

دراسة سلوك الأعمدة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي المحاور والمنفذة بركام معاد تدويره

طالبة دراسات عليا (دكتوراه) المهندسة: بشرى درويش العكاري- قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث

بإشراف الدكتور المهندس: سليمان العامودي أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث

ملخص البحث:

يقدم هذا البحث دراسة سلوك الأعمدة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي المحاور، حيث أجريت الاختبارات على خلطات بيتونية بنسب استبدال 0% و 25% و 50% و 75% و 100% للركام المعاد تدويره وبهذا تم دراسة خمسة نماذج للأعمدة C0, C25, C50, C75, C100 وتم اعتماد ثلاث قيم للامركزية E1, E2, E3 وبمقارنة النتائج تبين أنه يمكن استخدام الركام المعاد تدويره والمفروز بشكل صحيح وفق تدرج حبي جيد يؤمن قابلية تشغيل جيدة وبضبط نسبة w/c مع إضافة ملدن، يمكن استخدامه في الأعمدة المعرضة لضغط لامركزي، حيث أثبتت التجارب تقارب الحمولة العظمى التي يتحملها العمود المرجعي مع الأعمدة التي استخدم فيها الركام المعاد تدويره بنسبة تتراوح 6-16% عند اللامركزية E2, E3

كلمات مفتاحية:

الركام المعاد تدويره، الركام الطبيعي، اللامركزية ثنائية المحاور، الاستبدال

Studying the Behavior of recycled Aggregate Concrete columns subjected to Bi- eccentric Pressure

Abstract

The behavior of recycled aggregate concrete columns subjected to Bi-eccentric pressure is studied during this research.

Concrete mixes with 0%- 25%- 50%- 75%- 100% recycled aggregate replacement ratio are tested to evaluate the results.

Thus, we had five pattern of columns which named C0,C25,C50,C75,C100 according to replacement ratio.

The five modules are subjected to three different available value of bi-eccentric pressure, that called E1, E2, E3.

According to the obtained results, it can be concluded that recycled aggregate concrete with concrete sorting, good grading, calibrated w/c ratio and plasticizer in addition, could be used to construct columns subjected to eccentric pressure.

Practical experiments showed a strong approximation between the maximum load value can be subjected to the referential column with the corresponding value of the recycled aggregate concrete columns with rate about 6-16% in E2,E3.

Key words:

Recycled aggregate, natural aggregate, Bi- eccentric Pressure, Replacement

دراسة سلوك الأعمدة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي

المحاور والمنفذ بركام معاد تدويره

1- مقدمة البحث:

يعتبر البيتون المسلح مادة الانشاء الأكثر أهمية في منطقتنا، الأمر الذي يستوجب تطوير هذه المادة سواءً بما يتعلق بأساليب الحصول عليها وتحسين خواصها أو طرق تنفيذ المنشآت المصنعة منها أو طرق تطوير الحساب. وهذه المحاور تشكل أساساً للبحث العلمي الخاص بالبيتون المسلح خاصة وأن المنشآت البيتونية المسلحة أثبتت كفاءة عملية في مختلف ظروف التشغيل وخاصة عند تعرضها للزلازل.

تشكل الأعمدة عنصراً إنشائياً مهماً في الجملة الإنشائية فانهارها قد يؤدي إلى انهيار المنشأ، وتخضع الأعمدة بشكل رئيسي لقوى محورية مع أو بدون عزوم، وتتضمن المراجع بشكل رئيسي تحليل الأعمدة [1] وتستخدم كودات التصميم الإنشائي عوامل أمان تكون كبيرة في حالة الضغط اللامركزي ثنائي المحاور وهذه الحالة تحدث في العديد من المنشآت حيث تنتقل عزوم نهايات الجوائز والأعصاب إلى الأعمدة الركنية في إطار المبنى في مستويين متعامدين، وفي بعض الحالات تخضع الأعمدة الداخلية لعزوم حول محورين إذا لم يكن العمود متوضعاً بشكل يجعله خاضعاً فقط لضغط مركزي.

