

مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة

للأحمال الانفجارية

طالب الدراسات العليا: ايثار النعيمي كلية: الهندسة المدنية – جامعة: دمشق

الدكتورة المشرفة: ميرنا سعود

الملخص:

تتضمن الدراسة الحالية طريقة محاكاة بالعناصر المحدودة، أُجريت باستخدام برنامج (ANSYS14-AUTODYN) لدراسة تأثير الأحمال الانفجارية على الحواجز الخرسانية المسلحة. لقد تم أخذ نموذجين من الحواجز الخرسانية المسلحة الشائعة الاستخدام في العراق، النموذج الأول بأبعاد (ارتفاع 3000mm , عرض 1800mm , سمك 250mm) والنموذج الثاني بأبعاد (ارتفاع 4000mm , عرض 1000mm , سمك 300mm)، ثم فرضنا عرض ثاني لكل نموذج حيث تم فرض عرض 3600mm للحاجز بسمك 250mm وعرض 3000mm للحاجز بسمك 300mm . تم إجراء مقارنة بين حالتي الحاجز بالعرضين المذكورين أعلاه لكل نموذج باستخدام معلمات (Parameters)، وزن الشحنة المتفجرة من مادة (TNT) وعرض الحاجز الخرساني المسلح .

بشكل عام فإن النتائج أظهرت؛ إن مستوى الضرر للحاجز الخرساني يقل بنسبة 25% عندما يزداد عرض الحاجز. في حالة انفجار عبوة 50kg من مادة (TNT) فإن الزيادة في عرض الحاجز الخرساني مرتين للحاجز بسمك 250mm يؤدي إلى النقصان في الإزاحة القصوى بإتجاه جمل الانفجار بمقدار 1.3 مرة، بينما في حالة زيادة عرض الحاجز الخرساني ثلاث مرات للحاجز بسمك 300mm يؤدي إلى النقصان في الإزاحة القصوى بإتجاه جمل الانفجار بمقدار 2.4 مرة، في حالة انفجار عبوة 400kg من مادة (TNT) فإن الزيادة في عرض الحاجز الخرساني مرتين للحاجز بسمك 250mm يؤدي إلى النقصان في الإزاحة القصوى بإتجاه جمل الانفجار بمقدار 1.03 مرة، بينما في حالة

مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية

زيادة عرض الحاجز الخرساني ثلاث مرات لحاجز بسبك 300mm يؤدي الى النقصان في الإزاحة القصوى باتجاه جمل الانفجار بمقدار 3.13 مرة.
نستنتج أيضاً من هذا البحث؛ إنه بزيادة وزن عبوة مادة (TNT) بمقدار 8مرات يؤدي الى زيادة في الضغط الأعظم للانفجار بمقدار 2.5 مرة للحواجز بعرض (1000,1800,3600)mm بينما يزداد الضغط الأعظم للانفجار بمقدار 3.5 مرة للحاجز بعرض 3000mm .

الكلمات المفتاحية : الحواجز الانفجارية، الضغط العارض، النبضة العارضة، الانفجار، الموجات الصدمية، الحاجز الخرساني، الجمل الانفجاري

Blast Resistance of Reinforced Concrete Barriers

ABSTRACT

In this study, a finite element simulation was conducted employing **ANSYS 14 – AUTODYN** software to study the effect of the blast loading on the reinforced concrete barrier. Two cases of barriers are taken from commonly used precast barriers in Iraq. Second width are assumed for every case, The comparison is conducted between every two barrier cases of different widths with same thickness of barriers using two parametric studies, **TNT** charge weight and the width of reinforced concrete barrier. Generally, the results showed that the damage level of the reinforced concrete barrier is decreased approximately **25 %** with increase the barrier width. For **50 kg** of **TNT** explosion, increasing the width of the barrier **2** times with thickness equal to **250 mm** influenced with decrease in maximum displacement **1.3** times, while when increasing the width of the barrier **3** times with thickness equal to **300 mm** influenced with decrease in maximum displacement **2.4** times. For **400 kg** of **TNT** explosion, increasing the width of the barrier **2** times with thickness equal to **250 mm** influenced with decrease in maximum displacement **1.03** times, while when increasing the width of the barrier **3** times with thickness equal to **300 mm** influenced with decrease in maximum displacement **3.13** times.

Also it is concluded that the increase in the **TNT** charge weight **8** times influenced with increase in maximum pressure **2.5** times for barrier widths (**1800, 3600** and **1000**) **mm** while for barrier width equal to **3000 mm** it is increased **3.5** times.

Keywords :blast barriers , incident pressure , incident impulse ,explosion, ,shock waves ,concrete wall , blast loading

1-مقدمة البحث:

تُستخدم الخرسانة على نحوٍ واسعٍ في البناء بالإضافة إلى كونها بُنية واقية بسبب ميزة امتصاصها الجيد للطاقة ضمن الضغوط المرتفعة، وقد استُخدمت الخرسانة أيضاً في العديد من أعمال البناء مثل الجدران، بسبب النوعية المميزة وسرعة الإنشاء والفعالية المتعلقة بالتكلفة والقوة[1]. تُقيّم العديد من الأبنية وخصوصاً الأبنية الحكومية بحسب توافقها مع المبادئ الأساسية الخاصة بالانفجارات، ومن هذه المبادئ ما قدمته اللجنة الأمنية بين الوكالات الخاصة بإدارة الخدمات العامة [6].

إن الحواجز الخرسانية المُسلّحة تُعتبر من أهم الطرق التي تحمي من الحمل الانفجاري المتولّد عن الانفجار، وقد قدّمت المعايير الموحدة للمنشآت (UFC)[10] تعليمات وتوجيهات لتصميم الخرسانة المُسلّحة المُعرّضة للحمل الانفجاري القريب من الانفجار، للطرق المُقترحة لحماية بعض المساويء مثل تصدّع الغطاء الخرساني أثناء الحمل الانفجاري والثخانة(السمائة) الكبيرة اللازمة للحاجز لحمايتها من الحمل الانفجاري [7]. وبالنتيجة فإن الانفجارات تُسبب حملاً ديناميكياً شديداً على البُنَيَات الإنشائية، حيث أن الضغط المرتفع يصل إلى هذه البُنَيَات بواسطة الانتقال عبر الجو المُحيط. يوجد مؤشّرين رئيسيين لتأثير الحمل الديناميكي: الحمل الانفجاري والمسافة الفاصلة بين البُنَيَة الإنشائية ومصدر الانفجار[8]. يُظهر الشكل(1) طريقة الحماية الأكثر شيوعاً واستخداماً في العراق والعديد من الدول الأخرى وذلك باستخدام الحاجز الخرساني المُسلّح.

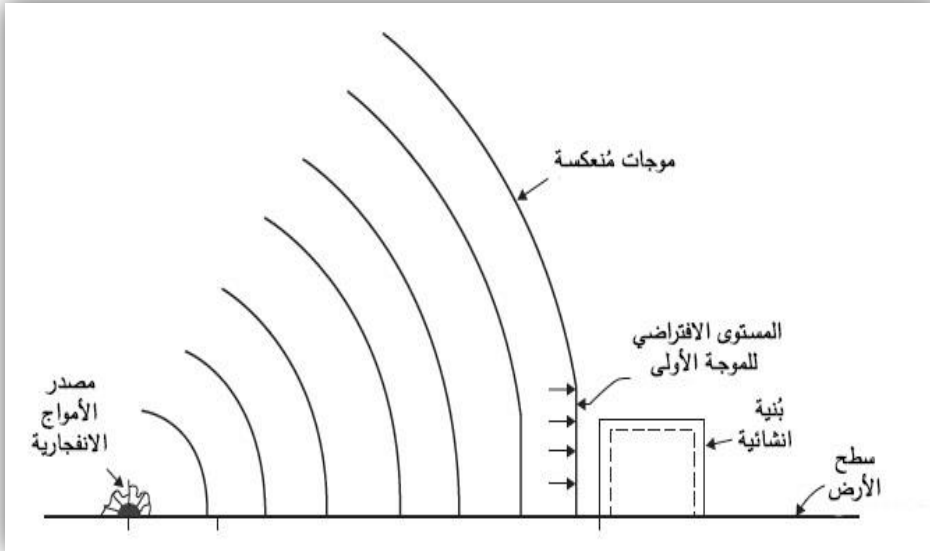


الشكل(1):الحاجز الخرساني المُسلّح[2].

1-1-الظواهر الانفجارية:

التأثير الانفجاري عبارة عن اضطراب في الضغط ناتج عن تحرير مفاجئ للطاقة. وغالباً ما يتجه تفكير الناس عند سماعهم كلمة التأثير الانفجاري أنه مرتبط بالتفجيرات مثل تفجير شحنة ناسفة مثلاً، لكن في الواقع هناك العديد من المصادر الانفجارية الأخرى والتي من المحتمل أن تسبب الأذى، مثلاً المواد الكيميائية التي قد تتعرض لتفكك سريع ضمن شروط محددة. إن التأثير الانفجاري لا ينتج دائماً عن الإحتراق: فهذه التأثيرات يمكن تكون ناتجة عن أيّ تحرير سريع للطاقة يوّلد موجة انفجارية، مثل حاضن للضغط الانفجاري والذي يتوسّع منه الهواء المضغوط، أو انتقال طوريّ سريع من حالة السائل إلى الغاز. وتنشأ الأحمال الناتجة عن التأثير الانفجاري بواسطة التوسّع السريع للمادة شديدة الطاقة، مما يؤدي إلى التسبب بإضطراب بالضغط أو موجة انفجارية تتوسّع بشكلٍ شعاعيّ مُبتعدةً عن مصدر الانفجار، كما هو واضح في الشكل(2). إن الضغط الانفجاري عبارة عن فرط في الضغط، لأنه مرتبطٌ بالشروط الجويةّ المحيطة، بدلاً من كونه مرتبطٌ بالضغط المُطلق.

