مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

نماذج واقعية لأشكال التشوهات والانهيارات في الجسور البيتونية الطرقية الناجمة عن أحمال الانفجارات .

الدكتور زكائي طريفي*

(تاريخ الإيداع 9 / 2 / 2016. قُبِل للنشر في 31/ 5 / 2016)

□ ملخّص □

تؤدي حمولة الانفجار إلى إفراغ كمية كبيرة من الطاقة بسرعة عالية وذلك خلال أجزاء من الثانية مسببة ارتفاع كبير للضغط، إضافة لتولد حرارة مرتفعة، بسبب سرعة التأثير الفائقة غالبا تنتهي التأثيرات المحلية للانفجار قبل أن يبدأ الجسر بالاستجابة مما يسبب أضرار كبيرة في منشأة الجسر. لاتأخذ بعين الاعتبار معظم كودات تصميم الجسور خلال عملية التصميم أحمال الانفجارات بعين الاعتبار، وكذلك لاتوجد كودات بشأن معاينة الجسور بتأثير أحمال الانفجارات، يهدف البحث لدراسة و تسهيل فهم الأضرار الناجمة عن أحمال الانفجارات على العناصر الإنشائية المشكلة للجسور الطرقية وذلك من خلال وقائع الانفجارات و الصور الفوتوغرافية لحالات الأضرار الحاصلة عمليا وواقعيا، وأيضا من خلال بعض النماذج الحاسوبية .تم في البحث استعراض أثر حمولة الانفجار على بلاطات الجسور وتم التمييز بين حالة تأثير حمولة الانفجار أعلى وأسفل بلاطة الجسر ، حيث أن حالة التفجير أعلى بلاطة الجسر تؤدي لزيادة العزوم وقوى القص في البلاطة على عكس حالة التفجير أسفل بلاطة الجسر والتي تؤدي لتأثير حمولة معاكسة للأحمال التصميمية. يتطرق البحث لأثر حمولة الانفجار على جوائز الجسور ووضحت قوى المقطع الإضافية الناجمة عن ذلك.وضحت أيضا أثر حمولة الانفجار على ركائز الجسور الطرفية والوسطية وأشكال الأضرار الناجمة عن ذلك .

الكلمات المفتاحية: الجسور الطرقية، الجسور البيتونية المسلحة، أحمال الانفجارات، بلاطات الجسور، جوائز الجسور، الركائز الوسطية، الركائز الطرفية .

*أستاذ – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

Realistic models of the forms of deformation and collapse in concrete road bridges caused by blast load.

Dr. Zakai Tarifi*

(Received 9 / 2 / 2016. Accepted 31 / 5 / 2016)

□ ABSTRACT □

Blast load caused emptying a large amount of energy very quickly parts of the second causing a significant increase of pressure, in addition to generating high temperatures because of the high speed often ends local effects of the explosion before the bridge begins to respond, which causing major damage in the bridge. Most of bridge design codes didn't take in account during design the blast load, as well there are no codes inspection on bridges the blast load. The research aims to study and to facilitate the understanding of damages caused by explosion load on elements of road bridges through the facts of explosion and photographs the cases of damages occurring practical and realistic, and also through some computer models.It has been in the research review the impact of the blast load on the slab bridges. The distinction between the case of the impact of the blast load at top and bottom of slab bridge. So the case of the bombing at the top slab bridge leading to increase the binding moments and shear forces, in against the case of blasting at the bottom of slab bridges leads to act opposite load for design loads. Also studied blast load on bridge beams and illustrated resulting addional cross sections. Also explained the effect of blast load on bridge piers and abutments, and the forms of caused damages.

Keywords: Road Bridges; reinforced concrete Bridges; Blast Loads; Deck Slab Bridges;Beam Bridges; BridgePiers; Bridge Abutments.

***Professor at the Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

يعرف الانفجار بأنه عبارة عن تحرير مفاجئ للطاقة مسببا تولد غازات مرتفعة الضغط والحرارة تؤدي لإزاحة الهواء المحيط بمكان الانفجار مشكلة طبقة من الهواء المضغوط، تعرف بموجة الانفجار. تبتعد الزيادة في الضغط والتي تعرف بموجة الصدم عن مركز الانفجار على شكل أمواج، حيث تتراوح سرعة موجة الضغط من 2700 m/sec. إلى 7500 m/sec. وذلك تبعا لنوع المادة المتفجرة. يؤدي حدوث الانفجار إلى تفريغ كمية كبيرة من الطاقة بسرعة عالية وذلك خلال أجزاء من الثانية (ميلي ثانية). يبدأ تأثيره موضعيا عند موقع الانفجار، ومن ثم يتحول ليؤثر على المنشأة بشكل عام.تتحول طاقة الانفجار الى مايلي:

1. انطلاق جزء من الطاقة المتحررة كطاقة حرارية .
2. طاقة في التربة تؤدي لحدوث اهتزاز أرضي يتوزع بشكل موجات دائرية بدءا من بؤرة الانفجار .
3. طاقة في الهواء مسببة دفعة هوائية مشكلة موجة الضغط وهي المسببة للضرر الرئيسي في الجسور .

بسبب سرعة التأثير الكبيرة جدًا فغالبا ماتنتهي التأثيرات المحلية للانفجار قبل أن يبدأ الجسر بالاستجابة[2].

تتميز حمولة الانفجار بأنها حمولة قصيرة الأمد جداً وهي ليست حمولة متذبذبة،وتتعلق بعدد من العوامل أهمها:

1. كمية ووزن ونوعية المادة المتفجرة
2. بعد ومسافة مركز الانفجار عن المنشأة
3. موقع التفجير بالنسبة للمنشأة هل هو على سطح المنشأة، أو أسفل المنشأة ... الخ
4. موضع المنشأة بالنسبة للتفجير

لاتشمل معظم الكودات الهندسية بما فيها الكود العربي السوري [1] لحالةحمولةالانفجار، يعتبرها كود حساب وتصميم الجسور الأمريكي [8]AASHTO حمولة ثانوية، حيث يعتمد التراكيب التالية لحساب القوى الناجمة عن حمولة الانفجار:

تراكب الحمولات في الحالة الحدية للمتانة: 1.25 DC + 0.5 LL + 1.0 BL

تراكب الحمولات في حالة الأحداث الخطيرة وفي الحالات التي تؤدي الأحمال الميتة لتخفيض القوى الناجمة عن حمولة الانفجار:1.0 DC + 1.0 BL

حيث تمثل DC الأحمال الميتة، LL الأحمال الحية، BL حمولة الانفجار .

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر طرق السيارات الشريان الرئيسي للمرور ضمن المدن وخارجها ، إضافة إلى أهميتها الاقتصادية من ناحية الكلف وزمن الإنشاء، وأهميتها في أحوال الطوارئ . تأخذ منشآت الجسور على الطرق أهمية خاصة لذلك لابد من إجراء التصميم الآمن لكل حالات التحميل بما فيه الأحمال الاستثنائية أو أحمال الكوارث ومنها أحمال الانفجارات . لاتأخذ بعين الاعتبار معظم كودات تصميم الجسور خلال عملية التصميم أحمال الانفجارات بعين الاعتبار، وكذلك لاتوجد كودات بشأن معاينة الجسور بتأثير أحمال الانفجارات .حدثت بالرغم من ذلك في العالم أعمال تخريبية تهدف إلى إعاقة وعرقلة حركة المرور وذلك من خلال تنفيذ انفجارات عند منشآت الجسور الطرقية . يهدف البحث لدراسة أثر أحمال الانفجارات على العناصر الإنشائية المشكلة للجسور الطرقية وذلك من خلال وقائع الانفجارات الحاصلة عمليا، وأيضا من خلال بعض النماذج الحاسوبية .

لاتزال البحوث العلمية في هذا المجال قليلة وذلك باعتبار أن هذا النوع من الأحمال ضمن أحمال الكوارث، وإمكانية حدوثها محدودة. سنستفيد في هذا البحث من بعض الحالات العملية للجسور الطرقيةوالتيحدثت فيها أحمال الانفجارات، بهدف تحديد ودراسة الأضرار العملية والفعلية الناجمة في العناصر الإنشائية للجسور .

لابد من وجود طرق لتمثيل أحمال الانفجارات ونمذجتها حيث بين الباحثان Varghase, Binol., Ajith, M S. في [3] أهمية أحمال الانفجارات على الجسور وضرورة نمذجتها والتعبير عنها رياضيا وهندسيا.

