



الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة الإنشائية

"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة

الحمولات الانفجارية"

طالب الدراسات العليا: ياسر يحيى الناصر

كلية: الهندسة المدنية - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: عبد الرحمن عيسى

**"Effect of column cross section shape in
resisting blast loads"**

"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة

"الحمولات الانفجارية"

طالب الدراسات العليا: ياسر يحيى الناصر كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

الدكتور المشرف: عبد الرحمن عيسى

ملخص البحث

مع التطور المتسارع لأنواع المتفجرات المختلفة وزيادة قدرتها التدميرية تم مؤخراً وفي أكثر دول العالم اعتبار أبحاث المتفجرات من الأبحاث الهامة لما لها من أهمية في التخفيف من الآثار الكارثية للانفجارات وبشكل خاص الخسائر في الأرواح البشرية من خلال حماية المنشآت الهندسية المختلفة ورفع كفاءتها لتحمل موجات الانفجار المفاجئة.

يقدم البحث فكرة عن سلوك الأعمدة البيتونية المسلحة وأشكال تشوهها وزيادة كفاءتها لمقاومة حمولة الانفجار وتخفيف الانتقالات الحاصلة فيها من خلال متغيرات عديدة تمت دراستها خلال البحث وهي (نسبة التسليح الطولي والعرضي وشكل المقطع العرضي للعمود.....).

تم دراسة عدة نماذج من الأعمدة (دائرية -مربعة-مستطيلة) بنسب تسليح مختلفة وتحليلها تحليلًا "ديناميكياً لاخطياً" باستخدام برنامج Abaqus اعتماداً على الكود الأمريكي لحساب متغيرات الشحنة المنفجرة ك(الضغط -الدفع الساقط -المنعكس - زمن وصول الموجة -زمن استمرار الطور الموجب والسالب -سرعة الموجة ...) باستخدام أوزان مختلفة من مادة الـ TNT شديدة الانفجار على بعد ثابت عن سطح العمود.

بعد الدراسة تمت مناقشة النتائج ومقارنة أشكال تشوه الأعمدة والانتقالات الحاصلة فيها والحمل الانفجاري الأقصى الذي يتحمله كل عمود.

كلمات مفتاحية: موجة الانفجار - عمود -انتقال-تشوه - نمذجة

"Effect of column cross section shape in resisting blast loads"

Summary

Researches on explosives are being considered of the most important topics in many countries, with the rapid development of blast materials types and the increase of their destructive capacity, due to their ability in reducing catastrophic explosions, especially the death toll, through protecting the engineering facilities and improving their ability to withstand the abrupt blast waves.

This study puts forward ideas about reinforced concrete columns behavior, their deformation, increasing their strength to withstand blast loading, and reducing displacement through changing the longitudinal and transversal reinforcement and through changing columns sections shape.

Different samples of square, rectangular, and circular columns sections were studied with different ratios of reinforcement. They have been analyzed using a dynamic non-linear analysis with Abaqus software according to US standards of the variations in explosive load, such as reverse and fallen pull and pressure, wave delivery time, negative and positive phase continuity time, and the speed of the waves. Different weights of the highly explosive TNT materials were used on a fixed distance from the surface of the column.

We discussed the results and compared the shapes of deformation for columns and their drifts, in addition to the ultimate blast load the column could withstand.

Key words:

Blast wave – column – displacement – deformation – modeling

1- مقدمة:

لقد اهتم الباحثون في السنوات الأخيرة بتقوية المنشآت وزيادة كفاءة عناصرها من أجل عدم انهيارها، وذلك من خلال رفع قدرة تحملها للحمولات المطبقة عليها، لتقاوم الجهود التي سيتعرض لها المنشأ بأمان كافٍ، وتحتاج الكثير من الأبنية خلال مراحل استثمارها للتدعيم والتقوية والدراسة الخاصة بسبب تغيير وظيفتها أو تضرر مواد بنائها نتيجة لمرور الزمن أو بسبب (تعرضها للحرائق -هزات أرضية -عيوب طارئة في التربة- حمولات مفاجئة كالانفجارات).

تسبب الانفجارات أضراراً بالغة بالمباني المحيطة بمركز الانفجار، وبشكل عام أخذ تصميم الانفجارات بعين الاعتبار للمنشآت الكيميائية والعسكرية بسبب ارتفاع المخاطر المؤثرة على هذا النوع من المنشآت، ولكن ارتفاع معدل الهجمات الإرهابية على مدى العقود القليلة الماضية أدى إلى تزايد المخاوف بشأن أداء المباني تحت تأثير الانفجار.