فالموجات الصدمية هي موجات انفجارية عالية الضغط تنتقل عبر الهواء(أو أيّ وسطٍ آخر) بسرعة تفوق سرعة الصوت، وفي معظم الحالات تمتلك الموجات الصدمية قدرة أكبر على إحداث أضرار مقارنة مع موجات الضغط، وعندما تتحرك الموجة الانفجارية بعيداً عن المصدر؛ فإن شدة الضغط تتناقص، وتزيد مدة الحمل الانفجاري. إن التوسّع الشديد عند مركز الانفجار يتسبب بإحداث خواء (تفريغ هوائي) في منطقة المصدر وانعكاس لحركة المادة الغازية، ومن ثمّ تتوسّع منطقة الضغط السلبى هذه نحو الخارج وتسبب ضغطاً سلبياً (أقل من الضغط الجوىّ المحيط)، وهذا بدوره يجذب الطور الإيجابي. إن ضغط الطور السلبى بشكلٍ عام أقل بالمقدار (القيمة المطلقة) ولكنه أطول في المدة من الطور الإيجابي، ويمكن بشكلٍ عام، أن نقول بأن الأحمال الانفجارية للمرحلة الإيجابية ذات نتائج أكبر من أحمال المرحلة السلبية، وغالباً ما يتم تجاهل الأحمال السلبية [24].



الشكل (2): انتشار الموجة الانفجارية [24].

2- مشكلة البحث:

نحتاج إلى حماية الأبنية أو المنشآت الهامة من الضرر الناتج عن التفجيرات لذلك من المهم دراسة تأثير الأحمال الانفجارية على الحواجز الخرسانية المسلحة المستخدمة لهذا الغرض.

3- الغاية:

مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية.

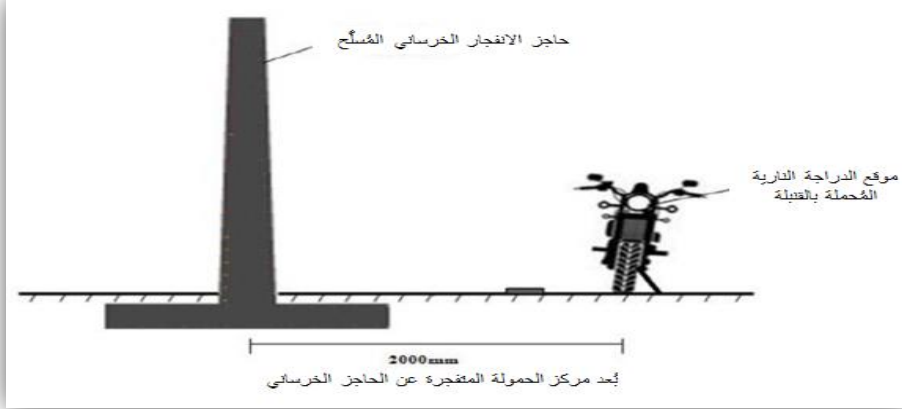
4- الهدف الرئيسي للبحث:

دراسة تأثير الجمل الانفجاري على الحواجز الخرسانية المسلحة.

5- الدراسات السابقة:

لقد عمل كل من (M.Alias و R.Norhidayu) وآخرون عام 2014 على محاكاة التأثير الانفجاري على حاجز الانفجار الخرساني المسلح المعرض لجمل انفجاري هوائي مع استخدام برنامج (ANSYS AUTODYN) [1]، وفي بحثهما قاما بإجراء

الدراسة على بُعد 2m عن الحاجز الخرساني، بكمية متفاوتة من الـ TNT تراوحت من 5kg إلى 1500kg وذلك بدءاً من قنبلة يدوية وحتى عبوة ناسفة في سيارة [17]، ويُظهر الشكل (3) موقع الدراجة النارية عن الحاجز الانفجاري.

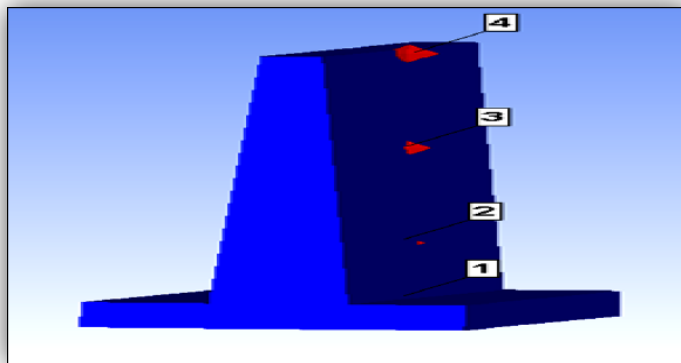


الشكل (3): توضيح لموقع الدراجة النارية بالنسبة للحاجز الانفجاري [1].

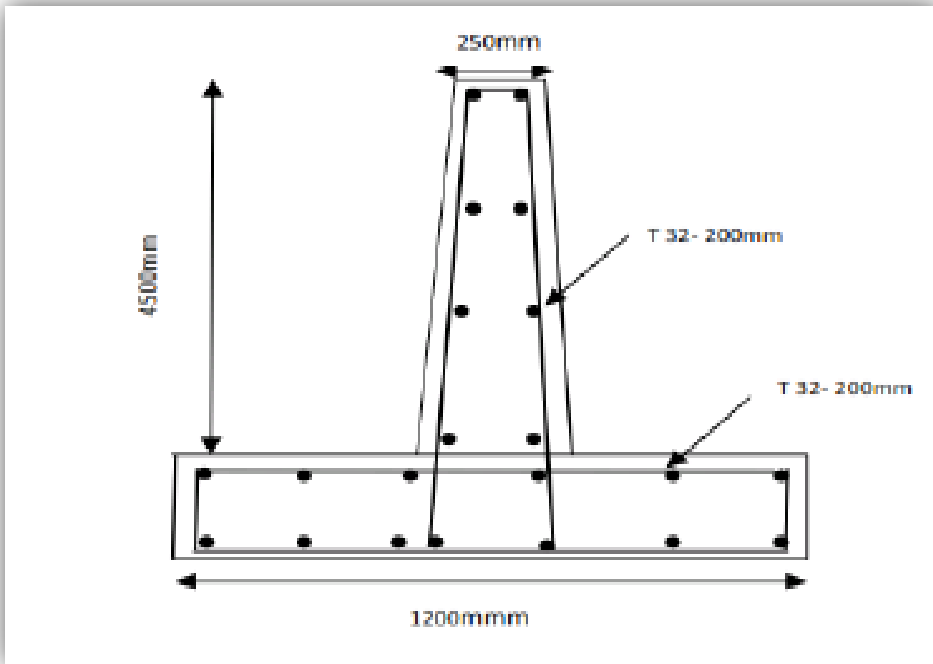
وقد تمت دراسة المدى الانفجاري للقنبلة على أساس قدرة تحميل المركبة وهذا واضح في الجدول (1). ويظهر في الشكل (4) توزُّع المقاييس الأربعة التي وُضعت على مسافات متساوية وهي 1.5m.

الجدول (1): حجم القنبلة [1].

القنبلة	وزن المادة المتفجرة (kg)
قنبلة تُحمل باليد	5
تُحمل على دراجة نارية	50
تُحمل في سيارة	400
تُحمل في شاحنة	1500



الشكل (4): مواقع المقاييس



الشكل (5): التفاصيل الهندسية للحاجز الانفجاري الخرساني المسلح [1].