بحث [4]A.K.M. Anwarul Islamفي جامعة فلوريدا أداء جوائز الجسور البيتونية المعتمدة من قبل هيئة الطرق والنقل الأمريكية AASHTO بتأثير أحمال الانفجارات . يعتمد الكود الأمريكي في تصميم الجسور على معاملات أمان للحمولات المطبقة وأيضا لمقاومة المنشأة أي LRFD ، ويعتمد أحمال الصدم في ركائز الجسور والناجمة عن صدم العربات وعن صدم السفن ، ولايشمل وصف لأحمال الانفجارات. تتميز الجسور عن المنشآت الهندسية الأخرى من ناحية مواد الإنشاء المعتمدة، والمجازات، والأحمال، ... الخ، هدف الباحث دراسة الجسور بفتحتين ومساري مرور والمنفذة من الجوائز البيتونية المسبقة الإجهاد نموذج III المعتمدة في الكود AASHTO. تجدر الملاحظة بأن هذا النوع من الجوائز هو الرائج في تصميم وتنفيذ الجسور في سوريا. تمت النمذجة بالاعتماد على البرنامج الحاسوبي STAAD Pro ، وأخضعت النماذج الحاسوبية لحمولة الانفجار، وقد نمذجت حمولة الانفجار كموجة ضغط بكميات انفجار وبمواضع مختلفة من الجسر . درس أداء وسلوك الجوائز البيتونية حاسوبيا ، والركائز الوسطية والطرفية للجسر بتأثير أحمال الانفجارات. استنتج الباحث بأن عناصر الجسر المصممة وفق كود الـ AASHTO غير كافية لمقاومة أحمال الانفجارات العادية، إلا أن الباحث بين حاسوبيا مقدار الحمولة الحدية لحمل وموقع الانفجار المؤثر على الجسر الذي يمكن مقاومته قبل حدوث الانهيار لعناصر الجسر . استخلص من البحث ضرورة إجراء قياسات لمعرفة مدى تحمل الجسور القائمة لأحمال الانفجارات، وتعديلات في الكود تضمن التصميم الآمن ولمقاومة الجسور لأحمال الانفجارات .

درس الباحثون William F. Cofer, Debra S. Matthews, David I. McLean في [5] سلوك الجسور البيتونية المسبقة الإجهاد بتأثير أحمال الانفجارات، حيث تمت نمذجة الجوائز البيتونية المسبقة الصنع والإجهاد اعتماد"ا على موديل العناصر المنتهية، إضافة لذلك دعم البحث بإجراء تجربة عملية من خلال تطبيق حمولة الانفجار على جائزين من البيتون المسبق الإجهاد .

وتمت التجربة بثلاث سيناريوهات لتطبيق الحمولة الانفجارية، حيث تم تطبيق التفجير في منتصف الفتحة على السطح العلوي للجسر وبين الجائزين الطوليين ، ومن ثم ركزت حمولة الانفجار على السطح العلوي لجائز طولي محدد، وأخيرا طبقت الحمولة الانفجارية أسفل الجوائز الطولية. أظهر تطبيق الحمولة الانفجارية على سطح الجسر أضرار موضعية كبيرة وبالغة في الجوائز الطولية، بينما أبدى تطبيق التفجير أسفل الجسر أضرار كبيرة في بلاطة الجسر ولم تتضرر الجوائز الطولية وقاومت حمولة الانفجار .

بحث G. Daniel Williams, Eric B. Williamson, P.E., M. في [6] في آلية حماية الجسور من أحمال الانفجارات، وهدف البحث لفهم تأثير حمولة الانفجار على أعمدة الجسور، وكذلك على جدران الرامبات وقد دعم البحث من قبل الهيئة الوطنية للطرق (NCHRP) بهدف فهم آلية تأثير أحمال الانفجارات على أعمدة الجسور الطرقية.درس الباحثون أثر نحافة أعمدة الجسور وتم استنتاج علاقة كبر المقطع العرضي لأعمدة الجسور لمقاومة

الضغوط الناجمة عن أحمال الانفجارات، وتم في نهاية البحث وضع طريقة مبسطة للتنبؤ بأثر أحمال الانفجارات على أعمدة الجسور .