ومع تطور التقنيات الهندسية للأبنية، اهتم الباحثون في البحث الدائم عن أفضل المواد والطرق لرفع كفاءة عناصر المنشآت الخرسانية وخاصة الأعمدة التي تعتبر من أهم وأخطر العناصر الإنشائية في هذه المنشآت والتي قد يسبب انهيارها في كثير من الحالات انهيار المنشأ بالكامل.

2- هدف البحث:

- دراسة سلوك وأشكال انهيار الأعمدة البيتونية المسلحة المعرضة لحمولة الانفجار.
- دراسة تأثير تغيير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمولات الانفجارية.

- دراسة تأثير نسبة التسليح الطولي والعرضي في تحسين شكل تشوه الأعمدة الخاضعة لحمل انفجاري وزيادة مقاومتها.

3- مواد وطرق البحث:

لقد تم استخدام الطريقة التحليلية في البحث نظراً لصعوبة إجراء تجارب انفجار على الأعمدة البيتونية المسلحة لما فيها من خطورة وتكلفة عالية بالإضافة إلى أن تطور برامج النمذجة والتحليل الإنشائي مثل برنامج "Abaqus" جعل بالإمكان دراسة مثل هذه الحالات وبتنتائج مقارنة جداً للواقع.

تم نمذجة عدة نماذج من الأعمدة البيتونية المسلحة بنسب تسليح مختلفة وكذلك مقطع عرضي متغير الشكل "مستطيل ومربع ودائري" وتم تلخيص النماذج المدروسة في الجدول "1-3" وتم رسم طريقة توضعها كما في الشكل "1-3" وتفاصيل تسليحها كما في الشكل "2-3" تم اختيار سماكة الغطاء البيتوني $a=25\text{ mm}$ ومقاومة البيتون على عمر 28 يوم $F_c = 30\text{ Mpa}$ واجهاد الخضوع لفلواز التسليح الطولي 400 Mpa والعرضي 240 Mpa نسبة التحميل المحوري للأعمدة تبلغ 0.3 .

تم اختيار الأعمدة بحيث تكون قدرة تحملها متقاربة جداً ومساحة مقطعها العرضي كذلك، وذلك من أجل الوصول للاختيار الأفضل لشكل للمقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمل الانفجاري.

الأعمدة التي تم تحليلها هي أعمدة في الطابق الأرضي اتصالها مع القاعدة وثيقة ومع الطابق الأعلى اتصال مفصلي.

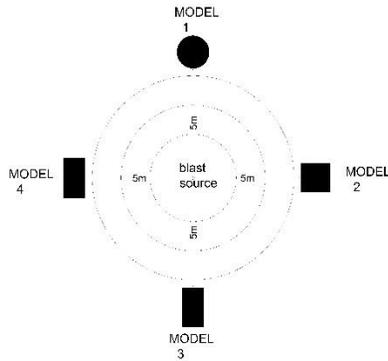
الانفجار الذي تم دراسته هو انفجار سطحي يعطي أخطر حالة بسبب حدوث تقوية لموجة الضغط عند انعكاسها عن السطوح.

تم استخدام برنامج ABAQUS V6.14-3 في النمذجة والتحليل واستخراج النتائج.

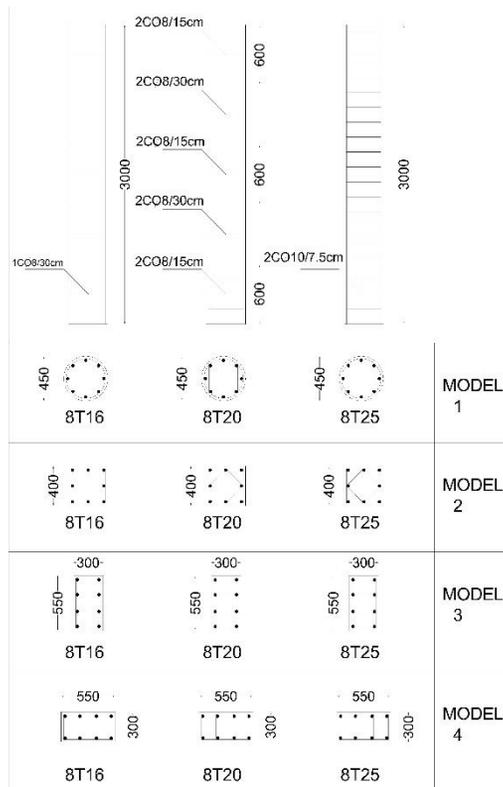
"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمولات الانفجارية"

