث تشققات في الخرسانة في تلك المناطق نتيجة لذلك. حيث ظهر تشوه واضح في عدد منها ، خصوصا ً تلك الواقعة في الأطراف والتي تم قياسها بمجموع إنحراف وصل إلى ٥ درجات إضافة إلى ذلك هنالك الأضرار الناتجة من انفجار نتج عنه تهشم الجزء العلوي من إحدى روافد ، أصبحت معه فاشلة إنشائيا.

هذا البحث يتناول المسح الشامل للأضرار الحاصلة في الجسر ، وبيان الطرق الكفيلة بمعالجة هذه الأضرار وتقوية كل العناصر الإنشائية المتضررة في جميع أجزاء الجسر ، لضمان الأداء التشغيلي وضمان سلامة الجسر على المدى الطويل.

Abstract:

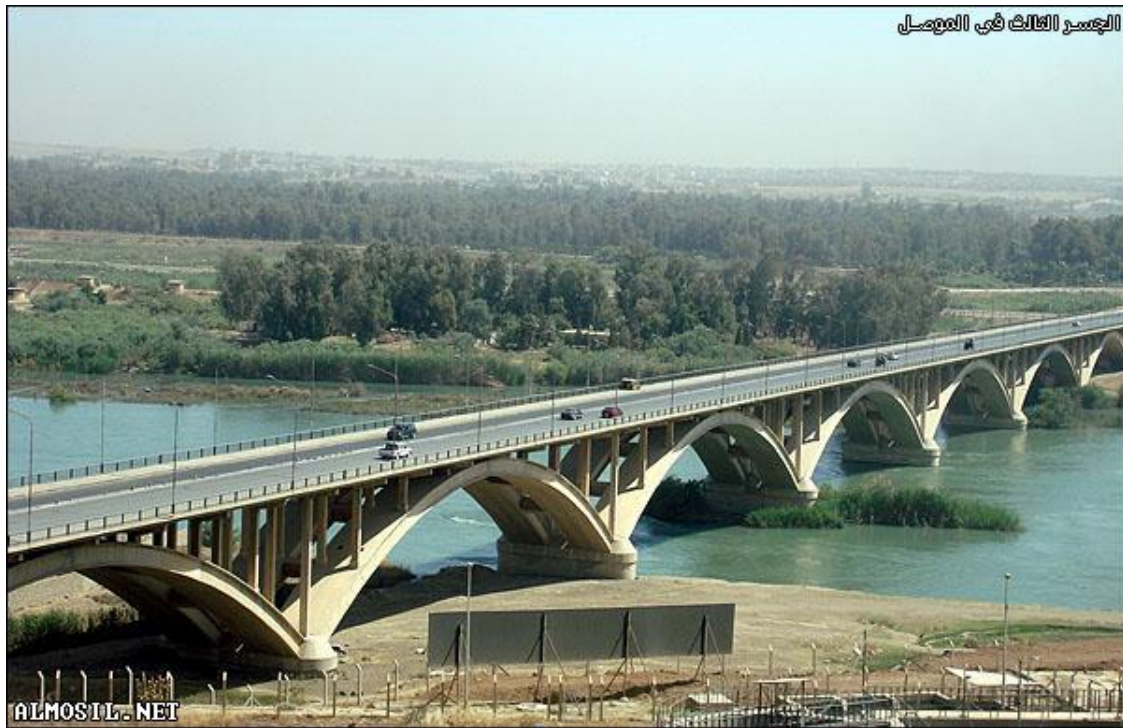
A concrete bridge has been constructed on 1979 at Mosul city. The total length of bridge is 660 m and its width is 20 m. The bridge consists of 10.3 m in length for each. Each span was constructed from box girders supported by 9 columns and ceiling by concrete caps. Due to the defects in maintenance along time, the expansion joints experienced severe damage causing horizontal displacement for the upper parts of columns toward the abutments. These displacements create bending moments at the middle parts of these columns. In addition to that, one of girders was deteriorated because of an explosion causing structural failure to this part.

In this work, it is presented a survey for all failures that the bridge experienced. Then after, it was suggested the means that can be applied for rehabilitation the bridge to be enough and stable for sustainable exploitation.

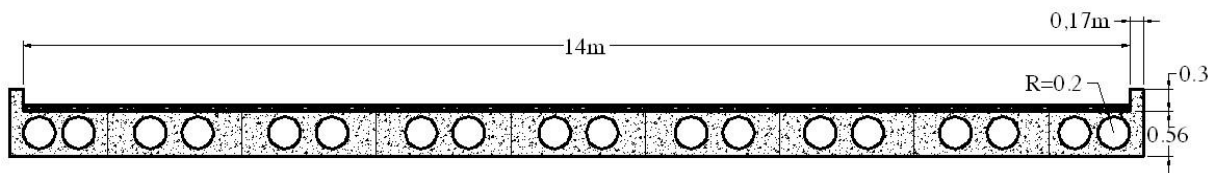
الوصف العام

يقع جسر الموصل الثالث (جسر أبي تمام) على نهر دجلة في محافظة نينوى ويخترق مدينة الموصل في منطقة الغابات رابطاً الجانب الشرقي من المدينة مع الجانب الغربي في تلك المنطقة. تم إنشاء الجسر عام ١٩٧٩ من قبل شركة المعدات العامة الصينية. والجسر من النوع الخرساني ، مؤلف بصورة أساسية من قطع مسبقة الصب ، والمنشأ العلوي فيه يستند على سبعة أقواس خرسانية. يبلغ عرض الجسر الكلي عشرون متراً ً (أربع عشرة متراً ً كمر للسيارات وثلاثة أمتار من كل جانب كممشي للسابلة).