درس الباحثان Anil K. Agrawal , Zhihua Yi في [7] أثر أحمال الانفجارات على العناصر المشكلة للجسر باستخدام على طريقة العناصر المنتهية وبالاعتماد على البرنامج الهندسي LS-DYNA. تمت نمذجة حمولة الانفجار في الهواء بالاعتماد على البرنامج الهندسي وهي مختلفة قليلا عن ماهو متوفر في الجداول العددية المعتمدة على طريقة ConWepوالمستنتجة اعتمادا على المعادلات شبه التجريبية. تمت محاكاة آلية الانفجار في الهواء وتأثيرها على عناصر الجسر بالاعتماد على النمذجة بالعناصر المنتهية وبدرجة حرية حوالي واحد مليون.أخضعت عناصر الجسر لثلاث درجات من الحمولة الانفجارية منخفضة، متوسطة وشديدة وذلك بهدف ربط مقاومة البيتون لعناصر الجسر بمقاومة أحمال الانفجارات . تراوحت مقاومة البيتون من 20 MPa إلى 65 MPa . استنتجت عدة آليات لأشكال انهيار الجسر بتأثير أحمال الانفجارات. حاول الباحثون ربط مقاومة أحمال الانفجارات بالمقاومة الزلزالية للجسر، وتم الاستنتاج بأنه كلما زادت مقاومة الجسر للحمولة الزلزالية كلما تحسنت مقاومته لأحمال الانفجارات .

تأتي أهمية هذا البحث بإعطاء فكرة للمصمم عن أثر تطبيق أحمال الانفجارات على الجسور الطرقية ، والأضرار الناجمة عنها في مختلف العناصر الإنشائية للجسر، وذلك كأمثلة من الواقع العملي. مع العلم أنه نتيجة أحمال الانفجارات يمكن أن تتجاوز القيم المحددة في الكوادت التصميمية للجسور والناتجة عن الأحمال العادية ، ليس كذلك فحسب وإنما في بعض الحالات يمكن أن تتسبب أحمال الانفجارات بإتجاهات معاكسة للأحمال التصميمية، لهذا السبب يمكن أن تتعرض الجسور المصممة وفق الكودات الحديثة لأضرار قد تكون كبيرة حتى مع كمية متفجرات صغيرة.

يفيد البحث أيضا في تسهيل فهم الأضرار الناجمة عن أحمال الانفجارات من خلال صور فوتوغرافية لحالات الأضرار العملية والتي حدثت في الجسور الطرقية .

طرائق البحث ومواده:

يصعب إجراء تجارب عملية لدراسة أحمال الانفجارات وذلك للأسباب التالية:

1. يصعب تمثيل موجات الانفجارات مخبريا بسبب التغيرات في الحرارة والرطوبة وحالة الغبار في الهواء .
2. يصعب تأمين الحماية اللازمة لأجهزة القياس أي حساسات التشوه والتطاول وإجراء التجارب ، حيث ستتعرض للضرر أثناء تطبيق حمولة الانفجار .
3. لايمكن إجراء تجارب الانفجارات إلا ضمن أماكن وشروط محددة جداً ، هذا مع العلم أنها مكلفة جداً .

يمكن استقراء بعض الأضرار والنتائج الناجمة عن أحمال الانفجارات على الجسور الطرقية من خلال الصور الفوتوغرافية أو أفلام الفيديو، واعتمدنا هذه المنهجية في البحث .

النتائج والمناقشة:

سندرس أثر حمولة الانفجارات على العناصر الإنشائية المشكلة للجسور الطرقية وذلك من خلال حالات تفجير واقعية حصلت على نماذج من جسور اوتوستراد حلب – اللاذقية.

أثر حمولة الانفجار على بلاطات الجسور:

تصمم بلاطات الجسر عادة لهدفين، الأول لتلقي ومقاومة الأحمال الدائمة الناجمة عن الوزن الذاتي وأحمال الإكساءات إضافة لتلقي ومقاومة كافة الأحمال الحية الناجمة عن مرور العربات والمشاة ... الخ ، أما الهدف الثاني فهو تلقي ومقاومة الأحمال الناجمة عن الصدم المفاجئ الناجم عن الحوادث المرورية.

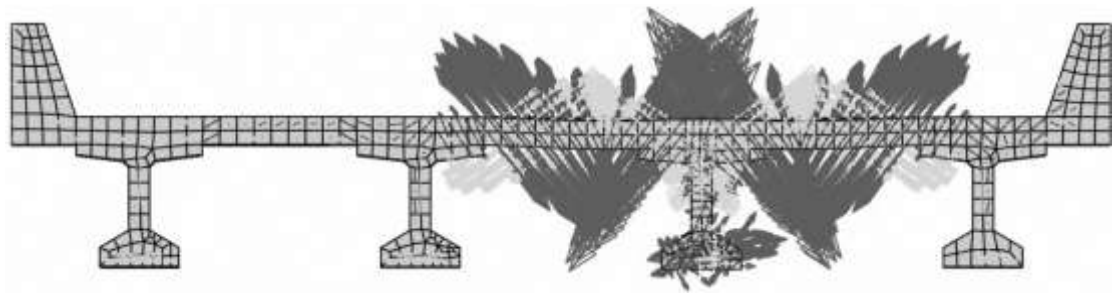
تؤثر أحمال الانفجارات في بلاطات الجسور ويمكن أن يكون موضع الانفجار أعلى وأسفل بلاطات الجسر.