نظراً للأوضاع التي عاشتها بلادنا وتراكم ركام الأبنية المهتمة أصبح التفكير جيداً بكيفية الاستفادة من الركام المعاد تدويره لتطبيق مبدأ التنمية المستدامة الذي يراود منه الحفاظ على الموارد الطبيعية والعمل في حدود الطاقة الاستيعابية للبيئة، وهنا تعددت الأبحاث التي تؤكد إمكانية استخدام الركام المدور في الأرضيات والطرق وبعض العناصر الإنشائية.

2- المشكلة العلمية ومبررات البحث:

يتطلب الواقع الحالي الاستفادة من ركام الأبنية في سوريا لإعادة الإعمار وتأمين مصدر لمواد البناء، وهذا يقتضي إجراء أبحاث لمعرفة مجال وإمكانية استخدام الركام المعاد تدويره في العناصر الإنشائية وخاصة الأعمدة والجوائز والبلاطات. لذا تمت الدراسة بإجراء تجارب على الأعمدة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي المحاور والتي نفذت من خلطات بيتونية يدخل فيها الركام المعاد تدويره بنسب مختلفة 25%، 50%، 75%، 100%

3- دراسة مرجعية:

سوف نستعرض بعض ما توصلت إليه الدراسات المرجعية المتعلقة بالركام المعاد تدويره وبعضها متعلق بالأعمدة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي المحاور:

- درس الباحث [2] تأثير التطويق على الأعمدة المعرضة إلى لامركزية ثنائية حيث درس الباحث أعمدة بأبعاد 20*20*80cm مع تاج علوي عبارة عن بلاطة ظرفية 50*50cm لنقل الحمولة بشكل لامركزي إلى العمود. وكانت المتغيرات نسبة التطويق وقيم اللامركزية، وتوصل الباحث إلى أنه بازدياد نسبة التطويق زادت الحمولة الأعظمية بنسبة 2-7% وتكون أوضح في اللامركزيات الصغيرة، وكذلك ازدادت المطاوعة بنسبة 5-14%
- درس الباحث [3] أثر الاستبدال بنسب 25%-50%-75%-100% للركام المعاد تدويره على مقاومة البيتون على الضغط والشد بالفلق والانعطاف وتوصل إلى أن المقاومة على الضغط تتخفف بمقدار 11%-18%-23%-28% على التوالي، أما على الشد بالانفلاق فقد انخفضت بمقدار 13%-20%-28%-30% على التوالي، وعلى الشد بالانعطاف انخفضت حوالي 12%-18%-24%-28% على الترتيب.
- درس الباحث [4] أعمدة مربعة تحت تأثير ضغط لامركزي أحادي المحور، وتوصل إلى أنه مع التوزيع الجيد للتسليح الطولي والمسند بتسليح عرضي

مقارب بنسبة حجمية 2.7% أعطت استجابات مطاوعة مع عدم نقصان في المقاومة، بينما من أجل نسبة حجمية للتسليح العرضي 1.3-1.5% كان هناك تغير في الانحناء الجانبي، وعند 2-2.5% نقصت المقاومة بمقدار 20% وهذا يؤكد الدور الهام لنسبة التسليح العرضي الحجمية.

- درس الباحث [5] أعمدة مربعة بأبعاد 300*300mm وطول 150mm ونسب استبدال (0-10-20-30-40-50-60-70-80) % وتوصل الباحث إلى تتناقص الحمولة الأعظمية التي يتحملها العمود بزيادة نسبة الاستبدال للركام المعاد تدويره، بينما تحسنت عندما كانت نسبة الاستبدال 50% وقد يعود هذا بسبب نسبة الخلط المتساوية بين الحصى والطبيعية والمدورة والتي أدت لخلق تدرج حبي جيد في الخلطة وأوصى بإجراء المزيد من الأبحاث للحصول على تفسير أكثر وضوحاً لذلك.