الجدول 1-3 يوضح النماذج المدروسة

نسبة التحميل المحوري %	بعد الشحنة عن سطح العمود cm	حمولة الانفجار "Kg"	تسليح المقطع		أبعاد المقطع العرضي	ارتفاع العمود cm	النموذج	المجموعة
			التسليح العرضي	التسليح الطولي				
0.3	500	75	1CØ8/30cm	8T16	D=45 cm	300	C1-1-1	1
		75	2CØ8/15-30cm	8T20	D=45 cm	300	C1-2-1	
		75	2CØ10/7.5cm	8T25	D=45 cm	300	C1-3-1	
		100	1CØ8/30cm	8T16	D=45 cm	300	C1-1-2	
		100	2CØ8/15-30cm	8T20	D=45 cm	300	C1-2-2	
		100	2CØ10/7.5cm	8T25	D=45 cm	300	C1-3-2	
		150	1CØ8/30cm	8T16	D=45 cm	300	C1-1-3	
		150	2CØ8/15-30cm	8T20	D=45 cm	300	C1-2-3	
		150	2CØ10/7.5cm	8T25	D=45 cm	300	C1-3-3	
		200	1CØ8/30cm	8T16	D=45 cm	300	C1-1-4	
200	2CØ8/15-30cm	8T20	D=45 cm	300	C1-2-4			
200	2CØ10/7.5cm	8T25	D=45 cm	300	C1-3-4			
0.3	500	75	1CØ8/30cm	8T16	40*40 cm	300	C2-1-1	2
		75	2CØ8/15-30cm	8T20	40*40 cm	300	C2-2-1	
		75	2CØ10/7.5cm	8T25	40*40 cm	300	C2-3-1	
		100	1CØ8/30cm	8T16	40*40 cm	300	C2-1-2	
		100	2CØ8/15-30cm	8T20	40*40 cm	300	C2-2-2	
		100	2CØ10/7.5cm	8T25	40*40 cm	300	C2-3-2	
		150	1CØ8/30cm	8T16	40*40 cm	300	C2-1-3	
		150	2CØ8/15-30cm	8T20	40*40 cm	300	C2-2-3	
		150	2CØ10/7.5cm	8T25	40*40 cm	300	C2-3-3	
		200	1CØ8/30cm	8T16	40*40 cm	300	C2-1-4	
200	2CØ8/15-30cm	8T20	40*40 cm	300	C2-2-4			
200	2CØ10/7.5cm	8T25	40*40 cm	300	C2-3-4			
0.3	500	75	1CØ8/30cm	8T16	55*30 cm	300	C3-1-1	3
		75	2CØ8/15-30cm	8T20	55*30 cm	300	C3-2-1	
		75	2CØ10/7.5cm	8T25	55*30 cm	300	C3-3-1	
		100	1CØ8/30cm	8T16	55*30 cm	300	C3-1-2	
		100	2CØ8/15-30cm	8T20	55*30 cm	300	C3-2-2	
		100	2CØ10/7.5cm	8T25	55*30 cm	300	C3-3-2	
		150	1CØ8/30cm	8T16	55*30 cm	300	C3-1-3	
		150	2CØ8/15-30cm	8T20	55*30 cm	300	C3-2-3	
		150	2CØ10/7.5cm	8T25	55*30 cm	300	C3-3-3	
		200	1CØ8/30cm	8T16	55*30 cm	300	C3-1-4	
200	2CØ8/15-30cm	8T20	55*30 cm	300	C3-2-4			
200	2CØ10/7.5cm	8T25	55*30 cm	300	C3-3-4			
0.3	500	75	1CØ8/30cm	8T16	30*55 cm	300	C4-1-1	4
		75	2CØ8/15-30cm	8T20	30*55 cm	300	C4-2-1	
		75	2CØ10/7.5cm	8T25	30*55 cm	300	C4-3-1	
		100	1CØ8/30cm	8T16	30*55 cm	300	C4-1-2	
		100	2CØ8/15-30cm	8T20	30*55 cm	300	C4-2-2	
		100	2CØ10/7.5cm	8T25	30*55 cm	300	C4-3-2	
		150	1CØ8/30cm	8T16	30*55 cm	300	C4-1-3	
		150	2CØ8/15-30cm	8T20	30*55 cm	300	C4-2-3	
		150	2CØ10/7.5cm	8T25	30*55 cm	300	C4-3-3	
		150	1CØ8/30cm	8T16	30*55 cm	300	C4-1-4	
150	2CØ8/15-30cm	8T20	30*55 cm	300	C4-2-4			
150	2CØ10/7.5cm	8T25	30*55 cm	300	C4-3-4			



الشكل "1-3" يبين توضع نماذج الأعمدة بالنسبة للشحنة المتفجرة



الشكل "2-3" يبين تفصيل تسليح الأعمدة المدروسة

4- المعايير ووصف التجربة: [13]

للتأكد من صحة نتائج البرنامج، تم بناء نموذج تجريبي ومقارنته مع تجربة تم إجراؤها في قاعدة القوات الكندية في "أونتاريو" والموضحة في الشكل "1-4" [3].