ويبلغ طول الجسر ستمائة وستون متراً ً ، ويرتفع الجانب الأيمن عن الجانب الأيسر بمقدار ٩,٤٨ متر. والمنشأ العلوي فيه مقسم إلى فضاءات صغيرة بطول ١٠,٣ متر للفضاء الواحد مكونة من روافد مجوفة بعدد تسعة روافد تستند على جسور عرضية (قبعات الأعمدة). الصورة (١) تظهر منظر جانبي للجسر. والشكل (١) يظهر تفاصيل مقطع في المنشأ العلوي للجسر.



الصورة (١): منظر جانبي للجسر.



الشكل (١): مقطع في المنشأ العلوي للجسر.

حالة الجسر

نظراً لمرور القسم الأكبر من الشاحنات المحملة على هذا الجسر ، وبالنظر لاقامة سيطرات تفتيش قريبة منه بسبب الظروف الأمنية الخاصة التي تعيشها المدينة ، وما نتج عنه من توقف على الجسر لأرتال الشاحنات بسبب السيطرات ، ونظراً لقدم الجسر ، وإعتماد بعض المكونات التي يصعب إدامتها مثل المساند ذات الطبيعة الخاصة بين الروافد والجسور العرضية والتي فقدت خواصها التشغيلية ، ونظراً للتغيرات الكبيرة في درجات الحرارة ، وتلف وإنسداد مفاصل التمدد ، فقد حصل الكثير من التشوهات وحالات الأضرار في مختلف أجزاء الجسر.

وقد تم إجراء مسح متكامل للأضرار ولكافة الأجزاء الإنشائية المتضررة في بنية الجسر ، وتحديد مكان كل عنصر متضرر ودرجة تضرره وتأثير ذلك على سلامة هيكل الجسر ، مع دراستها وإجراء التقويم الإنشائي لها ، وتحديد مدى خطورتها ، وإيجاد الطرق الكفيلة بمعالجة هذه الأضرار ، وإعداد المخططات التفصيلية والحسابات الإنشائية الخاصة بالمعالجات. ولغرض إجراء المعالجات المطلوبة فقد وضعت خطوات رئيسية تحدد مسار معالجة كل ضرر.

الأضرار الحاصلة في الجسر

تضمن الكشف البصري إجراء عدة زيارات موقعية للجسر ، لغرض الإطلاع على طبيعة الأضرار الحاصلة في الهيكل الإنشائي ، وتحديد مسببات هذه الأضرار ، وتقييم نسبة الضرر في كل جزء إنشائي على حده ، وتوثيق ذلك بالصور. ويمكن تقسيم الأضرار التي تعرض لها الجسر حسب مسبباتها إلى:

1. الأضرار الناتجة من جراء تلف مفاصل التمدد بسبب نفاذ الخواص التشغيلية لمفاصل التمدد المستخدمة في سطح الجسر ، والتي هي من نوع T-80 ، وتلفها لمرور مدة طويلة على تنفيذها. كما لوحظ استخدام قياسات مختلفة في وقت سابق عند إجراء الصيانة للجسر مثل T-160 و T-100.
2. الأضرار الناتجة من جراء تغير درجات الحرارة خلال السنة وإمتلاء مفاصل التمدد بالأتربة وإنسدادها وعدم إجراء الصيانة الدورية لها. حيث يسبب إرتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف إلى زيادة طول الجسر ، مما أدى إلى حصول زحف للأجزاء العليا من الجسر باتجاه المقتربات. وتكرر هذه الأحداث كل سنة ، حصل تراكم بالزحف حتى وصل إلى حالة خطرة.
3. الأضرار الناتجة من الزحف الحاصل في سطح الجسر. حيث سبب الزحف تسليط إزاحة أفقية على أعلى الأعمدة. مما نتج عنها تولد عزوم إنحناء في مناطق أسفل الأعمدة وفي قواعد الأعمدة ، وحدوث تشققات في الخرسانة في تلك المناطق نتيجة لذلك. إن نفاذ الخواص التشغيلية للمفاصل ومساند الارتكاز تعتبر من الأسباب الرئيسية التي نتج عنها تحديد لحركة الجسر من جراء إختلاف درجات الحرارة. إذ إنه بسبب هذا التحديد ، ونظراً للتمدد الحاصل بالاتجاه الطولي لمحور الجسر الطولي ، نجم عنه قوة دفع وصل تأثيرها إلى أعمدة الجسر ، حيث ظهر تشوه واضح في عدد منها ، خصوصاً تلك الواقعة في الأطراف والتي تم قياسها بمجموع إنحراف وصل إلى ٥ درجات. الصورة (٢) تظهر بعض الأعمدة المتضررة.



الصورة (٢): تضرر الأعمدة نتيجة للزحف الحاصل بالجسر.