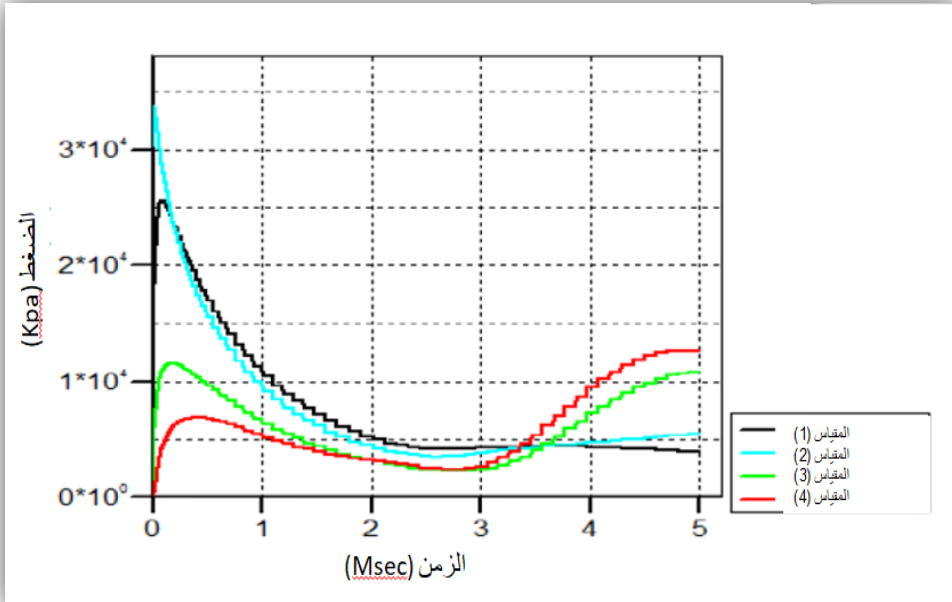
وكل جزء من البنية الخرسانية المسلحة قد تمت دراسته بشكل مفصل وفق نموذج تكويني مناسب، حيث كانت كثافات الحاجز الخرساني المسلح (الخرسانة: 2750 kg/m^3 ، الفولاذ: 7900 kg/m^3 ، الشحنة المتفجرة من مادة TNT: 1630 kg/m^3 ،

الهواء: 1.225 kg/m^3). وقد كانت مُعاملات القص التي سُجّلت للخرسانة والفولاذ هي 16700 و 80000 MPa على التوالي .

نتائج البحث:

1- من أجل شحنة متفجرة بوزن 50kg:

بالنسبة لشحنة متفجرة بوزن 50kg، فإن الضغط الأعظمي عند المقياس 2 يساوي 33.8 MPa في الزمن 0.06msec كما يبين الشكل (6).

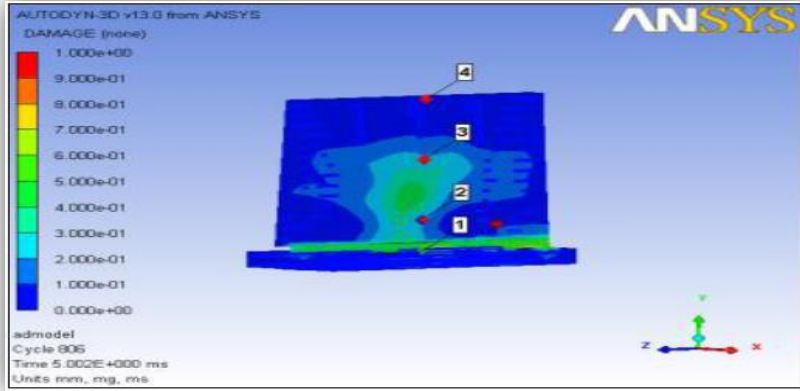


الشكل (6): مخطط بياني ضغط-زمن لشحنة متفجرة بوزن 50kg على 2m

عن حاجز في هجوم بدراجة نارية

مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية

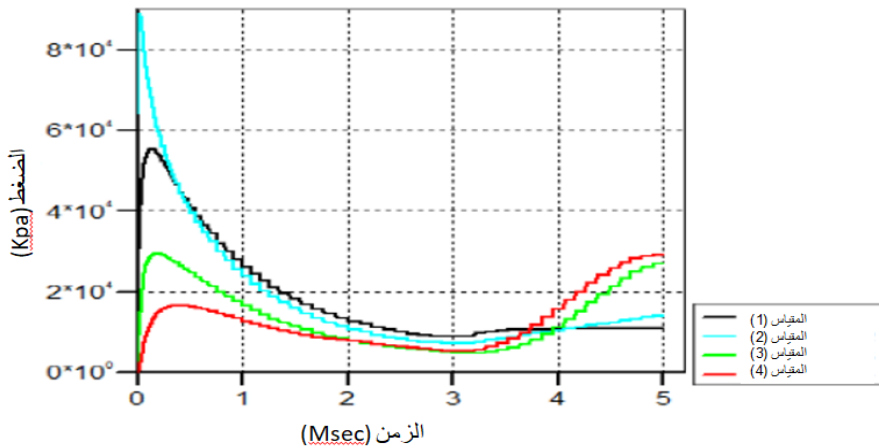
يوضح الشكل (7) نتائج المحاكاة للأضرار التي لحقت بالحاجز الخرساني، حيث وجد إن ضغط الانفجار تسبب فقط في أضرار طفيفة في منتصف و أسفل الحاجز، ومع ذلك الحاجز بقي سليماً.



الشكل (7): نتائج التضرر لهجوم بدرجاة نارية على الحاجز.

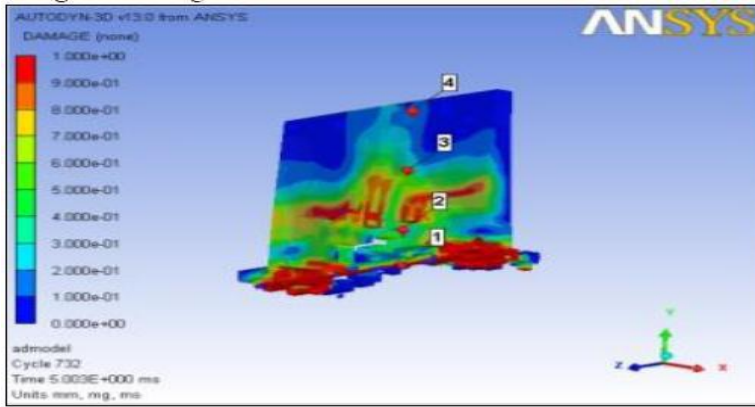
2- من أجل شحنة متفجرة بوزن 400kg:

وبالنسبة لشحنة TNT بوزن 400kg فإن الضغط الأعظمي عند المقياس 2 يساوي 89 MPa في الزمن 0.025 msec كما مبين في الشكل (8).



الشكل(8): مخطط بياني ضغط زمن لشحنة متفجرة بوزن 400kg على بُعد 2m عن الحاجز بهجوم بسيارة مُفخخة.

يوضح الشكل(9)الأضرار التي لحقت بمركز وأسفل الحاجز حيث تسبب ارتفاع الضغط الناتج عن التفجير في إنهيار أجزاء من الجدار ، لذلك فإن المباني المحمية بمثل هذا الحاجز تتعرض لأضرار جسيمة، بالإضافة إلى ذلك فقد يتسبب الحطام المتطاير نتيجة الانفجار في إصابة الأشخاص في المنطقة المحيطة.

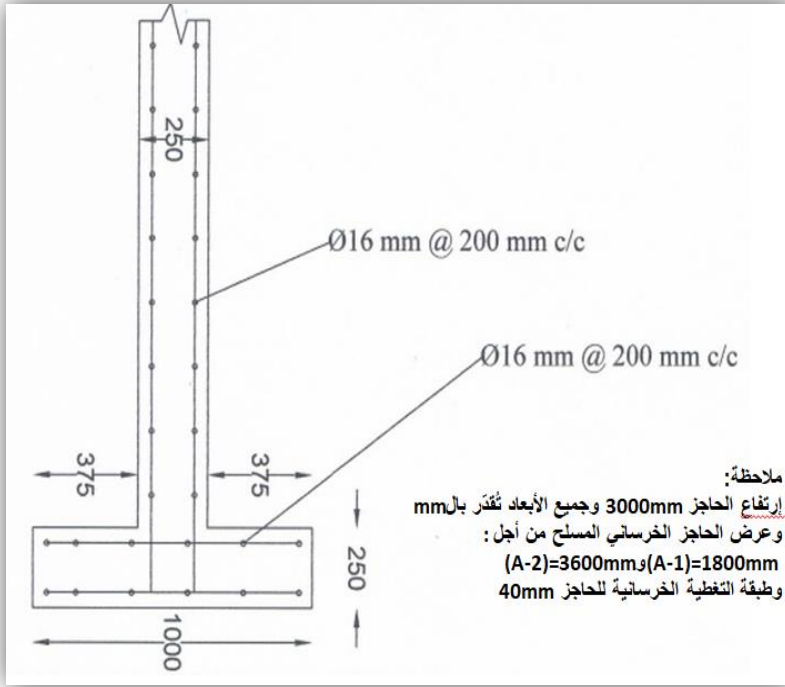


الشكل(9): نتائج الأضرار للهجوم بشحنة ناسفة في سيارة على حاجز انفجاري.