وتوصل إلى أن العينات من الركام المعاد تدويره أكثر ليونة من الركام الطبيعي، وأنه يمكن استخدام البيتون المعاد تدويره في المشاريع العملية.

- درس الباحث [6] أعمدة بأبعاد 400*400mm وطول 1800mm وينسب ركام معاد تدويره 0%-30%-60%-100% معرضة لضغط لامركزي وتوصل الباحث إلى أن المقاومة على الضغط تنخفض حوالي 6-8% بزيادة نسبة الاستبدال للحصى الخشنة المعاد تدويرها أما عند الاستبدال بحصى ناعمة فلم تتأثر المقاومة على الضغط، وأن نماذج التشققات نفسها لجميع العينات الطبيعي والمعاد تدويره بالنسب المختلفة، وأن السلوك الحاصل نفسه لذلك يمكن استخدام الركام المعاد تدويره في العناصر الخاضعة لضغط لامركزي.

نظراً لعشوائية الركام المعاد تدويره وعدم معرفة خصائص حصواته يجب إجراء أبحاث أكثر لتفسير آلية الانهيار وتغير المقاومة على الضغط والحمولة الأعظمية.

4- هدف البحث:

دراسة سلوك الأعمدة الخاضعة إلى لامركزية ثنائية والمنفذة من الركام المعاد تدويره حيث تم استخدام خمس خلطات بيتونية يتم استبدال الركام المعاد تدويره بالركام الطبيعي وفق النسب 0% و 25% و 50% و 75% و 100%، واعتماد ثلاث قيم للامركزية بالاتجاهين E1, E2, E3 ورسم مخطط (حمولة - انفعال) للأعمدة ومقارنتها مع الأعمدة المرجعية المنفذة من الركام الطبيعي.

5- مواد البحث وطرقه:

5-1- خصائص المواد المستخدمة:

استخدم الاسمنت البورتلاندي معمل طرطوس صنف 32.5 N، عيار 400kg/m³ في جميع الخلطات البيتونية، واستخدم الركام الطبيعي مع الركام المعاد تدويره بنسب استبدال 0%، 25%، 50%، 75%، 100% حيث قمنا بفرز الركام يدوياً على المناخل الموجودة في مخبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية كما في الشكل (1).



الشكل (1) الركام المعاد تدويره وطريقة فرزها على المناخل يدوياً

استخدمنا المناخل بأقطار (25 و 16 و 9.5 و 4.75 و 1.18) mm

اعتمدنا المكافئة التالية للأقطار من أجل الاستبدال:

25-16 mm يكافئ بحص فولي

16-9.5 mm يكافئ بحص عدسي

9.5-4.75 mm يكافئ زرادة خشنة

4.75-1.18 mm يكافئ زرادة ناعمة

ولم نستخدم النواع المارة من 1.18 بسبب امتصاصها العالي للماء كما أوصت الدراسات المرجعية [3]

تم تصميم الخلطة البيتونية ل 1m3 ذات عيار اسمنت 400kg/m3 ونسبة w/c=0.5 والتي تحقق شروط المواصفة ASTM C33 كما في الجدول (1)

الجدول (1) الخلطة البيتونية المعتمدة ل 1m3

	ماء	اسمنت	رمل	زراة	بحص عدسي	بحص فولي
الأوزان kg	200	400	183	653	564	470

تم صب عينات أسطوانية قطرها 15سم وارتفاعها 30سم مرجعية C0، ثم قمنا بالاستبدال وفق النسب 25%، 50%، 75%، 100% وتم صب 3عينات أسطوانية لكل نسبة استبدال C25، C50، C75، C100، وبإضافة ملدن مناسب (Daracem SP6® concrete superplasticiser) لتحسين قابلية التشغيل وفق النسب 0.5%، 1%، 1.5% و1% على الترتيب، ووضعت في حوض مائي مدة 27 يوم، وتم كسر العينات على عمر 28 يوم وكانت المقاومة الوسطية كما في الجدول (2):