٤. الأضرار الناتجة من تراكم الزحف عند نهايتي الجسر. حيث تسبب بتسليط قوة دفع هائلة على صبة المقتربات ، مما أدى إلى تزيحها عن مكانها بعيداً عن الجسر ، وحصول أضرار إنشائية فيها نتيجة لذلك.
٥. الأضرار الناتجة من عدم ربط المماشي بممر السيارات في سطح الجسر. حيث سبب ذلك وجود فراغ ملحوظ بينهما في مناطق كثيرة على طول الجسر. كذلك سبب حصول زحف في ممر السيارات وقبعات الأعمدة من دون المماشي في الجانب الأيمن من الجسر ، ونتيجة لذلك أصبحت المماشي تستند على مناطق ضيقة.
٦. الأضرار الناتجة من إنتهاء العمر الخدمي للمساند. حيث يلاحظ نفاذ الخواص التشغيلية للمساند المطاطية المستخدمة في الفضاءات الواقعة في أعلى الأعمدة الطويلة بين الأقواس ، وكذلك المساند المنزلة الواقعة بين الروافد والقبعات الأعمدة (الجسور العرضية) لباقي فضاءات الجسر.
٧. الأضرار الناتجة من سوء الإستخدام وعدم مراعاة المحددات التشغيلية للجسر. حيث سببت السيترات التي أقيمت بالقرب من الجسر إلى توقف الشاحنات لمدة طويلة في منطقة المقتربات من الجانبين. مما أدى إلى تضرر تلك المنطقة بشكل كبير.
٨. الأضرار الناتجة من جراء عمليات مقصودة للإضرار بالجسر. حصلت أضرار في الرافدة الأولى من الفضاء الأول من الجهة اليمنى من الجسر ، من جراء حصول إنفجار نتج عنه تهشم الجزء العلوي من الرافدة المجوفة ، أصبحت معه فاشلة إنشائياً. كذلك تضرر المشى المجاور للرافدة المتضررة نتيجة للتفجير. كذلك هناك آثار لتفجير ثاني فوق الجسر ، تسبب بتضرر رافدتين. الصورة (٣) تظهر الرافدة.



الصورة (٣): تضرر الرافدة الأولى من الفضاء الأول من الجهة اليمنى من الجسر من جراء حصول إنفجار.

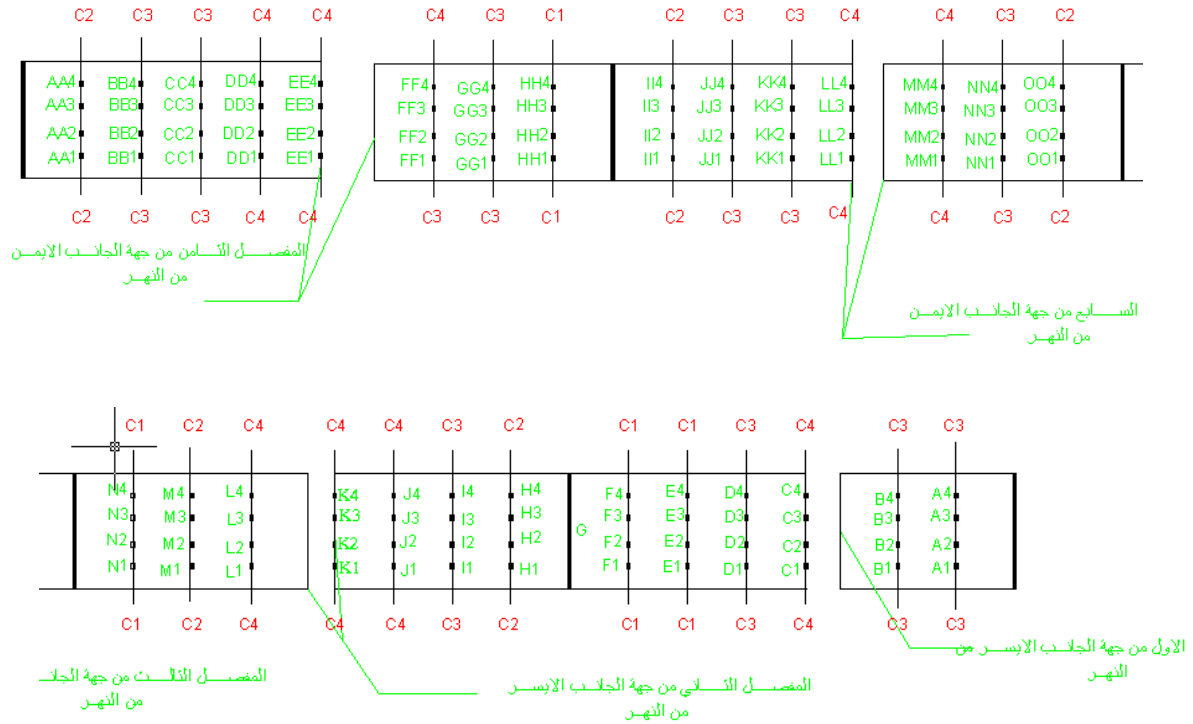
٩. تضرر المفاصل الإنشائية في المماشي.
١٠. حدوث تشققات مائلة في قبعات الأعمدة (الجسور العرضية) وتشققات عمودية في قبعة الأعمدة عند طرف الجسر الأيسر.

التقييم الإنشائي للأعمدة

لغرض تحديد إمكانية معالجة الأضرار التي تعرض لها كل عمود وطريقة تلك المعالجة قسمت الأعمدة وفق حالتها ومقدار ونوعية تضررها إلى أربعة تقسيمات وهي:

- * ضرر شديد القوة: وجود شقوق كبيرة طولية أو عرضية أو مائلة في العمود وقاعدته.
- * ضرر متوسط القوة: وجود شقوق طولية أو عرضية أو مائلة في العمود وقاعدته.
- * ضرر مقبول: وجود شقوق صغيرة طولية أو عرضية أو مائلة في العمود أو قاعدته.
- * ضرر غير منظور: عدم وجود أي شقوق مرئية في العمود أو قاعدته.

الشكل (٢) يظهر التقييم الإنشائي للأعمدة.



تفاصيل التشيقات في الأعمدة

عدد الفؤ	C1-C1
متوسط الفؤ	C2-C2
مسط	C3-C3
عمر منظور	C4-C4

الشكل (٢): التقييم الإنشائي للأعمدة.