يبين الجدول 1-4 المقارنة بين نتائج التجربة والنموذج التحليل في برنامج Abaqus حيث أعطت النتائج تقارب كبير في القيم بين الحالتين "التجريبية والتحليلية".

تم اختبار 16 عموداً من البيتون المسلح بأبعاد العمود (300×300×3000 m)

تسليحها الطولي 4T25 وسماكة الغطاء البيتوني $a=40\text{ mm}$

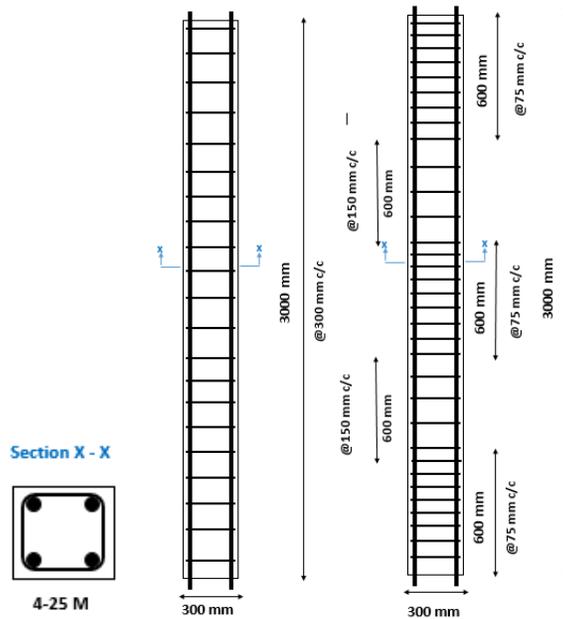
مقاومة البيتون بعد عمر 28 يوم $F_c = 41\text{ Mpa}$

واجهاد خضوع الفولاذ $F_y = 400\text{ Mpa}$

صممت ستة أعمدة لمبنى مفترض في منطقة شديدة الزلازل بتسليح عرضي بقطر 10 mm وتباعد 75 mm على طول المفصل اللدن الذي يبلغ 600 mm عند نقطتي الاستناد، وتباعد أساور التسليح العرضي بين منطقتي المفصل 150 mm وتم تخفيضها لـ 75 mm في منتصف العمود، ويبين الشكل (4-2-a) مقطعاً طولياً للأعمدة المصممة زلزالياً. بينما الأعمدة العشرة الأخرى نفذ تسليحها العرضي بتباعد 300 mm على كامل طول العمود والموضحة بالشكل (4-2-b)، وتم تطبيق حمولات محورية على ثلاث من هذه الأعمدة العشرة العادية مقابل نسبة تحميل محوري تبلغ 0.3 بتقنية الاجهاد المسبق.

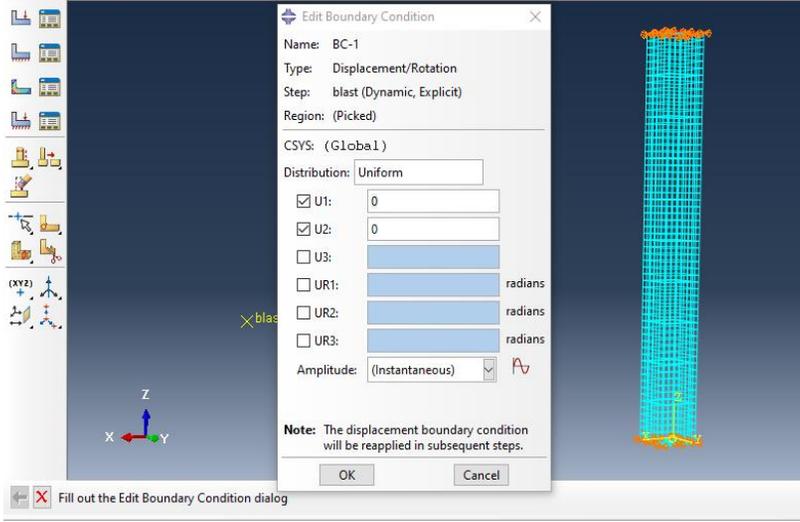


الشكل 4-1 التجربة التي تم اختبارها في قاعدة القوات الكندية في "أونتاريو" [3]