الجدول (2) قيم وسطي المقاومة الأسطوانية المميزة f_c

الخلطة	f_c (Mpa)
C0	25.04
C25	25.91
C50	18.68
C75	18.61
C100	18.29

من الجدول نلاحظ أن الاستبدال بنسبة 25% لم يؤثر على المقاومة المميزة، أما عند الاستبدال بنسبة 50%، 75%، 100% فقد انخفضت المقاومة بالنسب 25.39%، 25.7%، 26.95% على الترتيب.

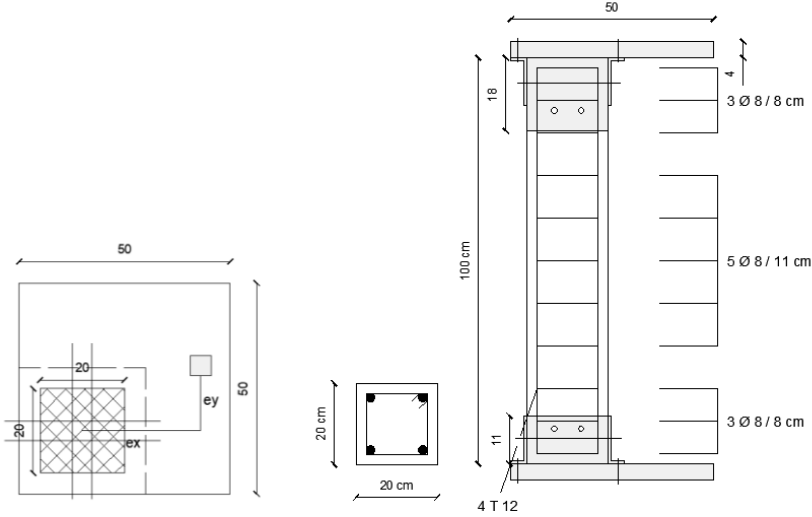
وأجريت تجارب الشد على الفولاذ المستخدم في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية على جهاز الشد ومن التجارب تم إيجاد إجهاد الخضوع الوسطي للفولاذ الطولي والأساور العرضية والنتائج لوسطي ثلاث عينات كما في الجدول (3)

الجدول (3) نتائج شد عينات فولاذ التسليح

إجهاد الانقطاع Mpa	إجهاد الخضوع Mpa	القوة الوسطية المطبقة kn		مقطع العينة mm ²	قطر العينة mm
		عند حد الانقطاع	عند حد المرونة		
633	518	7.2	5.9	113	12
976	678	4.95	3.45	50.27	8

5-2- الشكل الهندسي لعينات الاختبار:

نموذج الاختبار هو عمود طوله 1 m ومقطعه مربع بأبعاد 20*20cm مسلح بتسليح طولي 4T12 وأساور عرضية عددها 11 وقطرها 8cm مكثفة من الأعلى والأسفل كما في الشكل (2)



الشكل (2) تفصيل تسليح العمود والصفحة

ولتأمين انتقال الحمل بشكل لامركزي تم وضع صفحة معدنية بأبعاد 50*50*4cm من الأعلى والأسفل وتتصل معها زوايا معدنية بأبعاد 20*11*0.8cm و 20*18*0.8cm فيها ثقب محدثة بقطر 14mm وتباع 8cm توضع فيها براغي

عالية المقاومة عند التجربة وتحقق بمادة الايبوكسي لضمان التماسك التام، كما في الشكل(3)