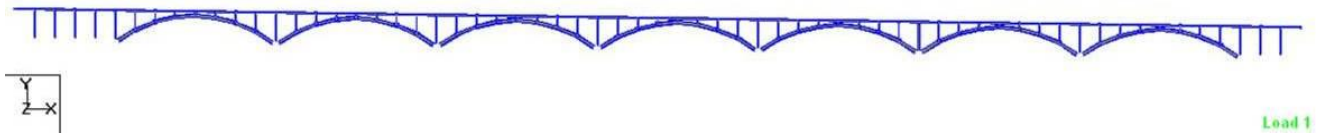
التحليل الإنشائي

لغرض معرفة تصرف الجسر الثالث في الموصل تحت تأثير الأحمال المسلطة عليه (الأحمال الميتة والأحمال الحية متمثلة بأوزان السيارات والمشاة وتغير درجات الحرارة) ، ومقدار الأحمال والإجهادات المسلطة من قوى محورية وقص وعزوم على الأعضاء الإنشائية لغرض أخذها بنظر الاعتبار وخاصة للعناصر المتضررة ، تم إجراء تحليل إنشائي للهيكل الرئيسي الإنشائي للجسر بإستعمال البرنامج المعروف STAAD Pro 2006.

يعتمد برنامج STAAD Pro 2006 على طريقة الجساءة في تحليل أي منشأ ، حيث يقوم في البداية بحساب مصفوفة الجساءة لكل عنصر من عناصر المنشأ ، وبعد أن يقوم بتجميع كل المصفوفات مع بعض يحولها إلى مجموعة من المعادلات الخطية الآتية. إن حل هذه المعادلات يعطي الإزاحات الإتجاهية والدورانية في جميع مفاصل المنشأ. ومن هذه الإزاحات يمكن الحصول على ردود الأفعال في المساند والقوى والعزوم الداخلية في جميع العناصر ، وبالتالي يمكن حساب الإجهادات المؤثرة على مقطع كل عنصر. كذلك يمكن الإستفادة من القوى والعزوم الداخلية هذه في التصميم الإنشائي للعنصر وحسب مواصفات عالمية معتمدة.

الموديل الإنشائي

لغرض تحليل هيكل الجسر بإستعمال برنامج STAAD Pro 2006 ، يتوجب نمذجته بموجب العناصر المتوفرة في البرنامج. لذلك تم تقسيم الهيكل الإنشائي إلى مجموعة من العناصر أحادية الإتجاه (Beam Element) مربوطة مع بعضها بمفاصل ، كل عنصر منها يمثل أما عمود أو رافدة أو أي عضو إنشائي في الجسر ، أما المفاصل فتتمثل نقاط إلتقاء الأعضاء الإنشائية ببعضها. إن تمثيل الجسر تطلب ٤٨٩٤ عنصراً أحادي اتجاه مربوطة من خلال ٣٠٤٤ مفصل. أسند الموديل على الأسس بإستعمال مساند مثبتة. وقد تم إدخال الميل الحاصل بالجسر في التمثيل (٩,٤٨ متر للطول الكلي ٦٦٠ متر). والشكل (٣) يظهر طريقة تمثيل الجسر.



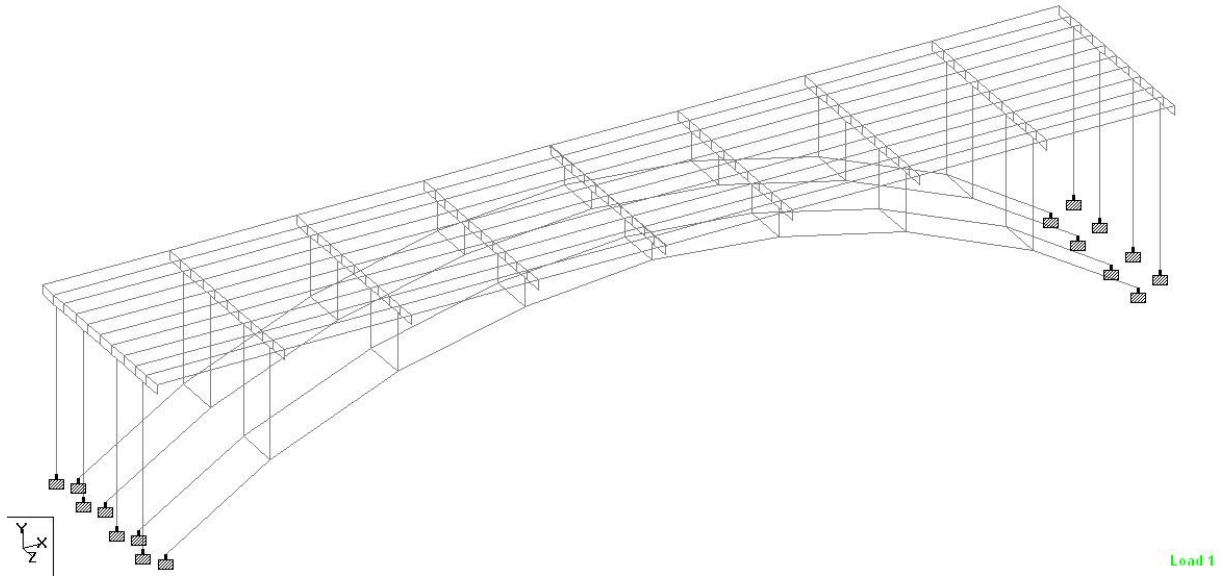
الشكل (٣): تمثيل الجسر.

لغرض تمثيل مناطق إستناد الروافد على قيعات الأعمدة ومناطق إستناد الأعمدة على الأقواس ، تم إستخدم أعضاء إنشائية بنهاية محررة جزئياً. ولغرض تمثيل الفراغات الموجودة عند مفاصل التمدد في سطح الجسر ، ولأخذ احتمالية أن تكون هذه الفراغات مملوءة بالأتربة ، فقد تم إستخدم أعضاء إنشائية لهذا الغرض. وقد إلغيت هذه الأعضاء في حالة إعتبار أن الفراغات خالية من الأتربة. الشكل (٤) يظهر طريقة تمثيل قوس واحد من الجسر.