أ)حالة تأثير حمولة الانفجار أعلى بلاطة الجسر: تبعا لشدة الانفجار يمكن أن تؤدي الموجة الأولى للانفجار لأضرار كبيرة على السطح العلوي لبلاطة الجسر، وبسبب تشكل سهم كبير في البلاطة ناجم عن الضغط المتولد عن الانفجار يؤدي لنقل تأثير حمولة الانفجار إلى الجوائز الطولية الحاملة للبلاطة. تتضرر بلاطة الجسر المشكلة من البيتون المسلح عند بؤرة الانفجار وينتشر الضرر متباعدا عن البؤرة بشكل شعاعي، كما هو موضح في الشكلين (1و 2) وبسبب ارتباط تسليح البلاطة بالجوائز الطولية لذلك تتركز الأضرار في أجزاء الثانية الأولى من الانفجار عند الجوائز الطولية الساندة للبلاطة بالاتجاه الموازي لها، لتصل موجة الانفجار لاحقا إلى الدرابزون مشكلة دوامة ضغط . يمكن أن تسبب الأضرار به. تتشكل لاحقا أضرار ناجمة عن انعكاس موجة الضغط على السطح العلوي لبلاطة الجسر. ينجم عن موجة الانفجار أيضا بعض الأضرار عند أماكن الاستناد الثابتة للجسر ناجمة عن اهتزاز الجسر.

ب) حالة تأثير حمولة الانفجار أسفل بلاطة الجسر:

تصمم بلاطات الجسور عادة من البيتون المسلح لمقاومة كافة الأحمال الرأسية الناتجة عن الثقالة الأرضية، وعندما يحدث الانفجار أسفل بلاطة الجسر سيؤدي ذلك لتأثير حمولة معاكسة للأحمال التصميمية. تتأثر البلاطة البيتونية والجوائز الطولية الحاملة لها أحيانا بحمولة الانفجار أسفل الجسر ، وينجم عنها قوى طولية وجانبية تؤدي لتشكل أضرار في جسم الجسر.

قد يؤدي الانفجار تبعا لقوته إلى فصل البلاطة عن الجوائز الطولية الحاملة لها لحظة حدوثه مما ينجم عنه أضرار كبيرة .

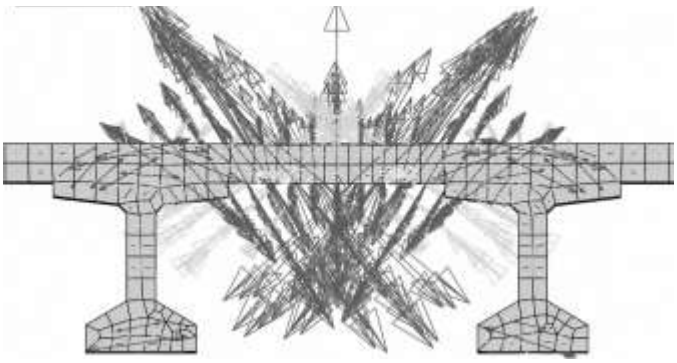


(A – 1): نمذجة حمولة الانفجار المؤثرة فيبلاطات وجسم الجسر .

(1 – B): انهيار كامل في بلاطة الجسر

(1 – C): حدوث تصدعات في بلاطة الجسر

الشكل (1): أشكال الانهيار في بلاطات الجسر لحالة حمولة الانفجار



(2 – A): نمذجة حمولة الانفجار المؤثرة فيبلاطات الجسر .