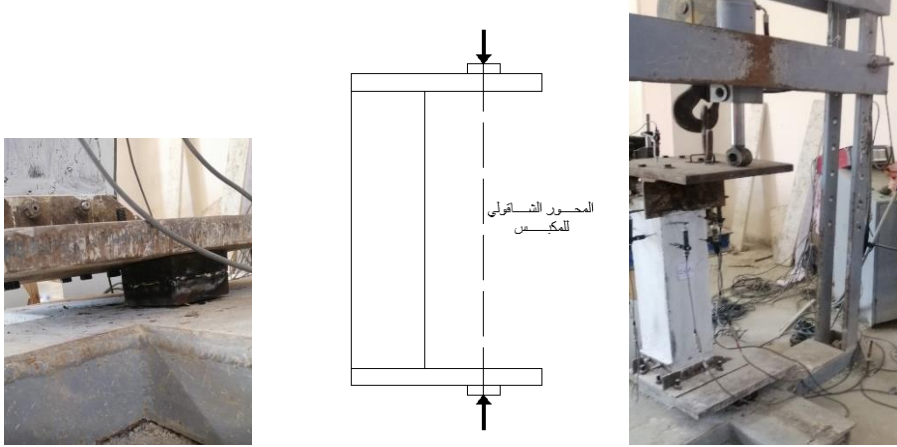
الشكل (3) تثبيت الصفيحة المعدنية العلوية والسفلية بالعمود عند التجربة

5-3- صب العينات:

تم استخدام قوالب خشبية من خشب MDF بسماكة 1.8 cm وفق الأبعاد المطلوبة للعمود، وتم تنقيتها بشكل مناسب ودقيق لإدخال براغي الزوايا المعدنية التي ستثبت لاحقاً على العمود وتضمن تثبيته مع الصفيحة، تم الصب على طبقات والدك باستخدام قضيب معدني في منطقة الثقوب لضمان عدم حدوث تعشيش.

5-3- جهاز الكسر:

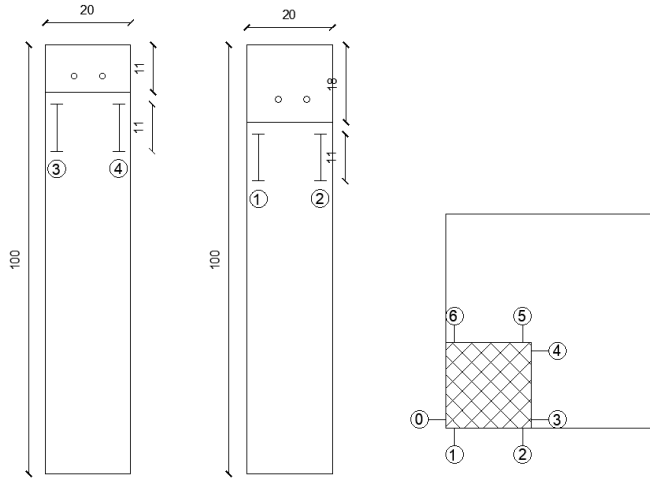
استخدمنا جهاز الكسر الهيدروليكي الموجود في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية والذي تبلغ طاقته القصوى 130kN وتم وضع صفيحة معدنية بأبعاد 12*12cm (وسماكة 4cm بحيث لا يستند العمود على القاعدة حتى انتهاء التجربة) عند إجراء التجربة في مركز الجهاز من الأسفل بحيث يكون مسار تطبيق الحمولة ينطبق على المحور الشاقولي للجهاز (للمكبس)، كما في الشكل (4)



الشكل (4) الجهاز المستخدم للكسر وطريقة التثبيت

5-4- آلية التجربة:

تم وضع 7 حساسات على العمود على مقطع أعلى العمود لقياس الانتقالات في منطقتي الشد والضغط، وتم وضع حساسين لقياس الانتقال الأفقي بالاتجاهين، وحساس لقياس الانتقال الشاقولي، ويظهر الشكل (5) مسقط لتوزيع الحساسات.



الشكل (5) توزيع الحساسات على العمود

يتم تطبيق القوة عن طريق المكبس الهيدروليكي بشكل تدريجي وتتخذ الانتقالات المقاسة عن طريق الحساسات على شاشة الجهاز.