خواص المواد

أعتمدت الخواص التالية للمواد في التحليل:

1. $\gamma_{\text{concrete}} = 23.5616 \text{ kN/m}^3$
2. $\gamma_{\text{asphalt}} = 22 \text{ kN/m}^3$
3. $E_c = 21718.5 \text{ MPa}$
4. $\alpha_c = 1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
5. $\Delta T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$



الشكل (٤): طريقة تمثيل قوس واحد من الجسر.

الأحمال المسلطة

تؤثر على الجسر أحمال مختلفة في نوعها وإتجاهها ومسبباتها. وهذه الأحمال هي:

١. الأحمال الميتة: وتشمل وزن الجسر إضافة إلى وزن طبقة الأسفلت فوق سطحه.
٢. الأحمال الحية: تم اعتماد المواصفات القياسية العراقية لأحمال الجسور الصادرة عن وزارة الإسكان والتعمير / الهيئة العامة للطرق والجسور سنة ١٩٧٨. وبخصوص الأحمال الأفقية لحركة السيارات ، تم إعتبارها تعادل ٣٠% من الأحمال العمودية.
٣. تغير درجات الحرارة: تم إدخال تأثير تغير درجة الحرارة لغرض التعرف على ما ينتج عنه من قوى وإزاحات لما لذلك من أهمية في الجسر.

حالات التحميل المعتمدة

تم اعتماد حالات التحميل (المنفردة والمترابكة) التالية في عملية التحليل:

1. D
2. L
3. L2
4. L3
5. T
6. D + L + L2
7. D + L + L3
8. D + L + L2 + T
9. D + L + L3 + T

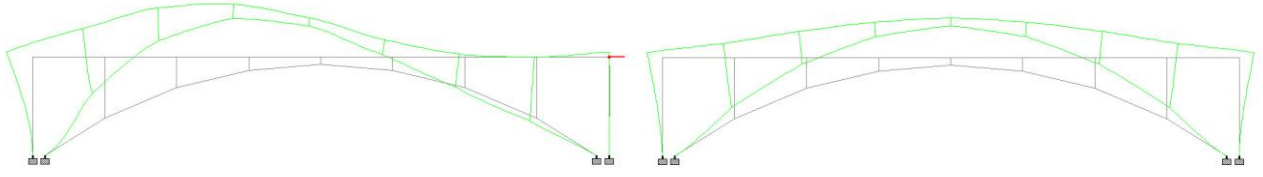
حيث إن

- D:** Dead load
L: Live load
L2: Horizontal traffic load in both directions
L3: Horizontal traffic load in one direction (from left to right)
T: Temperature load

نتائج التحليل

بعد إجراء عملية التحليل باستخدام برنامج STAAD Pro 2006 ، تمت قراءة نتائج التحليل وعمل دراسة مقارنة لمقادير الإزاحات الناتجة لغرض معرفة كيفية التصرف الحقيقي للجسر. وقد تم التوصل إلى:-

١. تسليط الأحمال الأفقية لحركة السيارات بحالتها (باتجاهين ذهاباً وإياباً) أو باتجاه واحد من الجانب الأيسر للجانب الأيمن من الجسر) أنتج إزاحات أفقية قليلة لا تتجاوز ٢٠ ملم على طول الجسر.
 ٢. تسليط إرتفاع درجة الحرارة بمقدار ٥٠ درجة مئوية في حالة الجسر بفراغات تمتد مملوءة أنتج إزاحة الجانب الأيمن من المنشأ العلوي للجسر باتجاه بعيداً عن منتصف الجسر بمقدار يتجاوز ١٠٠ ملم عن الطرف ، وإزاحة الجانب الأيسر من المنشأ العلوي للجسر باتجاه بعيداً عن منتصف الجسر بمقدار يتجاوز ١١٠ ملم عن الطرف.
 ٣. تسليط إرتفاع درجة الحرارة بمقدار ٥٠ درجة مئوية في حالة الجسر بفراغات تمتد خالية أنتج إزاحة الطرف الأيمن من المنشأ العلوي للجسر باتجاه بعيداً عن منتصف الجسر بمقدار لا يتجاوز ٢٠ ملم ، وإزاحة الطرف الأيسر من المنشأ العلوي للجسر باتجاه بعيداً عن منتصف الجسر بمقدار لا يتجاوز ٢٠ ملم.
 ٤. إن ميلان سطح الجسر (من الجانب الأيسر إلى الأيمن) لم يؤثر بشكل ملحوظ على الإزاحات ، وذلك بسبب كون الميلان قليل.
 ٥. إن التشوه النهائي في الموديل الرياضي الحاصل بالجسر وخاصة ميلان الأعمدة يشابه التشوهات الفعلية وميلان الأعمدة واقع حال. حيث تميل الأعمدة بالجزء الأيسر من الجسر نحو اليسار مبتعدة عن منتصف الجسر ، وهذا الميلان يزداد كلما إبتعد العمود عن منتصف الجسر. بينما تميل الأعمدة بالجزء الأيمن من الجسر نحو اليمين مبتعدة عن منتصف الجسر ، وهذا الميلان يزداد كلما إبتعد العمود عن منتصف الجسر.
- ولغرض دراسة تأثير وجود الفراغات في مفاصل التمدد بشكل أكثر تفصيل ، تم أخذ قوس واحد من الجسر ودرس تأثير إرتفاع درجة الحرارة عليه في حالتين:
١. عندما يكون القوس حر الحركة من الجانبين.
 ٢. عندما يكون القوس مقيد من الحركة من أحد الجانبين.
- الشكل (٥ - أ) يظهر الإزاحات الناتجة في قوس واحد حر الحركة نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة فقط ، حيث يلاحظ أن طرفي القوس قد إبتعدتا عن منتصفه وبمقدار لا يتجاوز ٢٠ ملم. بينما الشكل (٥ - ب) يظهر الإزاحات الناتجة في قوس واحد مقيد الحركة من الجانب نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة فقط ، حيث يلاحظ أن الطرف الحر للقوس قد إبتعد عن منتصفه وبمقدار يتجاوز ٣٠ ملم.