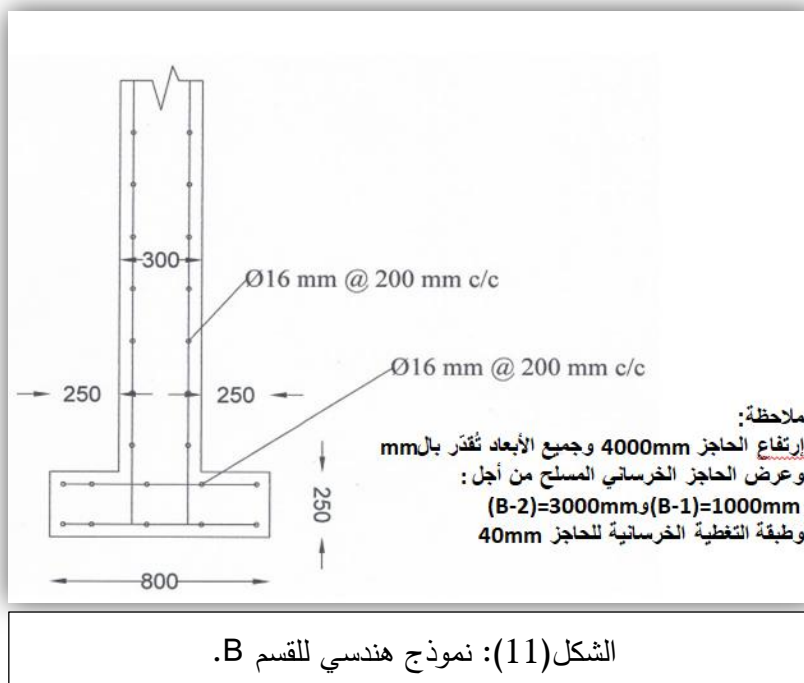
6-الدراسة التحليلية:

6-1-خصائص النماذج المدروسة:

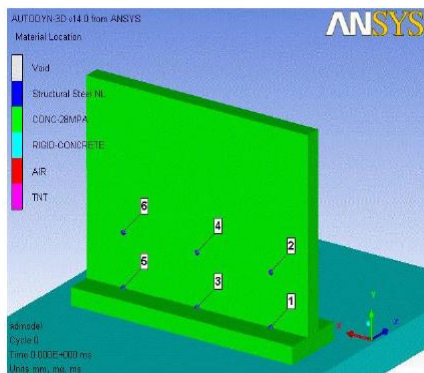
يوجد قسمين للحاجز (A و B) وكل قسم له عَرْضَيْن مختلفَيْن، حيث عرض (A-1) = 1800 mm و (A-2) = 3600 mm و (B-1) = 1000 mm و (B-2) = 3000 mm كما هو موضَّح في الشكلين (10) و(11).



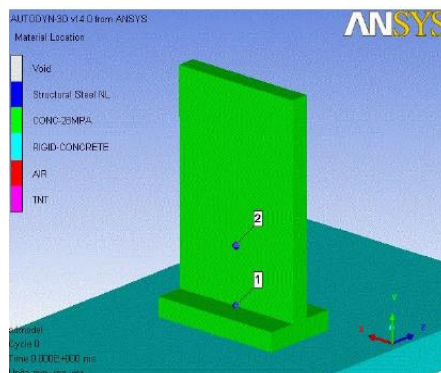
الشكل (10): نموذج هندسي للقسم A.



يُظهر الشكل (12) و(13) تفاصيل نقاط المقاييس التي وضعت على الوجه الأمامي للحاجز الخرساني المسلح للقسم A و B.

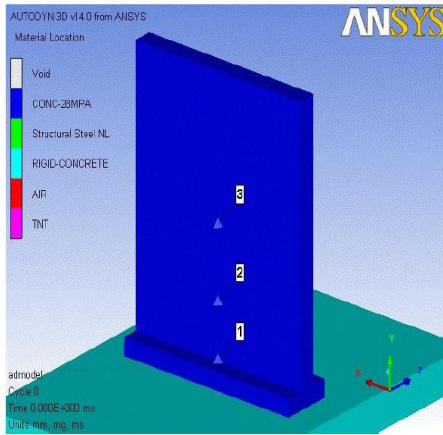


القسم (b) A-2

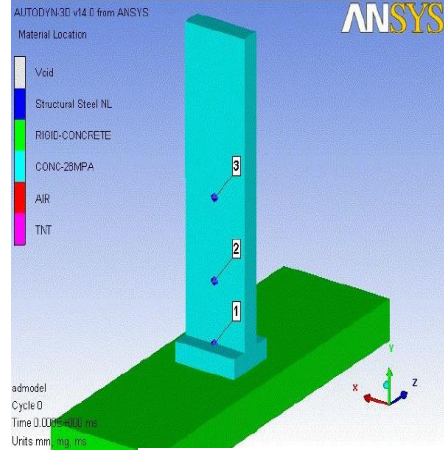


القسم (a) A-1

الشكل (12): تفاصيل نقاط القياس للقسم A.



القسم (b) B-2



القسم (a) B-1

الشكل (13): تفاصيل نقاط القياس للقسم B.

إن المسافة المفترضة بين الوجه الأمامي للحاجز الخرساني المسلح للحالات (A-1) و (A-2) و (B-1) و (B-2) ومركز شحنة الـ TNT تساوي 2500mm، وارتفاع شحنة الـ TNT عن سطح الأرض تساوي 1000mm.

6-2- نتائج التحليل:

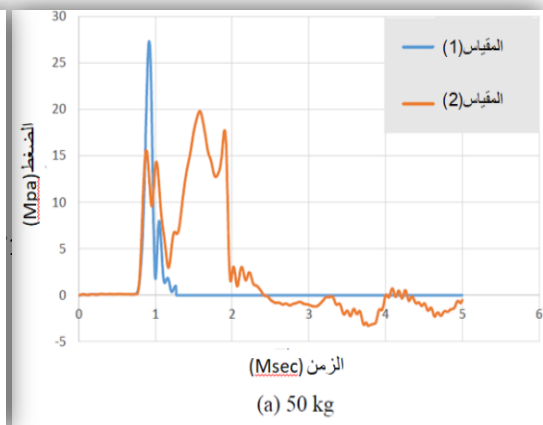
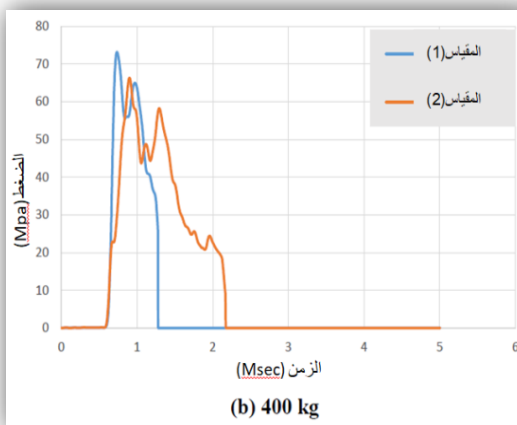
إن النتائج في هذه الدراسة التي نتجت باستخدام برنامج ANSYS 14 تركز على ثلاث ميزات (الضغط والإنزياح ومستوى الضرر) للحاجز الخرساني المسلح وهذا سيوضح بالتفصيل لاحقاً.

وقد تم توضيح إستجابة الضغط الأعظمي وقرءات الإنزياح الأعظمي في الجدول (2) من أجل الحاجز الخرساني المسلح وهي تُعبّر عن نقاط القياس التي وُضعت على الوجه الأمامي من الحاجز الخرساني المسلح.

الجدول(2): مقارنة الضغط الأعظمي والانزياح بين الحالات المدروسة.

ثخانة الحاجز = 300mm		ثخانة الحاجز = 250mm		ثخانة الحاجز = 300mm		ثخانة الحاجز = 250mm		المؤشرات
ارتفاع الحاجز = 4000mm		ارتفاع الحاجز = 3000mm		ارتفاع الحاجز = 4000mm		ارتفاع الحاجز = 3000mm		
العرض 3000mm	العرض 1000mm	العرض 3600mm	العرض 1800mm	العرض 3600mm	العرض 1800mm	العرض 3600mm	العرض 1800mm	
الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 1 أثناء الانزياح الأعظمي عند نقطة القياس رقم 2	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 1 أثناء الانزياح الأعظمي عند نقطة القياس رقم 2	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 3 أثناء الانزياح الأعظمي عند المقياس رقم 4	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 1 أثناء الانزياح الأعظمي عند نقطة القياس رقم 2	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 3 أثناء الانزياح الأعظمي عند المقياس رقم 4	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 1 أثناء الانزياح الأعظمي عند نقطة القياس رقم 2	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 3 أثناء الانزياح الأعظمي عند المقياس رقم 4	الضغط الأعظمي عند نقطة القياس رقم 1 أثناء الانزياح الأعظمي عند نقطة القياس رقم 2	القيم الأعظمية عند نقاط القياس
400	50	400	50	400	50	400	50	وزن شحنة الـ TNT (kg)
65.955	18.476	226.35	80.177	67.918	27.33	73.154	27.327	الضغط الأعظمي، mpa
245.97	45.859	773.46	109.88	390.66	61.811	402.62	81.107	الانزياح الأعظمي، mm

عندما كان عرض الحاجز الخرساني المسلح يساوي 1800mm، كان الضغط الأعظمي يساوي ما بين (27.327 و 73.154 MPa لشحنة 50kg و 400kg TNT

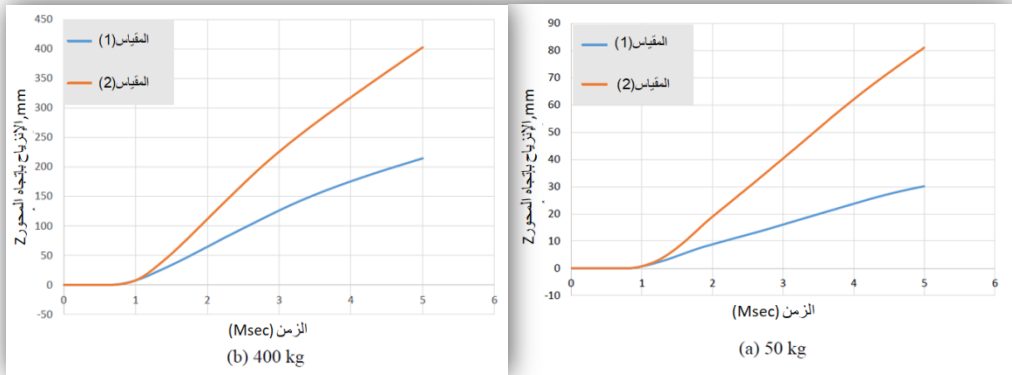


مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية

على التوالي والتي سُجِّلت عند المقياس رقم 1 في حالتَي أوزان الشحنة كما هو واضح في الشكل (14).