(2 – B): منظر علوي لانهيار البلاطة على عرض الجسر

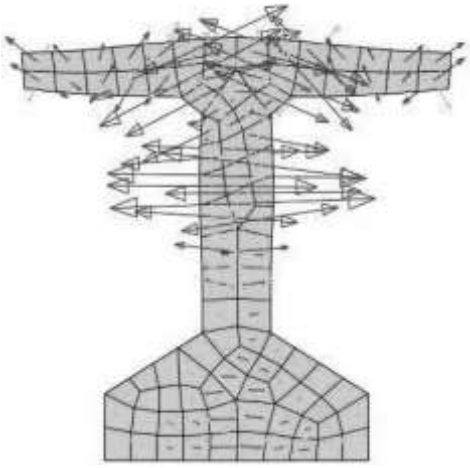
(2 – C): منظر سفلي لانهيار البلاطة على عرض الجسر

الشكل (2): أشكال الانهيار في بلاطات الجسر لحالة حمولة الانفجار

<u>أثر حمولة الانفجار على جوائز الجسور :</u>

يكون مسار نقل الأحمال الميتة والحية المؤثرة على السطح العلوي للجسر من خلال البلاطات السطحية ومنها إلى الجوائز ثم إلى البنية التحتية للجسر، ومن هنا تبرز أهمية جوائز الجسور في البنية الفوقية للجسور . تصمم جوائز الجسور عادة لمقاومة قوى المقطع، أي العزم وقوة القص، الناجمة عن أحمال الثقالة الأرضية بشكل أساسي. يلعب موضع التفجير أثراً مهما في مدى مقاومة الجوائز لحمولة الانفجار. عندما يحدث التفجير على السطح العلوي للجسر فيتسبب ذلك بتوليد قوى مقطع عزوم وقوى قص إضافية لقوى المقطع المتولدة عن الأحمال التصميمية للجسر، وهنا يلعب هامش الأمان التصميمي للجسر دورا في مقاومة الجوائز لحمل الانفجار، وغالبا مايمكن أن تبقى الجوائز مقاومة لهذه الحمولة ، وبالطبع يتبع ذلك لكمية التفجير، مع العلم بأن المقطع المقاوم في هذه الحالة هو عبارة عن

مقطع مركب، أي أن المقطع المقاوم هو المقطع العرضي للجائز إضافة إلى الجزء من البلاطة التي تعمل مع الجائز، أي أن مقطع الجائز هو مقطع (I) وعادة مايكون مقاوم. يوضح الشكل (3) نمذجة حمولة الانفجار المؤثرة على الجيزان الطولية الحاملة لبلاطة الجسر، حيث أن موقع التفجير في هذه الحالة هو على السطح العلوي للجسر. من المهم أيضا موقع التفجير في المقطع العرضي للجسر، حيث يوضح الشكل (4) حالة موقع التفجيرفي طرف الجسر وأثر ذلك على أشكال الانهيارات في درابزون الجسر. إن حالة التفجير أسفل الجسر هي حالة حرجة بالنسبة لجوائز الجسر ، وتؤدي لتولد عزوم سالبة مع قوى قص. تصمم الجوائز الطولية كجوائز بسيطة وتكون مقاطع التسليح العلوية عادة إنشائية.



(A – 3): توضيح حمولة الانفجار المؤثرة على الجوائز الطولية للجسر .

(B – 3): منظر يوضح مقاومة الجوائز الطولية لحمولة الانفجار

(C – 3): منظر يوضح انهيار البلاطة الظفرية للجسر ومقاومة الجائز الطولي الطرفي

الشكل (3): مقاومة الجيزان الطولية لحالة حمولة الانفجار

(A – 4): منظر جانبي يوضح انهيار الدرابزون الطرفي للجسر

(4 – B): منظر من أسفل الجسر يوضح الانهيار الكامل لبيتون الدرابزون

(4 – C): منظر جانبي يوضح انهيار الدرابزون وتعرية قضبان التسليح

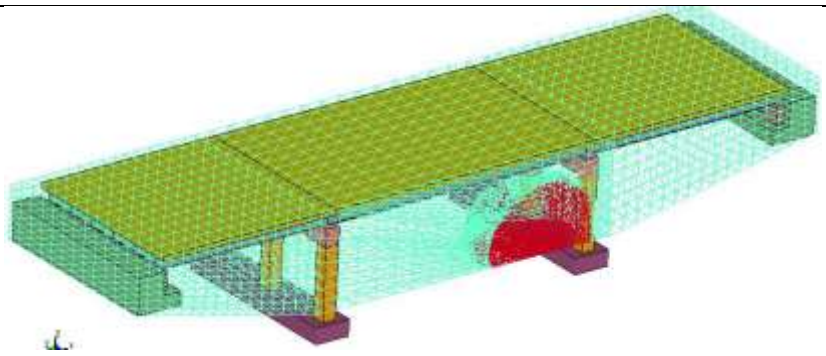
الشكل (4): أشكال الانهيارات في درابزون الجسر نتيجة أحمال الانفجار .