ب -

أ -

الشكل (٣): الإزاحات الناتجة في قوس واحد نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة فقط
أ - قوس حر الحركة. ب - قوس مقيد الحركة من الجانب.

المعالجات

الدفع

إن تسليط قوة دفع أفقية على المنشأ العلوي للجسر سيعمل على دفعه باتجاه منتصف الجسر. هذا الدفع سيرافقه تحريك قبعات الأعمدة لكونها مرتبطة بالمنشأ العلوي من خلال قضبان حديد تسليح عدد ثمانية وبقطر ٢٠ ملم لكل قبة. ومن خلال تحريك قبعات الأعمدة باتجاه منتصف الجسر سيتم تسليط إزاحة أفقية على أعلى الأعمدة وبالتالي تعديل الأعمدة وضبط شاقوليته بنسبة جيدة. وحيث أن المنشأ العلوي للجسر قد زحف باتجاه الجانبين (الأيمن والأيسر) ، لذلك تم الدفع من الجانبين وباتجاه منتصف الجسر. وقد إختير عرض نتائج دفع الجانب الأيسر من الجسر. إن عملية الدفع تمت وفق الآتي:

- ١ - تكسير وقلع التلبيط على جانب الجسر (المقتربات) مسافة ٦ متر.
- ٢ - تنفيذ صبة المقرب بأبعاد (١٤ × ٤,٥ × ٠,٣) متر بإستخدام خرسانة مسلحة صنف (D20) ، وبإستعمال سمّنت مقاوم للأملاح ، وحسب المخططات المعدة لهذا الغرض. وترك الجزء القريب من الجسر ولمسافة ٠,٥ متر ليتم صبه لاحقاً بعد إنتهاء عملية الدفع.
- ٣ - تنظيف وتهئية المنطقة المحصورة بين صبة المقرب والمنشأ العلوي للجسر.
- ٤ - رفع جميع مفاصل التمدد القديمة. وتنظيف الفراغات بين أجزاء الجسر.
- ٥ - تثبيت عرض الفراغات واقع حال ، لغرض متابعتها أثناء عملية الدفع.
- ٦ - تثبيت قطعة حديدية على جانب كل رصيف مجاور لمنطقة الدفع لغرض الإستفادة منها في قياس مقدار الدفع الحاصل.
- ٧ - وضع ثمان مجموعات من القطع الحديدية في فراغ مفاصل التمدد القريبة من الجانب الأيسر ، لضمان الحصول على المسافة المطلوبة بعد إنتهاء عملية الدفع ، والتي هي ٦٠ ملم ، لغرض تنفيذ مفاصل التمدد من نوع T-80 لاحقاً. وترفع هذه القطع الحديدية بعد إنتفاء الحاجة إليها.
- ٨ - تثبيت شيلمان حديدي مقوى بصفائح حديدية على جانب المنشأ العلوي للجسر وتثبيت شيلمان حديدي مقوى بصفائح حديدية على جانب صبة المقرب.
- ٩ - تثبيت قواعد الجكات في أماكنها بإستعمال مونة سمّنت ورمل.

١٠ -تهيئة مقاطع حديدية (شيلمان) وصفائح حديدية مختلفة السمك ، لغرض إستعمالها في إسناد الفراغ الحاصل خلال مراحل الدفع.

١١ نصب ستة عشر جك هيدروليكي نوع HFG504 في أماكنها ، سعة كل جك ٥٠ طن. وربط كل أربعة منها بمضخة هيدروليكية واحدة نوع HEP207312 ، وكما موضح بالصورتين (٤ و ٥). وقد روعي توزيع كل مضخة على عرض الجسر ، حيث ربطت المضخة الأولى بالجكات ١ و ٥ و ٩ و ١٣ ، وربطت المضخة الثانية بالجكات ٢ و ٦ و ١٠ و ١٤ ، وهكذا.



الصورة (٥): وربط الجكات بأربع مضخات هيدروليكية نوع HEP207312.



الصورة (٤): نصب ستة عشر جك هيدروليكي نوع HFG504 في أماكنها.

١٢ تمت عملية الدفع بصورة تدريجية وعلى مراحل. كل مرحلة تم فيها تسليط قوة دفع معينة لتحقيق إزاحة تقدر بـ ١٠ ملم. وبعد إنتهاء كل مرحلة تم مراقبة جميع العناصر الإنشائية في الجسر والتحقق من التغيرات الحاصلة في كافة أجزاء الجسر القريبة وتوثيقها. والجدول رقم (١) يبين مقدار التغير الحاصل بعرض مفاصل التمدد القريبة من الجانب الأيسر للجسر خلال مراحل الدفع.

١٣ -تم قياس مقدار الحركة في سطح الجسر عند القطعة الحديدية على جانب كل رصيف مجاور لمنطقة الدفع ، وكانت ٣٦ ملم.

١٤ تمت متابعة ميلان الصف الأول من الأعمدة (فيه أكبر ميلان) ، وذلك بإستعمال جهاز ثيودلايت ، وقد تبين أن الميلان قد قل بمقدار يقدر بـ ٣٠ ملم.