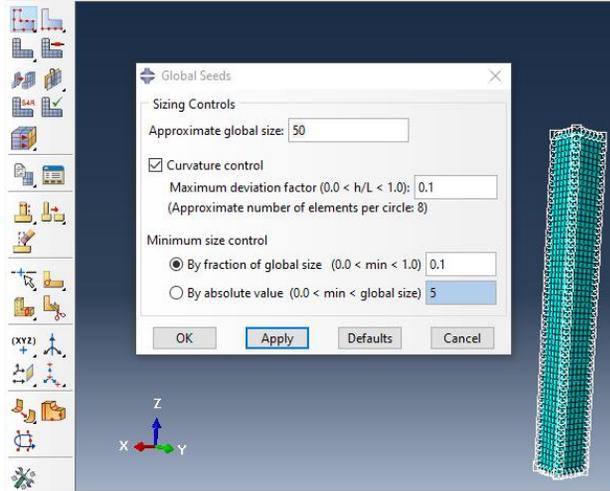


(a) مصممة زلزالياً (b) مصممة بشكل عادي

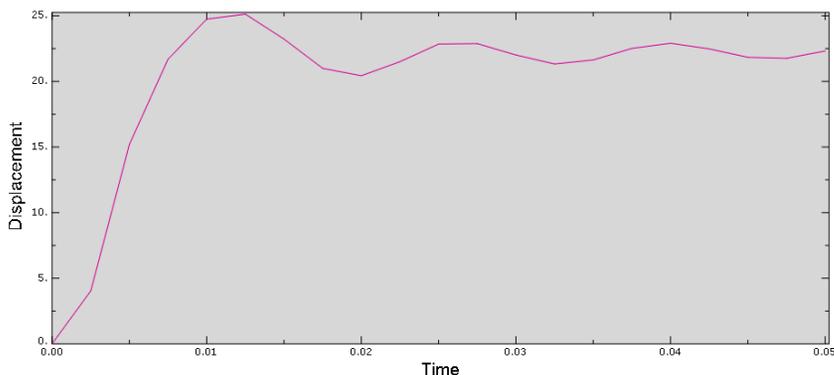
الشكل 4-2 تفاصيل تسليح الأعمدة العادية والزلزالية المستخدمة في التجربة



الشكل 4-3 نمذجة النموذج التجريبي في برنامج Abaqus



الشكل 4-4 الشبكة المستخدمة في التحليل



الشكل 4-5 مخطط انتقال-زمن للنموذج التجريبي الذي تم معايرته

الجدول 4-1 الفرق النسبي بين الدراسة التحليلية والتجريبية

	Experimental (mm)	FEM (mm)	الفرق النسبي) $\Delta\%$
Displacement	24.94	25.12	2.8 %

نلاحظ أن الفرق بين النتائج التجريبية والتحليلية لا يتجاوز الـ 5% وهي نسبة مقبولة.

5- تحليل النتائج:

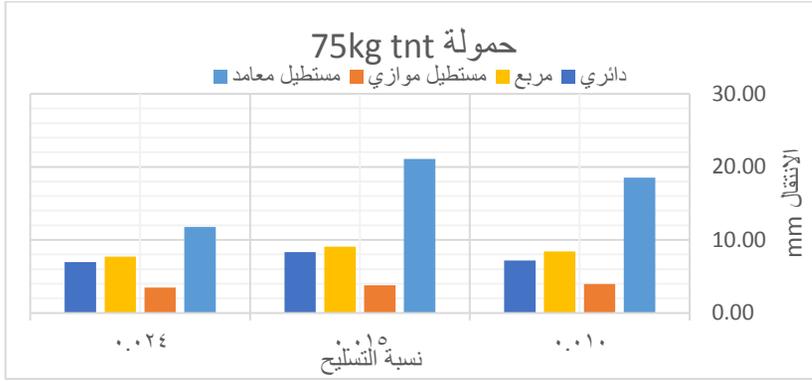
5-1 تأثير شكل المقطع العرضي للعمود على الانتقالات الحاصلة في العمود:

عند تعرض العمود لحمولة انفجار 75-100-150kg من مادة الـ TNT كانت أفضل حالة والتي أعطت أقل قيم انتقالات هي للعمود المستطيل الموازي لموجة الضغط يليه المقطع الدائري ثم المربع وأخيراً المقطع المستطيل المعامد لموجة الضغط والجدول 5-1 يبين قيم الانتقال الأعظمي والنسبي لكافة النماذج من أجل حمولة 75kg والجدول 5-2 من أجل حمولة 100kg والجدول 5-3 من أجل حمولة 150kg.