أثر حمولة الانفجار على ركائز الجسور الطرفية :

تؤمن ركائز الجسور الطرفية دعما شاقولياً للهيكل العلوي للجسر وذلك عند أطراف الجسر باعتبارها إحدى عناصر الجسر. تعتبر الركائز الطرفية صلة الوصل بين جسم الجسر والرامب الواصل للجسر، حيث تصل الركائز الطرفية الجسر مع مسار الطريق تتميز الركائز الطرفية عن الوسطية بأنها تحجز التربة خلفها، أي أنها تخضع لقوى دفع التربة الجانبي إضافة للأحمال الرأسية، لذلك تكون عادة عبارة عن جدران من البيتون المسلح.

تتأثر الركائز الطرفية للجسور بتأثير أحمال الانفجارات وخصوصا عندما يكون موقع التفجير أسفل الجسر كما هو موضح في الشكل (5 – A) حيث تمت نمذجة حمولة الانفجار أسفل الجسر ، طبعا يكون التأثير على السطح العلوي للجسر وقد يؤدي لخلخلته وذلك بسبب أن حمولة الانفجار تؤثر بشكل معاكس لتأثير أحمال الثقالة الأرضية

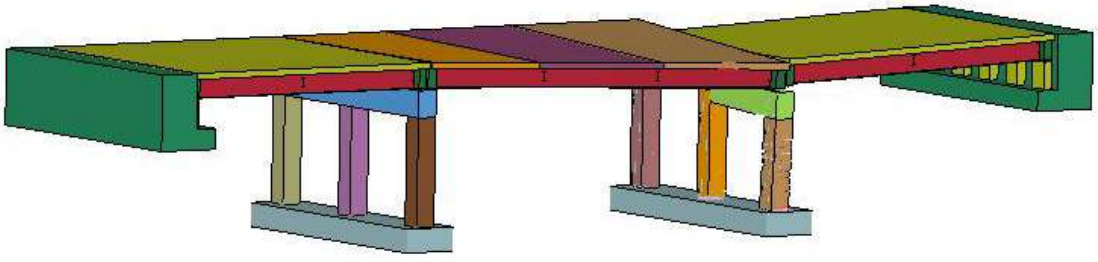
التصميمية كما هو موضح في الشكل (5 – D)، يترافق ذلك مع حدوث تسلخات في جدران الركيزة الطرفية (الشكل (5 – B))، وفي بعض الحالات تسلخات وتعرية قضبان التسليح لجدران الركيزة (الشكل (5 – C)) .



(5 – A): نمذجة حمولة الانفجار أسفل الجسر .

(5 – B): تسلخات في جدران الركيزة الطرفية نتيجة حمولة الانفجار

(5 – C): تسلخات وتعرية قضبان التسليحلجدران الركيزة الطرفية



(5 – D): انهيار السطح العلوي للجسر نتيجة حمولة الانفجار المؤثرة بشكل معاكس لتأثير أحمال الثقالة الأرضية التصميمية .

الشكل (5): توضيح تأثير حمولة الانفجارعلى ركائز الجسور .

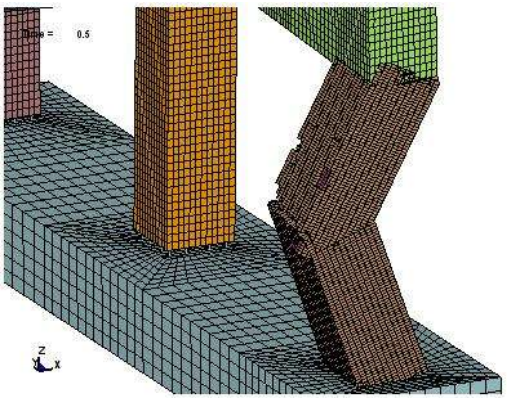
أثر حمولة الانفجار على ركائز الجسور الوسطية :