١٥ بعد نجاح تجربة الدفع تم وضع شيلمان إسناد الفراغ الحاصل خلال الدفع ، وتم رفع منظومات الدفع الهيدروليكية بعد ذلك.

١٦ -بعد إكمال عملية الدفع لهذا الجانب من الجسر تم رفع الصفائح الحديدية الموضوعة في فراغات مفاصل التمدد من أماكنها وذلك بإستعمال منظومات دفع هيدروليكية صغيرة ، وتهيئة المكان لتنفيذ مفاصل التمدد.

١٧ -إكمال صبة المقتربات بإستخدام خرسانة مسلحة صنف (D20) ، وبإستعمال سمنت مقاوم للأملاح ، وحسب المخطط الإنشائي.

الجدول رقم (١) مقدار التغير الحاصل بعرض مفاصل التمدد القريبة من الجانب الأيسر للجسر خلال مراحل الدفع

المفصل												المرحلة
المفصل الأول			المفصل الثاني			المفصل الثالث			المفصل الرابع			
(مم)			(مم)			(مم)			(مم)			
٧٥	٦٠	٦٥	٨٥	٨٠	٦٩	٧٤	٧٨	٨٠	٧٦	٧١	٦٥	قبل الدفع (٠ طن)
٦٥	٦٠	٦٥	٧٦	٧١	٦٠	٧٤	٧٥	٧٧	٧٦	٧١	٦٥	الدفع ١٤٠ بار (١٦٠ طن)
٦٠	٦٠	٦٠	٧٦	٦٠	٦٠	٦٨	٧٣	٧٧	٧٦	٧١	٦٥	الدفع ٢٦٥ بار (٣١٠ طن)
٦٠	٦٠	٦٠	٧٣	٥٥	٥٦	٦٠	٦٣	٧٢	٧٣	٧٠	٦٢	الدفع ٣٢٠ بار (٣٧٠ طن)

ولغرض مقارنة ما تم في عملية الدفع مع نتائج الموديل الرياضي ، تم تسليط قوى أفقية على سطح الجسر في الموديل الرياضي مقدارها ٣٧٠ طن ، وكان مقدار الحركة الحاصلة هو ٤٠ ملم ، أي بمقدار زيادة قدرها ٤ ملم عما حصل فعلاً.

يتراوح معامل الاحتكاك للمساند الشريطية نوع PTFE حسب ما هو معروف بين ٠,٠٥ و ٠,١٢ ، ومعامل الاحتكاك للمساند الشريطية التي تم إستعمالها هو ٠,١٢ كما مذكور بمواصفات الشركة المصنعة.

وزن فضاء واحد من المنشأ العلوي من الجسر (الروافد وسطح الجسر وأسفلت):

$$\{ \{ 0,4 \} \times 3,14 \times 0,25 \times 18 - 0,3 \times 0,34 + 0,56 \times 14,34 \} \times 2,5 \times 14 + 2,2 \times 0,08 \times 14 + 2,2 \times 0,08 \times 14 = 10,4 \times \{ 2,2 \times 0,08 \times 14 + 2,2 \times 0,08 \times 14 \} = 178,3 \text{ طن}$$

وزن الفضاءات التي تم تزحيفها من جانب واحد من الجسر (٢٩ فضاء):

$$29 \times 178,3 = 5170,7 \text{ طن}$$

مقدار القوة الأفقية اللازمة للتزحيف:

$$0,12 \times 5170,7 = 620 \text{ طن}$$

مقدار قوة الدفع القصوى المتوفرة للحكات الهيدروليكية الستة عشر ستكون ٨٠٠ طن عند الضغط التشغيلي

الأقصى لمنظومات الدفع الهيدروليكي (٧٠٠ بار)

أي بزيادة مقدارها ١٨٠ طن.

لقد تم التزحيف بقوة أقل مما تم حسابه أعلاه ، وذلك بسبب وجود قضبان حديد التسليح التي تربط المنشأ العلوي

بقبعات الأعمدة. مما يعني أن الذي يقاوم الزحف هو الاحتكاك الحاصل بين المنشأ العلوي والجسور العرضية أعلى

منتصفات الأقواس وكذلك مقاومة الأعمدة للإزاحة الأفقية عند قبعات الأعمدة.

لغرض حساب مقدار قوة الدفع المسلطة من قبل جك هيدروليكي واحد ، وحسب المواصفات الخاصة بالشركة المصنعة للجكات ، يمكن تطبيق المعادلة التالية:

$$\text{قوة الدفع المسلطة بالطن} = (\text{المساحة الفعالة بالسنتيمترات المربعة} \times \text{الضغط بالبار}) / 981$$

تبدال المساند

تم تبديل المساند وفق الخطوات التالية:

- ١ - رفع المنشأ العلوي للجسر باستخدام منظومات رفع هيدروليكية وتدعيم متكاملة.
 - ٢ - إستبدال جميع المساند الشريطية أسفل الروافد بمساند نوع (P.T.F.E.) بعرض ٢٠٠ ملم ، وبواقع طبقتين تلتصق الطبقة الأولى على الرافدة وتلتصق الثانية على قبعة الأعمدة.
 - ٣ - إستبدال المساند المطاطية بمساند من نفس الأبعاد والقياسات المنفذة.
 - ٤ - إنزال المنشأ العلوي ليستند على المساند الجديدة.
- الصورة (٦) تظهر عملية رفع المنشأ العلوي للجسر.



الصورة (٦): عملية رفع المنشأ العلوي للجسر.