"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمولات الانفجارية"

الجدول 1-5 قيم الانتقال الأعظمي والنسبي من أجل حمولة TNT (75)kg

العمود	نموذج 1 دائري	نموذج 2 مربع	نموذج 3 مستطيل موازي	نموذج 4 مستطيل معامد	نسبة التسليح
الانتقال الأعظمي mm	7.17	8.42	3.94	18.54	0.010
نسبة الانتقال	81.88	113.60	0.00	370.58	0.010
الانتقال الأعظمي mm	8.32	9.07	3.76	21.10	0.015
نسبة الانتقال	121.42	141.21	0.00	461.34	0.015
الانتقال الأعظمي mm	6.95	7.71	3.46	11.78	0.024
نسبة الانتقال	101.06	123.03	0.00	240.49	0.024



الشكل 1-5 قيم الانتقال الأعظمي لحمولة (75)kg

الجدول 2-5 قيم الانتقال الأعظمي والنسبي من أجل حمولة TNT (100)kg

العمود	نموذج 1 دائري	نموذج 2 مربع	نموذج 3 مستطيل موازي	نموذج 4 مستطيل معامد	نسبة التسليح
الانتقال الأعظمي mm	10.00	15.44	6.17	35.61	0.010
نسبة الانتقال	153.74	291.85	56.67	803.87	0.010
الانتقال الأعظمي mm	12.08	14.74	5.32	27.23	0.015
نسبة الانتقال	126.94	176.94	0.00	411.51	0.015
الانتقال الأعظمي mm	9.22	11.14	4.53	17.38	0.024
نسبة الانتقال	166.66	222.16	30.91	402.59	0.024



الشكل 2-5 قيم الانتقال الأعظمي لحمولة 100kg

الجدول 3-5 قيم الانتقال الأعظمي والنسبي من أجل حمولة TNT (75)kg

نسبة التسليح	نموذج 4 مستطيل معامد	نموذج 3 مستطيل موازي	نموذج 2 مربع	نموذج 1 دائري	العمود
0.010	262.80	23.47	97.69	19.40	الانتقال الأعظمي mm
	6570.10	495.62	2379.46	392.31	نسبة الانتقال
0.015	84.38	14.82	40.38	20.49	الانتقال الأعظمي mm
	469.26	0.00	172.42	38.22	نسبة الانتقال
0.024	37.95	7.88	19.61	10.67	الانتقال الأعظمي mm
	381.63	0.00	148.92	35.44	نسبة الانتقال

"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمولات الانفجارية"



الشكل 3-5 قيم الانتقال الأعظمي لحمولة 150kg

وبالنتيجة لقد أعطى النموذج الثالث لشكل المقطع العرضي "مقطع مستطيل موازي لموجة الانفجار" أقل قيم للانتقالات في كافة حالات التسليح يليه المقطع الدائري ثم المقطع المربع وأخيرا المقطع المستطيل المتعامد مع موجة الانفجار.

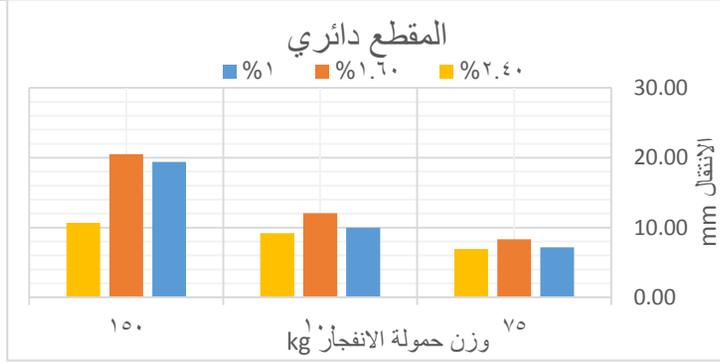
2-5 تأثير نسبة التسليح الطولي والتطويق العرضي على الانتقالات الحاصلة في

العمود:

عند تعرض نماذج الأعمدة المدروسة لحمولات انفجار بوزن 75-100-150kg من مادة الTNT وينسب تسليح مختلفة كانت أفضل حالة تسليح والتي أعطت أقل قيم انتقالات هي باستخدام تطويق عرضي للعمود ونسبة تسليح طولي 2.4% أما نسب التسليح الأخرى كانت القيم متباينة وفق الجدول 4-5 للنموذج الأول "دائري" والجدول 5-5 للنموذج الثاني "مربع" والجدول 6-5 للنموذج الثالث "مستطيل موازي" والجدول 7-5 للنموذج الرابع "مستطيل معامد"