مرحلة اختبار العينات:

تم إجراء التجارب باستخدام متغيرين أساسيين هما:

- نسبة الركام المعاد تدويره ضمن الخلطة البيتونية

- واللامركزية بالاتجاهين E1, E2 E3

وبيين الجدول (4) توصيف الأعمدة:

الجدول (4) توصيف الأعمدة في التجارب

اسم العمود	نسبة الركام المعاد تدويره	E	
		ex (mm)	ey (mm)
C0-E1	%0	280	100
C25-E1	%25	280	100
C50-E1	%50	280	100
C75-E1	%75	280	100
C100-E1	%100	280	100
C0-E2	%0	230	100
C25-E2	%25	230	100
C50-E2	%50	230	100
C75-E2	%75	230	100
C100-E2	%100	230	100
C0-E3	%0	280	150
C25-E3	%25	280	150
C50-E3	%50	280	150
C75-E3	%75	280	150
C100-E3	%100	280	150

تم تطبيق الحمولة بسرعة 1.3kN/sec وأخذت القراءات كل 5kN ومع ازدياد الحمولة قمنا بمراقبة تطور الشقوق في منطقة الشد ومنطقة الضغط حتى الانهيار الذي يحدد من وصول القوة إلى الذروة ومن ثم تعود لتتناقص.

وقمنا بنمذجة العمود مع الصفائح والزوايا على برنامج ANSYS وتمت المقارنة بين آلية الانهيار على البرنامج وبالتجربة وكان تشكل الشقوق بمنطقة الشد هو ذاته كما يظهر في الشكل (6)



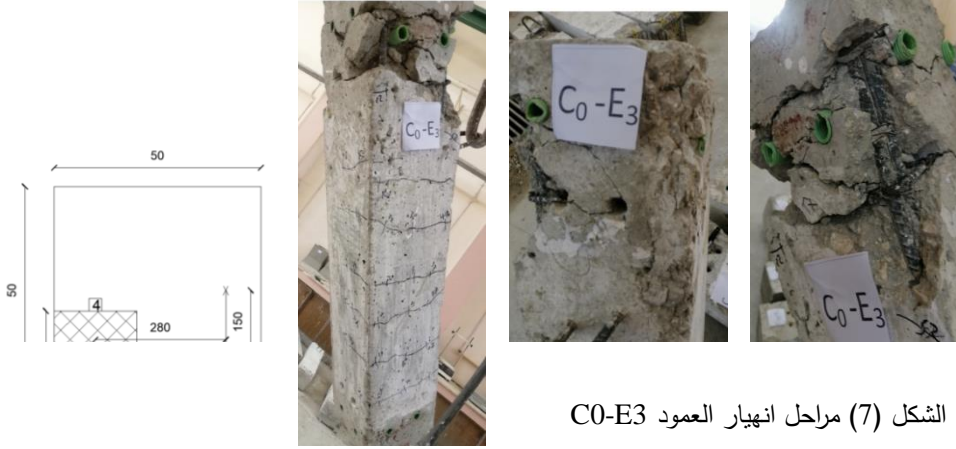
الشكل (6) الشقوق في منطقة الشد بالتجربة وبالنموذج الحاسوبي

سنقوم بعرض تفصيل لثلاث أعمدة، على لا مركزيات مختلفة.