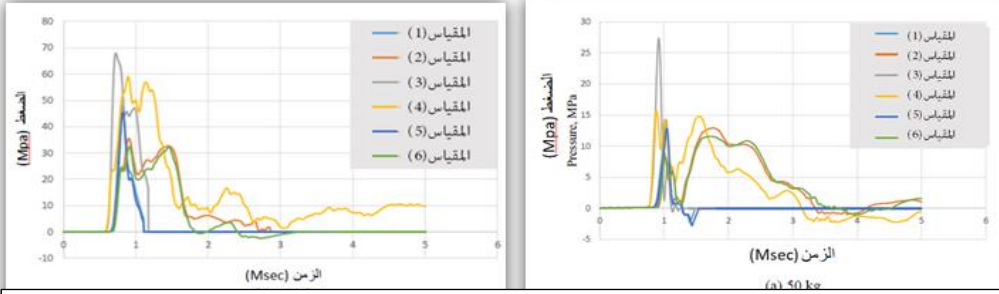
الشكل (14): تسجيل بياني ضغط-زمن للنموذج (A-1) المُعرَّض لشحنة متفجرة من الـ TNT 50kg و 400kg.

أما بالنسبة للإنزياح؛ فقد سُجِّل الانزياح الأعظمي 81.107mm و 402.620 لشحنة TNT 50kg و 400kg على التوالي عند المقياس رقم 2 حيث أن المقياس رقم 2 قد وُضِع عند نفس ارتفاع شحنات الـ TNT كما هو واضح في



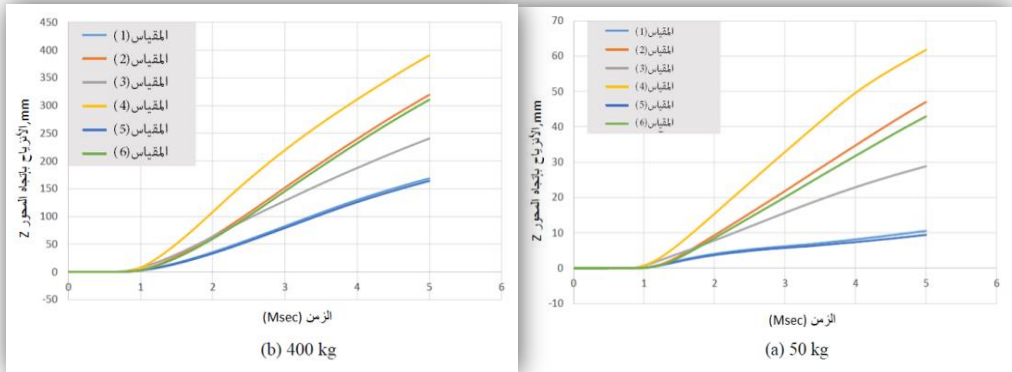
الشكل (15): تسجيل بياني انزياح-زمن للنموذج A-1 المُعرَّض لانفجار شحنة TNT 50kg و 400kg.

في حالة العرض 3600mm ، للحاجز الخرساني المسلَّح، كان الضغط الأعظمي يساوي ما بين 27.330 و 67.918 MPa لشحنتي الـ TNT 50kg و 400kg على التوالي وذلك حسبما سُجِّل في المقياس رقم 3 في حالتَي وزني الشحنة كما هو واضح في الشكل (16).



الشكل (16): تسجيل بياني ضغط - زمن للنموذج (A-2) المُعرض لتفجير TNT بأوزان شحنة 50kg و 400kg.

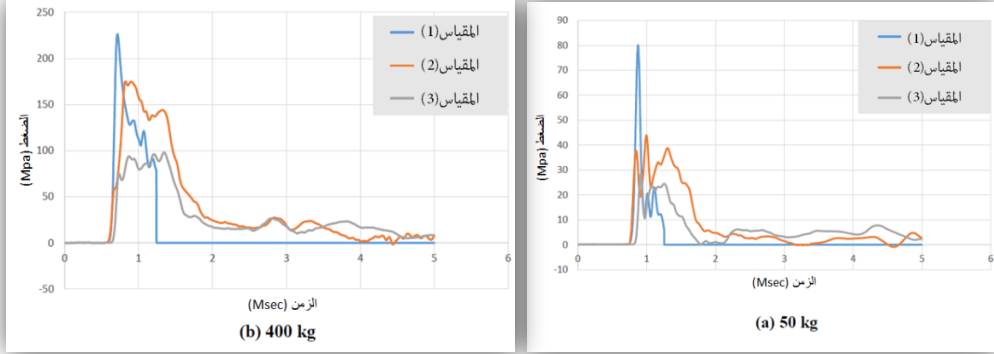
وبالنسبة للانزياح الأعظمي كان (61.811 و 390.660)mm لشحنة الـ TNT و 50kg و 400kg على التوالي قد سُجِّلت عند المقياس رقم 4 حيث كان المقياس عند نفس ارتفاع شحنتي الـ TNT كما هو ظاهرٌ في الشكل (17).



الشكل (17): تسجيل بياني انزياح- زمن للنموذج A-2 المُعرض لانفجار TNT بوزن 50kg و 400kg.

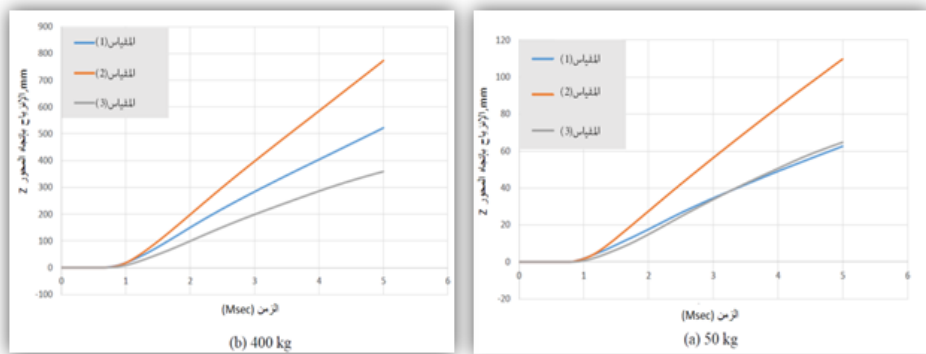
مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية

عندما كان العرض 1000mm للحاجز الخرساني المسلح؛ كان الضغط الأعظمي يساوي (80.177 و 226.350) MPa لشحنة TNT 50kg و 400kg على التوالي والتي سُجِّلت عند المقياس رقم 1 في حالتَي وزنيّ الشحنة كما هو واضح في



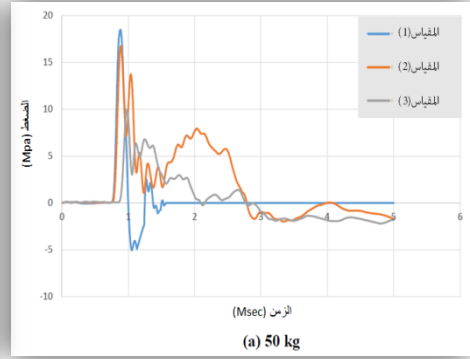
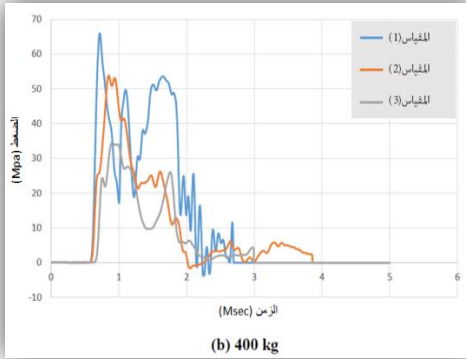
الشكل (18): تسجيل بياني ضغط-زمن لنموذج B-1 المُعرَّض لشحنة TNT 50kg و 400kg.

وقيمة الإنزياح الأعظمي (109.88 و 773.46) mm لشحنتي الـ 50kg TNT و 400kg على التوالي قد سُجِّل عند المقياس رقم 2 حيث يوجد المقياس رقم 2 على نفس ارتفاع شحنتي الـ TNT كما هو واضح في الشكل (19).