الجدول (4-5) قيم الانتقال الأعظمي والنسبي للنموذج الأول "الدائري"

الحمولة kg	2.40	1.60	1.00	نسبة التسليح %
75.000	6.95	8.32	7.17	الانتقال الأعظمي mm
	-2.96	16.16	0.00	الانتقال النسبي %
100.000	9.22	12.08	10.00	الانتقال الأعظمي mm
	-7.75	20.83	0.00	الانتقال النسبي %
150.000	10.67	20.49	19.40	الانتقال الأعظمي mm
	-44.98	5.63	0.00	الانتقال النسبي %

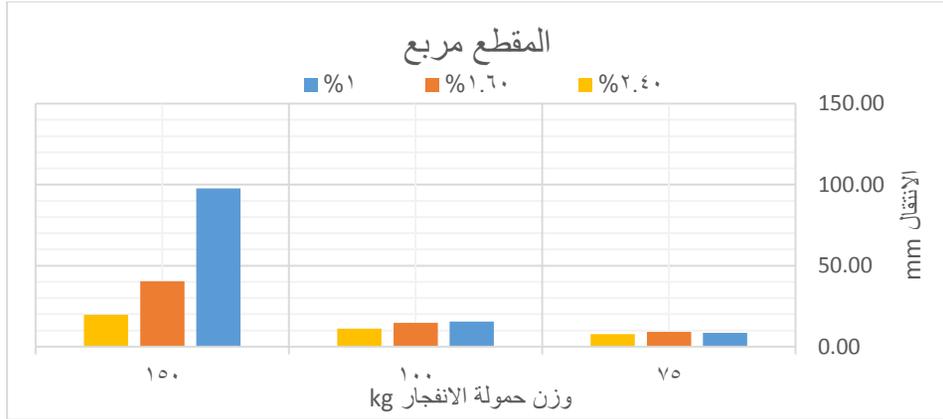


الشكل 4-5 قيم الانتقال الأعظمي للنموذج 1 الدائري

الجدول (5-5) قيم الانتقال الأعظمي والنسبي للنموذج الثاني "مربع"

الحمولة kg	2.40	1.60	1.00	نسبة التسليح %
75.000	7.71	9.07	8.42	الانتقال الأعظمي mm
	-8.34	7.75	0.00	الانتقال النسبي %
100.000	11.14	14.74	15.44	الانتقال الأعظمي mm
	-27.83	-4.52	0.00	الانتقال النسبي %
150.000	19.61	40.38	97.69	الانتقال الأعظمي mm
	-79.92	-58.66	0.00	الانتقال النسبي %

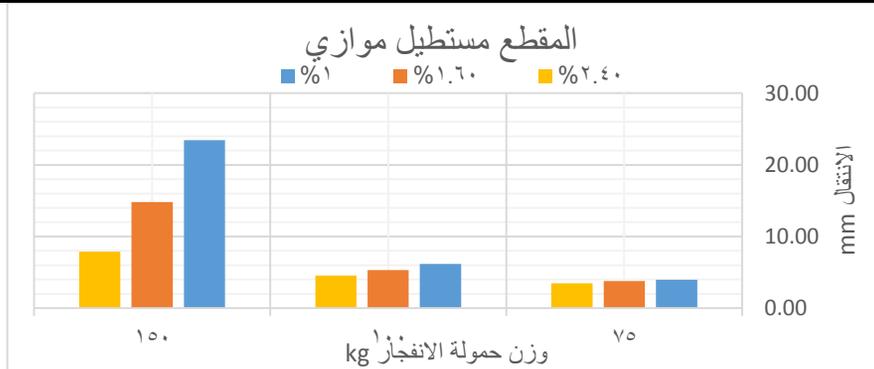
"تأثير شكل المقطع العرضي للعمود في مقاومة الحمولات الانفجارية"