6-1 شكل انهيار للعمود المرجعي C0-E3:

العمود من الركام الطبيعي C0 ومعرض إلى لامركزية E3، بدأ ظهور أول شق في منطقة الشد عند الحمولة 24kN ثم تشكلت الشقوق في منطقة الشد على الوجه الجانبي (2) وعددها 7 شقوق بتباعد تقريبا 15cm وامتد تشكل الشقوق إلى الوجه الجانبي (1) مع زيادة القوة، وبدأ انهيار منطقة الضغط أعلى العمود من الأمام عند القوة 59kN وأخذ عرض الشق بالاتساع وازداد تقشر منطقة الضغط ثم بدأ تشكل اسفين الضغط عند الحمولة 63kN حتى وصلت الحمولة إلى الذروة 68kN ومن ثم بدأت تنخفض مع استمرار زيادة التشوهات، ثم ازداد توسع الشقوق وانهارت منطقة الضغط على مسافة 37cm من طول العمود وانبعج الفولاذ الطولي في منطقة الضغط على بعد 22cm من رأس العمود، وبعد التفريغ تنغلق بعض شقوق الشد وتظهر منطقة الضغط بوضوح كما في الشكل (7)





الشكل (7) مراحل انهيار العمود C0-E3

2-6 انهيار العمود C25-E2:

العمود C25 من الركام الطبيعي مع نسبة الركام المدور 25% ومعرض إلى لامركزية E2، بدأ ظهور أول شق في منطقة الشد عند الحمولة 25 kN ثم تشكلت الشقوق في منطقة الشد وعددها 7 شقوق بتباعد تقريبا 14cm، وبدأ انهيار منطقة الضغط أعلى العمود عند القوة 65kN وأخذ عرض الشق في منطقة الشد بالاتساع وازداد تقشر منطقة الضغط ثم بدأ تشكل اسفين الضغط عند الحمولة 79kN حتى وصلت الحمولة إلى الذروة 85kN ومن ثم بدأت تنخفض مع استمرار زيادة التشوهات، ثم ازداد توسع الشقوق وانهارت منطقة الضغط بمسافة 31cm من طول العمود، والشكل (8) يوضح

مراحل انهيار العمود C25-E2





الشكل (8) مراحل انهيار العمود C25-E2

2-6 انهيار العمود C100-E3:

العمود C100 من الركام المدور بنسبة 100% ومعرض إلى لامركزية E2، بدأ ظهور أول شق في منطقة الشد عند الحمولة 22 kN ثم تشكلت الشقوق في منطقة الشد وعددها 7 شقوق ببتباع تقريبا 15cm، وبدأ انهيار منطقة الضغط أعلى العمود عند القوة 80 kN وأخذ عرض الشق بالاتساع وازداد تقشر منطقة الضغط ثم بدأ تشكل اسفين الضغط عند الحمولة 85 kN حتى وصلت الحمولة إلى الذروة 90.5 kN ومن ثم بدأت تتخفف مع استمرار زيادة التشوهات، ثم ازداد توسع الشقوق وانهارت منطقة الضغط على مسافة 34cm وانبعج الفولاذ الطولي في منطقة الضغط على بعد 28cm من رأس العمود، في الشكل(9)



الشكل (9) مراحل انهيار العمود C100-E3

وكذلك تكررت التجارب على كافة الأعمدة، والجدول (5) يلخص نتائج التجارب:

الجدول (5) نتائج التجارب على الأعمدة

اسم العينة	تاريخ الصب	تاريخ الكسر	القوة عند ظهور أول شق KN	القوة الأعظمية KN	عدد الشقوق في منطقة الشد	ارتفاع اسفين الضغط cm	مكان الشق الرئيسي
C0-E1	2020-8-25	2020-9-24	19	52	6	18	أسفل الزاوية المعدنية العلوية ب1cm
C25-E1	2020-9-2	2021-3-11	18	45	6	19	أسفل الزاوية المعدنية العلوية ب1cm
C50-E1	2020-11-16	2021-3-17	19	65.5	6	23	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب1cm
C75-E1	2020-11-30	2021-4-5	16	75	7	24	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب2cm
C100-E1	2020-12-8	2021-4-13	18	62.5	7	26	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب1cm
C0-E2	2020-8-25	2021-10-20	25	98	7	22	أسفل الزاوية المعدنية العلوية ب1cm
C25-E2	2020-9-2	2021-10-21	24	97	7	31	وسط العمود
C50-E2	2020-11-16	2021-3-16	22	80	6	26	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب1cm
C75-E2	2020-11-30	2021-4-7	22	106	7	38	وسط العمود
C100-E2	2020-12-8	2021-4-8	21	114	7	37	وسط العمود
C0-E3	2020-8-25	2021-3-7	24	80	7	37	أسفل الزاوية المعدنية العلوية ب15cm
C25-E3	2020-9-2	2020-11-26	22	75	6	24	أسفل الزاوية المعدنية العلوية ب1cm
C50-E3	2020-11-16	2021-3-15	21	79	6	15	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب1.5cm
C75-E3	2020-11-30	2021-4-5	25	92	6	18	أعلى الزاوية المعدنية السفلية ب2cm
C100-E3	2020-12-8	2021-4-14	22	80.5	7	34	وسط العمود