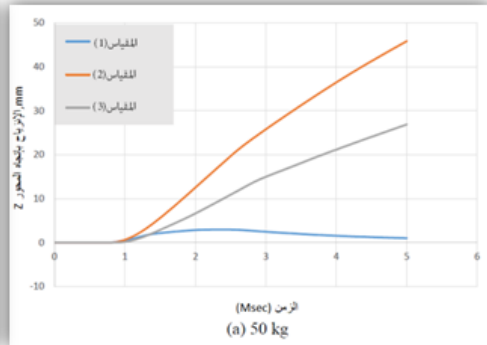
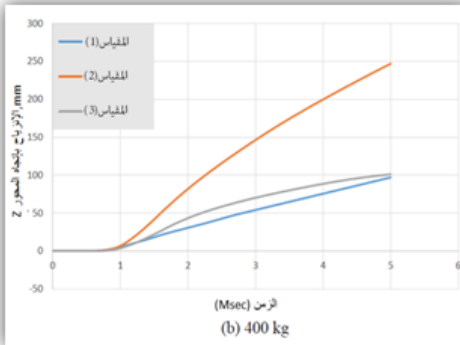
الشكل (19): تسجيل بياني انزياح-زمن لنموذج (B-1) المُعرَّض لانفجار TNT بوزن 50kg و 400kg.

وعندما كان العرض 3000mm للحاجز الخرساني المُسلَّح، كان الضغط الأعظمي مساوياً لـ 18.476 و 65.955 MPa لشحنتي الـ 50kg و 400kg على التوالي والتي سُجِّلت عند المقياس رقم 1 في حالتَي وزني الشحنة المتفجرة كما هو واضح في الشكل (20).



الشكل (20): تسجيل بياني ضغط - زمن للنموذج B-2 المعرض لشحنتي انفجار TNT بأوزان 50kg و 400kg.

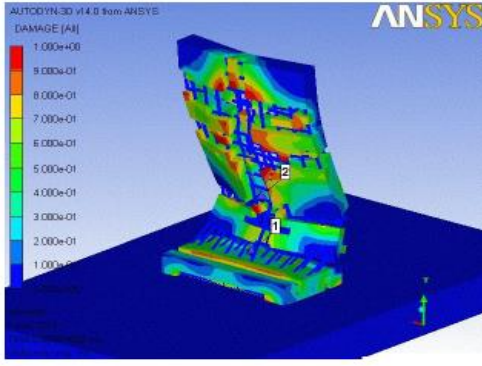
وبالنسبة للانزياح فإن الانزياح الأعظمي 45.859 و 246.970 mm لوزن شحنة الـ 50kg و 400kg قد سُجِّل عند المقياس رقم 2 حيث كان المقياس رقم 1 عند نفس ارتفاع شحنتي الـ TNT كما هو واضح في الشكل (21).



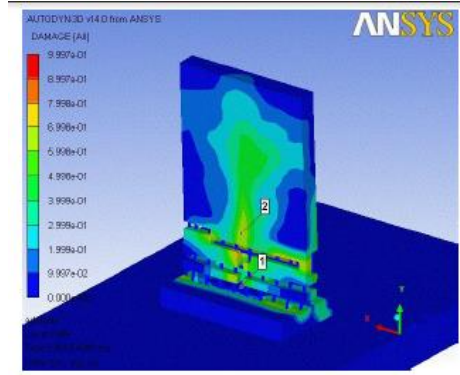
مقاومة الحواجز الخرسانية المسلحة للأحمال الانفجارية

الشكل (21): تسجيل بياني انزياح-زمن لنموذج (B-2) المُعرَّض لانفجار TNT بوزن 400kg و 50kg.

إن مستوى التضرر الذي نشأ في هذا التحليل موضَّح في درجة فشل الحواجز الخرسانية المسلحة لأربع حالات من الحواجز وكل ذلك موضَّح بشكل مُفصَّل في الأشكال (22) و (23) و (24) و (25). وتدل القيمة صفر إلى التضرر الصفري في حين أن القيمة 1 تدل على مستوى التضرر الأعظمي.

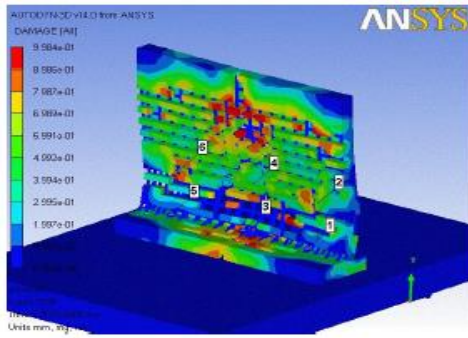


(b) 400 kg

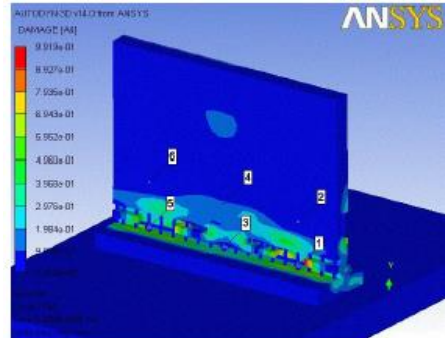


(a) 50 kg

الشكل (22): مستوى التضرر للنموذج (A-1) المُعرَّض لانفجار الـ TNT.

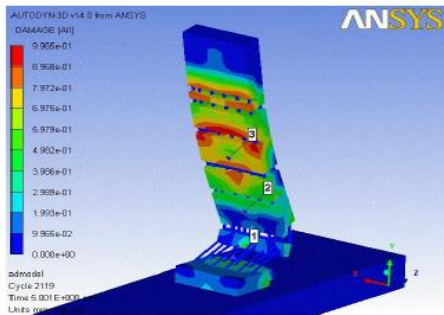


(b) 400 kg

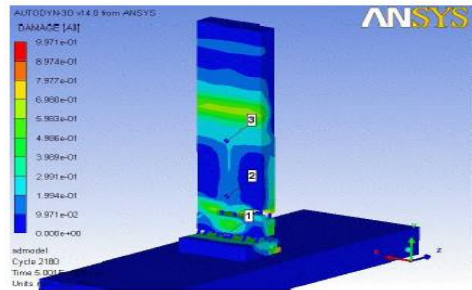


(a) 50 kg

الشكل (23): مستوى التضرر للنموذج (A-2) المعرض لانفجار الـ TNT.

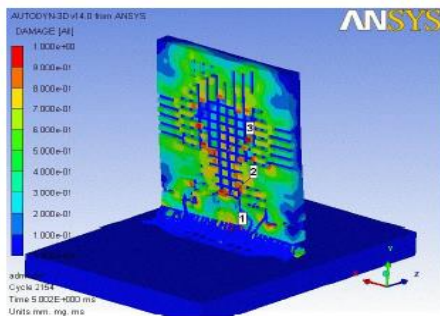


(b) 400 kg

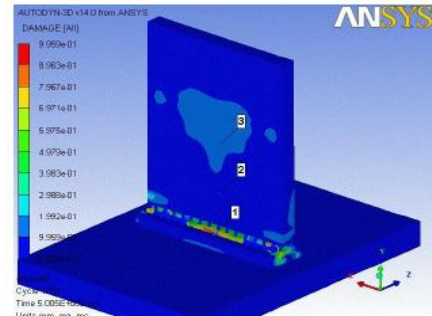


(a) 50 kg

الشكل (24): مستوى التضرر للنموذج (B-1) المعرض لانفجار الـ TNT.



(b) 400 kg

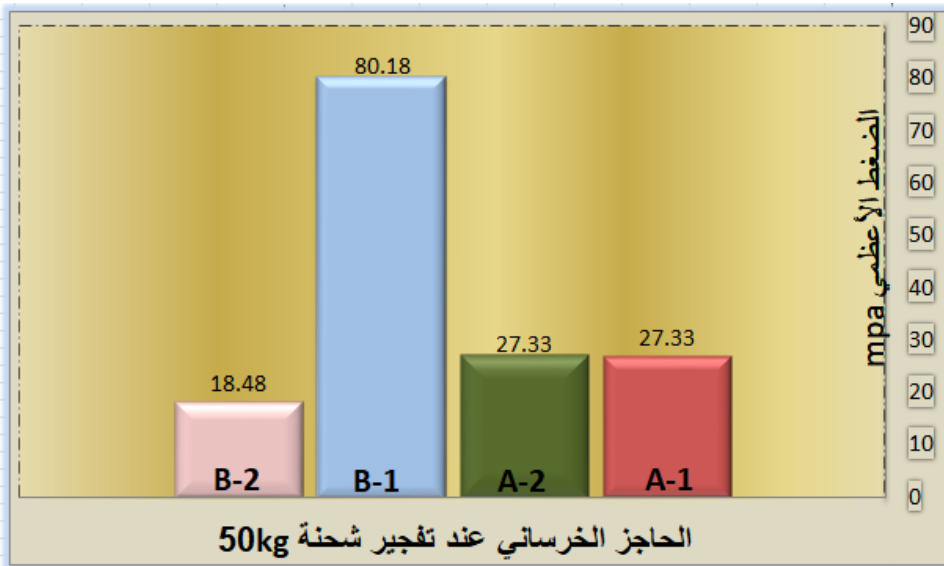


(a) 50 kg

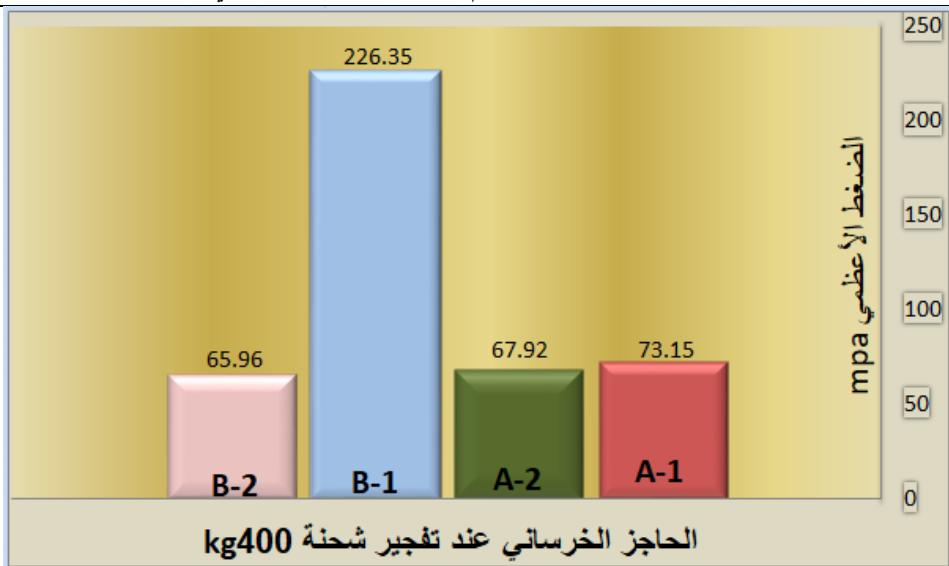
الشكل(25): مستوى التضرر للنموذج (B-2) المُعرض لانفجار الـ TNT.