معالجة التشققات أسفل الأعمدة وقواعدها

تمت معالجة الأضرار الحاصلة للأعمدة وقواعدها حسب نوعها ، وكالاتي:

تشققات كبيرة وتكسر الخرسانة: تمت المعالجة وفق الخطوات التالية:

- ١ - تم أولاً إزالة الغطاء الخرساني المتضرر للعمود أو قاعدة العمود ، وتخشين الأوجه ثم تنظيفها بالهواء الجاف المضغوط.
- ٢ - طلاء الأوجه بفرشاة بالمادة الرابطة CONCRETSIVE 1420 ، وهي النوع الخاص لربط الخرسانة الطرية بالخرسانة المتصلدة ، وحسب النشرة الفنية للشركة المصنعة (BASF Yapı Kimyasalları San. A.Ş.).
- ٣ - ترك المادة الرابطة فترة ٣٠ دقيقة ، وذلك حسب ما مذكور في النشرة الفنية للشركة المصنعة.
- ٤ - ليخ العمود بمونة السمنت سمك ٢٠ ملم ومسوحة بطبقتين من المشبك المعدني قياس (10x10x1) ملم.
- ٥ - صقل المنطقة المعالجة بعد يومين باستخدام قرص كربيد السليكون.

تشققات صغيرة:

تمت المعالجة وفق الخطوات التالية:

- ١ - سد شفتي الشق من الخارج بعجينة بلاستيكية مثل الطين الاصطناعي لمنع خروج مادة التحشية.
- ٢ - تثبيت صمامات تغرز على جانبي الشق بإستعمال مادة الايبوكسي.
- ٣ - حقن الايبوكسي بواسطة الصمامات بمضخة يدوية ، وتحت ضغط يتراوح ما بين (0.5-3 Bars) إلى حين إمتلاء الشق. تم استخدام المادة الرابطة CONCRETSIVE 1302 ذو اللزوجة الوائنة والمطابق لمواصفات (ASTM C-881) صنف (Type I).
- ٤ - تنظيف السطح.

إستبدال الرافدة المتضررة

تم إستبدال الرافدة الخرسانية المتضررة برافدة خرسانية جديدة تم تصميمها لهذا الغرض. وذلك حسب الخطوات التالية:

- ١ - تكسير الرافدة المتضررة ورفع الأنقاض. مع الانتباه إلى ترك قضبان حديد التسليح البارزة من العناصر الإنشائية المجاورة.
- ٢ - تنظيف قضبان حديد التسليح بإستعمال فرشاة معدنية.
- ٣ - تنظيف المنطقة بشكل جيد بإستعمال الهواء الجاف المضغوط ، ورفع جميع المواد الشائبة والعالقة.
- ٤ - طلاء الأوجه بفرشاة بالمادة الرابطة CONCRETSIVE 1420 ، وهي النوع الخاص لربط الخرسانة الطرية بالخرسانة المتصلدة ، وحسب النشرة الفنية للشركة المصنعة (BASF Yapı Kimyasalları San. A.Ş.).
- ٥ - ترك المادة الرابطة فترة ٣٠ دقيقة ، وذلك حسب ما مذكور في النشرة الفنية للشركة المصنعة.
- ٦ - تركيب حديد التسليح فوق الجسر ، ثم إنزاله في مكانه داخل الرافدة بإستعمال رافعة. وتم ربط حديد التسليح الجديد بالحديد البارز من العناصر الإنشائية المجاورة.
- ٧ - صب الرافدة الجديدة بخرسانة صنف (D20). مع مراعات تعديل السطح العلوي لها والإنضاج.
- ٨ - التبليط فوق الرافدة الجديدة بمواصفات طبقة سطحية.

معالجة الأجزاء الخرسانية المتضررة

تمت معالجة الأضرار الحاصلة بالأجزاء بالشكل التالي:-

- ١ - تكسير الخرسانة المتضررة ، ولحين الوصول إلى خرسانة قوية ومتينة ، ولعمق لا يقل عن ٢٠ ملم تحت حديد التسليح.
- ٢ - تنظيف حديد التسليح وبشكل جيد بإستعمال فرشاة معدنية ، وقص المتضرر منه ، وتعويضه بحديد تسليح جديد بنفس القطر ، يلحم على الجزء السليم ، وبمسافة لا تقل عن (٨ × القطر).
- ٣ - تنظيف المناطق الخرسانية المزلة بشكل جيد بإستعمال الهواء الجاف المضغوط ، ورفع جميع المواد الشائبة والعائقة.
- ٤ - نصب قالب وحسب الحالة.
- ٥ - طلاء الأوجه بفرشاة بالمادة الرابطة CONCRESE 1420.
- ٦ - ترك المادة الرابطة فترة ٣٠ دقيقة.
- ٧ - صب المنطقة بخرسانة EMACO S88 C.
- ٨ - تعديل السطح والإنضاج.

المصادر

- التقرير الفني "المسح المتكامل للأضرار مع التقويم الانشائي للجسر الثالث في الموصل" المعد من قبل شركة غدق الطبيعة للمقاولات العامة المحدودة ، ٢٠١٠.
- التقارير الفنية الخاصة بالمعالجات المقدمة من قبل شركة غدق الطبيعة للمقاولات العامة المحدودة إلى الهيئة العامة للطرق والجسور ، ٢٠١١
- المواصفات القياسية العراقية لأحمال الجسور " IRAQ STANDARD SPECIFICATIONS FOR ROAD BRIDGES" الصادرة عن وزارة الإسكان والتعمير / الهيئة العامة للطرق والجسور ، ١٩٧٨.
- النشرة الفنية لشركة باسف (BASF Yapı Kimyasalları San. A.Ş.).
- مواصفات شركة Hi-Force للجكات والمضخات الهيدروليكية ومستلزماتها ، ٢٠١٠.