تعتبر ركائز الجسور الوسطية من العناصر الإنشائية الهامة والتي تلعب دورا هاما في درجة تحديد أمان الجسور.تخضعركائز الجسور الوسطية وهي تكون عادة على شكل أعمدة بيتونية لقوى ضاغطة غير مركزية أي مع انحرافعن محور أعمدة الركيزة مما يتسبب بتشكل عزوم انعطاف في أعمدة الركائز، ومن هذا المبدأ يلعب التفجير دورا أساسيا في زيادة الحمولة المحورية المؤثرة في عمود الركيزة ممايتسبب في زيادة قيم عزوم الانعطاف المؤثرة في عمود الركيزة وبالتالي ممكن أن يؤدي لفقدان قدرة عمود الركيزة في تلقي الأحمال المؤثرة. تأتي أهمية أعمدة ركائز الجسور في مقاومة أحمال الانفجارات من ناحيتين الأولى هي قدرتها على تحمل قوى المقطع المؤثرة عليها بالإضافة للقوى الناجمة عن أحمال الانفجارات، ومن ناحية ثانية قدرتها على الثبات والاستقرار أثناء تطبيق أحمال الانفجارات. تعتبر من عناصر الجسر الحساسة لأثر أحمال الانفجارات وخصوصا في حالة التفجير بالقرب من أعمدة الركائزكما هو موضح في الشكل ((6–B)) والذي يظهر انهيار عمود الركيزة الوسطية حاسوبيا وفي الواقع العملي .

الاستنتاجات والتوصيات :

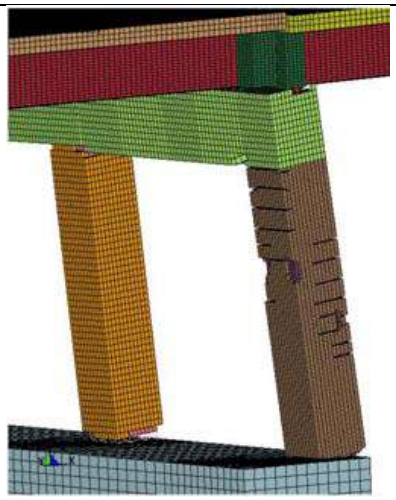
بينت لدينا نتائج دراسة النماذج الواقعية لأشكال الانهيارات والتصدعات في الجسور الطرقية الناجمة عن أحمال الانفجارات بضرورة تطوير كودات تصميم الجسور الحالية لتأخذ بعين الاعتبار أثر حمولة الانفجار كونها تأتي أحيانا معاكسة تماما للأحمال التصميمية وخصوصا في حالات الانفجار الواقعة أسفل الجسور .

يرافق حالة حمولة الانفجار أحمال حرارية كبيرة موضعية في منطقة تأثير الحمولة، حيث لاحظنا أن غالبية الأبحاث والدراسات تأخذ بعين الاعتبار الضغوط الناجمة عن حمولة الانفجار ولا تأخذ بعين الاعتبار الأحمال الحرارية المرافقة لها والتي تتسبب بتأثيرات وأضرار موضعية مهمة .



(6 – A): انهيار جسم الركيزة

(6 – B): توضيح من الواقع الفعلي بسبب انهيار الركيزة الوسطية



(C–6): انفصال قاعدة الركيزة عن الأساس

(D–6): تصدع وتسلخ قضبان التسليح في الركيزة الوسطية

الشكل (6): أشكال الانهيار للركائز الوسطية للجسور لحالة حدوث الانفجار أسفل الجسر .

المراجع:

[1] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة . الطبعة الرابعة، دمشق ، 2012 ، 404 صفحة .

[2] BANGASH, M.Y.H., BANGASH, T. : *Explosion Resistant Buildings*.- Springer Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 10 3-540-20618-3,PP.784, 2006

[3] VARGHASE, BINOL., AJITH, M S.: *Blast Load Generation Methods on Bridges* .- In: International Journal of Structural and Civil Engineering Research, Volume 3, No. 3, PP 36-47, 2014

[4] A.K.M. ANWARUL ISLAM : *Performance of AASHTO Girder BridgesunderBlast Loading*.- Dissertation atFAMU-FSU COLLEGE OF ENGINEERING, Florida State University,PP 178, 2005

[5] William F. Cofer, Debra S. Matthews, David I. McLean : *Effects of blast loading on prestressed girder bridges*.- In: Shock and Vibration, Volumes 19, PP.1–18, 2012

[6] G. DANIEL WILLIAMS, ERIC B. WILLIAMSON, P.E., M.: *Procedure for Predicting Blast Loads Actingon Bridge Columns*.-In: JOURNAL OFBRIDGE ENGINEERING © ASCE / MAY/JUNE, Volume 17, No. 3, PP. 490–499, 2012

[7] ANIL K. AGRAWAL , ZHIHUA YI,: *Blast Load Effects on Highway Bridges*.-Report at Department of Civil Engineering, University Transportation Research Center, The City College of New York, New York, NY 10031, PP. 204, 2009

[8] AASHTO, LRFD *Bridge Design Specifications, SI Units*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2012