المقارنة بين الحالات المدروسة :

يبين الشكلين (26)(27) مقارنة الضغط الأعظمي للنماذج المدروسة عند تفجير شحنة 50kg و400kg .



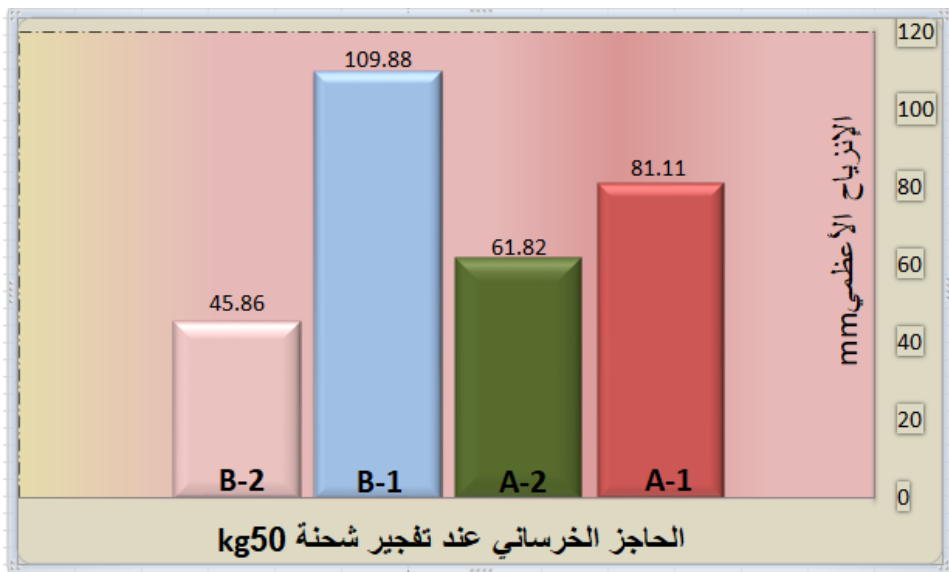
الشكل(26): قيم الضغط الأعظمي للحواجز (B-2), (B-1), (A-2), (A-1) عند تفجير شحنة 50kg.



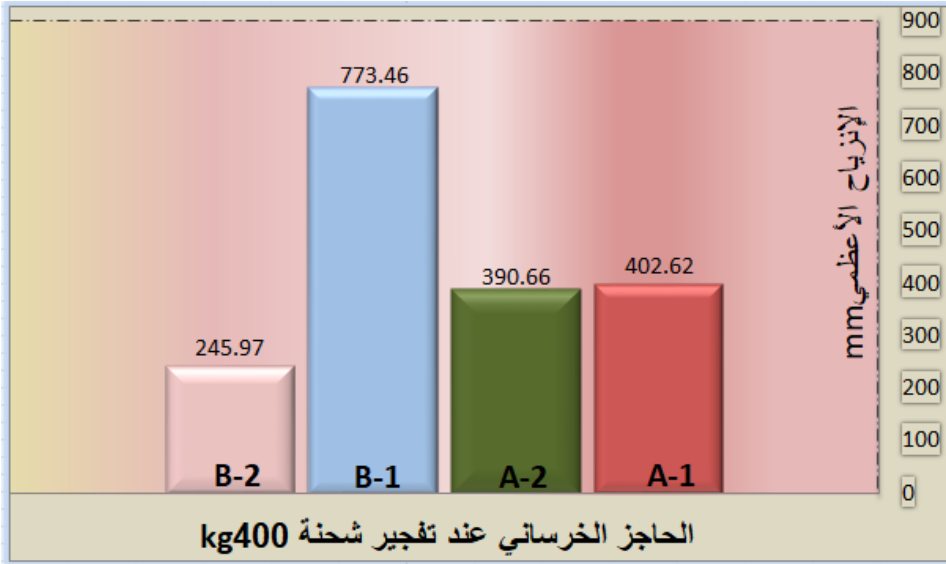
الشكل (27): قيم الضغط الأعظمي للحواجز (B-2), (B-1), (A-2), (A-1) عند تفجير شحنة 400kg.

وبين الشكليين (28) (29) مقارنة الإنزياح الأعظمي للنماذج المدروسة عند

تفجير شحنة 50kg و 400kg.



الشكل (28): قيم الإنزياح الأعظمي للحواجز (B-2), (B-1), (A-2), (A-1) عند تفجير شحنة 50kg.



الشكل (29): قيم الإنزياح الأعظمي للحواجز (A-1), (A-2), (B-1), (B-2) عند تفجير شحنة 400kg.

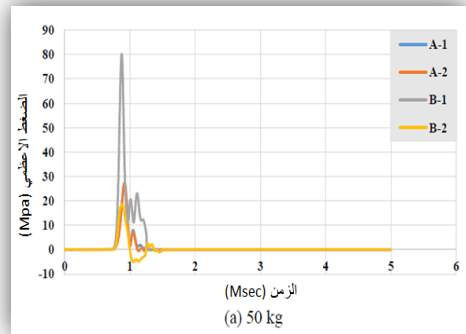
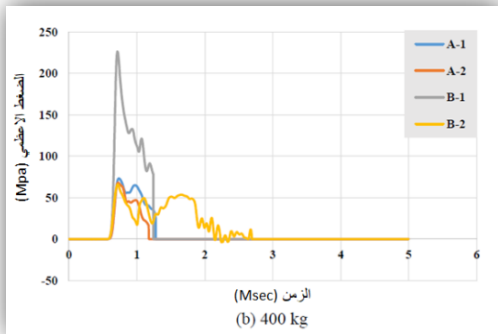
7- المناقشة:

- من النتائج التي حصلنا عليها من برنامج (ANSYS 14)، نلاحظ عدداً من النقاط التي يمكن أن نناقشها لتوضيح ما يلي:
- بالنسبة لحالات الحاجز الخرساني المسلح التي سُجّلت في هذه الدراسة فقد لوحظ بأنه عند زيادة قيمة شحنة الـ TNT ثمانية أضعاف فقد زان الضغط الأعظمي 2.5 ضعف لعرض الحواجز (1800 و 3600 و 1000) mm ، في حين أنه لُوِحِظ مع عرض الحاجز المساوي لـ 3000mm زيادة في الضغط الأعظمي 3.5 ضعف.
 - عند استخدام شحنة متفجرة من الـ TNT بوزن 50kg:
 - فإنه بالنسبة لثخانة (سماكة) الحاجز التي تساوي 250mm ، فإن زيادة عرض الحاجز ضعفين قد أدى لتناقص الانزياح الأعظمي بمقدار 1.3 ضعف. وبالنسبة لثخانة الحاجز

300mm، فإن زيادة عرض الحاجز 3 أضعاف قد أدى لتناقص الانزياح الأعظمي 2.4 ضعفاً.

▪ عند استخدام شحنة TNT متفجرة بوزن 400kg:
بالنسبة لثخانة حاجز تساوي 250mm ، فقد أدى زيادة عرض الحاجز ضعفين إلى تناقص الانزياح الأعظمي بـ 1.03 ضعف.
وبالنسبة لثخانة حاجز تساوي 300mm ، فقد أدى زيادة عرض الحاجز 3 أضعاف إلى تناقص الانزياح الأعظمي بمقدار 3.13 ضعف.