الشكل 5-5 قيم الانتقال الأعظمي للنموذج 2 المربع

الجدول 5-6 قيم الانتقال الأعظمي والنسبي للنموذج الثالث

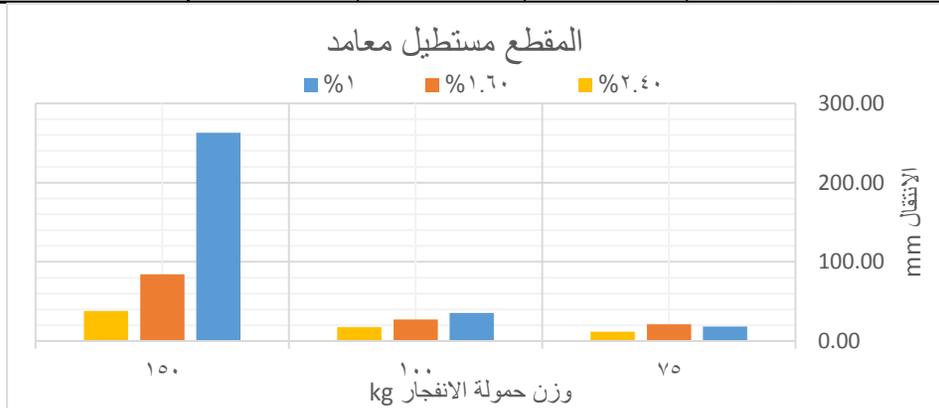
الحمولة kg	2.40	1.60	1.00	نسبة التسليح
75.000	3.46	3.76	3.94	الانتقال الأعظمي mm
	-12.22	-4.58	0.00	الانتقال النسبي %
100.000	4.53	5.32	6.17	الانتقال الأعظمي mm
	-26.65	-13.77	0.00	الانتقال النسبي %
150.000	7.88	14.82	23.47	الانتقال الأعظمي mm
	-66.42	-36.83	0.00	الانتقال النسبي %



الشكل 5-6 قيم الانتقال الأعظمي للنموذج 3 المستطيل الموازي

الجدول 5-7 قيم الانتقال الأعظمي والنسبي للنموذج الرابع

الحمولة	2.40	1.60	1.00	نسبة التسليح
75.000	11.78	21.10	18.54	الانتقال الأعظمي mm
	-36.48	13.82	0.00	الانتقال النسبي %
100.000	17.38	27.23	35.61	الانتقال الأعظمي mm
	-51.19	-23.55	0.00	الانتقال النسبي %
150.000	37.95	84.38	262.80	الانتقال الأعظمي mm
	-85.56	-67.89	0.00	الانتقال النسبي %



الشكل 5-7 قيم الانتقال الأعظمي للنموذج 4 المستطيل المعامد

وبالنتيجة: إن زيادة نسبة التسليح العرضي تقلل من قيم الانتقالات وخاصة عند استخدام التطويق العرضي للعمود.

6- النتائج والتوصيات:

1-6 النتائج:

- 1- بينت الدراسة أن أقل قيم انتقالات كانت باستخدام المقاطع المستطيلة بشكل موازي لموجة الانفجار بحيث يكون السطح المعرض للموجة أصغر ما يمكن
- 2- بينت الدراسة أنه لنسبة التسليح الطولي تأثير ضعيف في التقليل من قيم الانتقالات الحاصلة في العناصر وفي جميع الأحوال يجب ألا تقل عن 1.5% من مساحة المقطع البيتوني.
- 3- يجب استخدام التطويق العرضي وبشكل خاص في الطوابق السفلية وأعمدة الواجهات الأكثر تعرض للانفجار واستخدام أساور بقطر لا يقل عن 10mm وتباعدا لا يزيد عن 75mm.

2-5 التوصيات:

- 1- ضرورة دراسة تأثير مساحة المقطع العرضي العنصر على الانتقالات بالمقارنة مع قدرة التحمل.
- 2- ضرورة دراسة حالة المنشأ بعد تعرضه لموجة الانفجار وتقييم سلامته الإنشائية ودراسة حالات الانهيار نتيجة انهيار عمود أو أكثر.
- 3- دراسة تأثير مقاومة البيتون في تحمل الأعمدة البيتونية المسلحة لحمولات الانفجار.

المراجع المستخدمة:

العربية:

- 1-تصميم المنشآت المقاومة لحمولة الانفجار - د.م. عبد المنعم فودة-مكتبة الأنجلو المصرية -القاهرة 2011
 - 2- م.أحمد قزويني -دراسة استجابة المنشآت الهيكلية تحت تأثير الحمولات الانفجارية-جامعة دمشق 2010 - ص186
 - 3- م.محمد شاهين -نمذجة تأثير أحمال الانفجار على مبنى خرساني باستخدام برنامج LS_DYNA - الجامعة الإسلامية غزة - ص92
-

المراجع الأجنبية:

1. SOLOMOS , G ؛ KARLOS , V , 2013 , Calculation of Blast Loads for Application to Structural Components , European Laboratory for Structural Assessment , Italy .
2. THEJASWI , K.P؛ KULKARN, D.K, 2016, Effect of Different Bracing Systems on the Multi-story Building Subjected to Blast Loading, International Journal of Man Machine Interface, india, VOL .4 , 96 -102.
3. CONRAD , K 2014 , Effects of blast loading on seismically detailed reinforced concrete columns , Master's thesis , Carleton University Ottawa, Ontario , Canada