▪ عند ازدياد قيمة شحنة الـ TNT 8 أضعاف:
للحاجز بعرض 1800mm ؛ أزداد الانزياح الأعظمي بمقدار 5 أضعاف.
والحاجز بعرض 3600 mm ؛ أزداد الانزياح الأعظمي بمقدار 6.3 ضعف.
والحاجز بعرض 1000 mm ؛ أزداد الانزياح الأعظمي 7 أضعاف.
والحاجز بعرض 3000 mm ، فإن الانزياح الأعظمي قد تزايد بمقدار 5.4 ضعف.
▪ إن مستوى التضرر للحاجز الخرساني المسلح عند ارتفاع شحنة TNT كما يلي:
بالنسبة لثخانة الحاجز التي تساوي 250mm ، فإن زيادة عرض الحاجز الخرساني المسلح بمقدار 2 ضعف قد أدى إلى تناقص مستوى الضرر بمقدار 40%.
وبالنسبة لثخانة الحاجز التي تساوي 300mm، فإن زيادة عرض الحاجز الخرساني المسلح 3 أضعاف قد أدى إلى تناقص مستوى التضرر بمقدار 20% لشحنة TNT ذات وزن 50kg ، في حين أن شحنة الـ TNT ذات وزن الـ 400kg قد زادت مستوى التضرر بمقدار 70%.



8-الاستنتاجات:

لقد كان الهدف من هذه الدراسة تقييم سلوك الحواجز الخرسانية المُسلَّحة المُعرَّضة لِجَمَلِ انفجاري ناتج عن انفجار شحنة الـ TNT باستخدام برنامج (ANSYS 14) . ومن نتائج التحليل توصلنا للاستنتاجات التالية:

1- تبين بأن الضغط الانفجاري المؤثر على الوجه الأمامي للحاجز قد زاد مع تزايد وزن الشحنة المُتفجرة حيث لُوَظَ متوسط زيادة بمقدار ثلاثة أضعاف في ضغط الانفجار عندما زاد وزن الشحنة المتفجرة ثمانية أضعاف.

2- أن الزيادة في عرض الحاجز الخرساني المُسلَّح تؤدي إلى تناقص في الضغط الانفجاري كما سنوضح لاحقاً:

بالنسبة للحاجز ذو ثخانة تساوي 250mm، لُوَظَ بأن الضغط الأعظمي عند تفجير 50kg من شحنة الـ TNT لا يتغير بزيادة عرض الحاجز (يبقى بنفس القيمة)، في حين أنه مع شحنة متفجرة بوزن 400kg من الـ TNT، فقد لُوَظَ انخفاض بنسبة 7% في قيمة الضغط الانفجاري.

وبالنسبة للحاجز ذو ثخانة تساوي 300mm عند استخدام شحنة TNT بوزن 50kg ، فقد لوحظ تناقص بمقدار 77% في الضغط الانفجاري، ولكن عند استخدام شحنة TNT بوزن 400kg لوحظ تناقص بمقدار 70% في الضغط الانفجاري.

3- يشير التسجيل البياني انزياح -زمن إلى مظهر الانزياح الأعظمي في نقطة على الحاجز على نفس ارتفاع شحنة الـ TNT المتفجرة.

4- يتناقص الانزياح الأعظمي للحاجز الخرساني المُسلَّح مع الزيادة في عرض الحاجز، فالنسبة لثخانة الحاجز التي تساوي 250mm، فقد كان هناك تناقص بنسبة 24%(بالنسبة للانزياح السابق) عند استخدام شحنة TNT بوزن 50kg ، بينما كان هناك تناقص بنسبة 3% عند استخدام شحنة TNT بوزن 400kg.

وبالنسبة للحاجز ذو ثخانة تساوي 300mm كان هناك تناقص بنسبة 58% عند استخدام شحنة TNT بوزن 50kg بينما كان هناك تناقص بنسبة 68% عند استعمال شحنة TNT بوزن 400kg.

5- يزداد الانزياح الأعظمي للحاجز الخرساني المسلح مع ازدياد وزن شحنة TNT ؛ يزداد الإنزياح الاعظمي 5 أضعاف عند استخدام عرض حاجز يساوي 1800mm ، وحوالي 6.2mm عند استخدام عرض حاجز يساوي 3600mm ، و 7 مرات عند استخدام عرض حاجز يساوي 1000mm ، وحوالي 5.4mm عند استخدام عرض حاجز يساوي 3000mm .

6- إن الزيادة في عرض الحاجز الخرساني المسلح يؤدي إلى تناقص في مستوى تضرر الحاجز

9-التوصيات:

نقترح التوصيات التالية لأبحاث مستقبلية:

- 1- دراسة تأثير موقع شحنة ال TNT المتفجرة (من حيث بعدها عن الحاجز) على استجابة الحاجز الخرساني المسلح الناتجة عن حمل الانفجاري.
- 2- إن سلوك الحاجز الخرساني المسلح المثبت إلى الأرض يمكن أن يخضع للدراسة مستقبلاً.
- 3- دراسة تأثير ثخانة الحاجز الخرساني المسلح على مستوى التضرر للحاجز عندما يتعرض للحمل الانفجاري.

- 1– Mohammed Alias Yusof, Rafika Norhidayu Rosdi, Norazman Mohamad Nor, Ariffin Ismail, Mohammad Azani Yahya, Ng Choy Peng (2014). "SIMULATION OF REINFORCED CONCRETE BLAST WALL SUBJECTED TO AIR BLAST LOADING" Journal Asian Scientific Research, 4(9):522–533.
- 2– Rose, T.A., Smith, P.D. and Mays, G.C. (1995). " The effectiveness of walls designed for the protection of structures against air blast from high explosives." Proceedings of the institution of civil engineers, structures & building 110 .pp.78–85.
- 3– Rose, T.A., Smith, P.D. and Mays, G.C (1997). "Design charts relating to protection of structures against air blast from high explosives." Proceedings of the institution of civil engineers, structures and building 123, pp.186– 192.
- 4– Beyer, M.E. (1986). "Blast loads behind vertical walls." proceedings of the 22nd explosives safety seminar, Anaheim, CA: Department of Defence, Explosives Safety Board.
- 5– Timothy T. Garfield (2011). "Performance of reinforced concrete panels during blast loading. "Department of civil and Environmental Engineering, The University of Utah.
- 6– Katie Wheaton (May2005). " Blast assessment of load bearing reinforced concrete shear walls." Civil Engineering, Lehigh University.

- 7- Sih Ying Kong (2012) "Development of a high performance protective barrier utilizing non – composite steel – concrete steel panels" .University of Wollongong.
- 8- Jin FAN (April 2014) "Response of Reinforced Concrete Reservoir Walls Subjected to Blast Loading". University of Ottawa
- 9- Shatha Dh. M. Al-Khazrage, 1999 (DAYNAMIC ANALYSIS OF SUSPENSION BRIDGES UNDER THE EFFECT OF IMPULSIVE LOADING), M.Sc. Thesis, College of Engineering of University of Baghdad.
- 10- UFC 3-340-02, 2008 "Structures to resist the effects of accidental explosions" U.S. Army corps of engineers, Naval facilities engineering command (preparing activity) and Air force civil engineer support agency.
- 11- Vasilis KARLOS and George SOLOMOS, 2013 "Calculation of Blast Loads for Application to Structural Components" JRC TECHNICAL REPORTS.
- 12- Ray W. Clough and Joseph Penzien, 2003 "Dynamics of structures" third edition computers and structures, Inc. United States of America.
- 13- Remennikov, A.M. and Rose, T.A. (2007). "Predicting the effectiveness of blast wall barriers using neural network." International Journal of impact engineering 34, pp. 1907-1923.
- 14- Rose, T.A. , Smith, P.D. and Mays, G.C. (1998). "Protection of structures against airblast using barriers of limited robustness."

Proceedings of the institution of civil engineerings, structures & building 128, pp. 167–176.

15– Smith, P.D. (2010). “Blast walls for structural protection against high explosive threats: A review.” International Journal of protection structures1(1), pp. 67–84.

16– Cormie, D., Mays, G., and Smith, P.D. (2009). Blast effects on buildings 2nd edition, Thomas TELFORD. 17– STANAG 2280, 2008, Design threat levels and handover procedures for temporary protective structures. Brussels (BE): NATO standardization Agency.

17–STANAG 2280, 2008, Design threat levels and handover procedures for temporary protective structures. Brussels (BE): NATO standardization Agency.

18– ANSYS Manual version 14 (2011).

19– Herrmann, W (1969). “Constitutive Equation for the Dynamic Compaction of Ductile Porous Material”, J. Appl. Phys., 40, 6, pp 2490 – 2499, May 1969.

20– Butcher, B M, & Karnes, C H (1968). Sandia Labs. Res Rep. SC – RR –67 – 3040, Sandia Laboratory, Albuquerque, NM, April 1968.

21– Carroll, M M, & Holt, A C (1972). “Static and Dynamic Pore Collapse Relations for Ductile Porous Materials.” J. Appl. Phys., 43, 4, pp1626 et seq., 1972.

- 22–WJDAN DHAIF SAHI AL – FATLAWI “Experimental and Analytical Bond – Slip Relationships for Steel Reinforcement in Concrete” University of Baghdad 2008.
- 23– T. Ngo, P. Mendis, et al., 2007 “Blast loading and blast effects on structures” the University of Melbourne, Australia.
- 24– Donald O. Dusenberry, 2010 “Hand book for blast-resistant design of buildings” printed in united states of America.
- 25– Mays G. C. and P. D. Smith. 1995. Blast Effects on Buildings. London: Thomas Telford Publications.
- 26– Stability of Buildings, 1998, Institution of Structural Engineers.
- 27– W.M.C. McKenzie BSc, PhD, CPhys, MInstP, CEng. ”Design of Structural Elements” Teaching Fellow, Napier University, Edinburgh.