في بعض التجارب تم كسر عمودين متشابهين وحساب القيمة الوسطية لكافة المعاملات المدروسة.

نلاحظ من الجدول السابق:

- آلية الانهيار قياسية بظهور شقوق منطقة الشد بتباعدات متساوية ثم يتطور الشق الرئيسي ويؤدي إلى الانهيار في أطراف العمود (من الأعلى أو الأسفل)، أو في وسط العمود.

- هناك تغيرات طفيفة بقيم القوة عند ظهور أول شق والسبب يعود إلى أن الاجهادات في المرحلة الأولى تكون صغيرة فلم تؤثر على ظهور أول شق.

- نلاحظ أن الاستبدال في بعض الأحيان لم يؤثر على القيمة العظمى للقوة بالمقارنة مع العمود المرجعي، وفي بعض التجارب زادت القوة عن العمود المرجعي والسبب الرئيسي هو اختلاف موقع الشق الرئيسي فكلما اقترب موقعه من أطراف العمود كانت القوة أقل،

وكلما اقترب من وسط العمود كانت القوة التي تسبب الانهيار أكبر بسبب وجود إجهادات إضافية بالفولاذ ناتجة عن التركيز بقرب الوثاقات.

ونظراً لاختلاف مواعيد الكسر تم أخذ قرارات عند الكسر بواسطة مطرقة شميدت على الأعمدة المختبرة كما يظهر في الشكل (10) وكان وسطي المقاومة كما في الجدول (6)

الجدول (6) المقاومة باستخدام مطرقة شميدت

	\bar{F}_c (Mpa)
C0	31.9
C25	29.6
C50	26.86
C75	31.1
C100	30.8



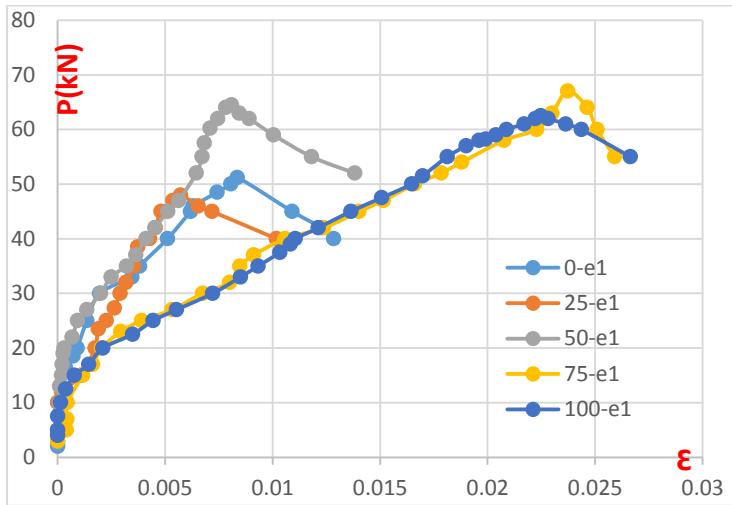
الشكل (10) اختبار مطرقة شميدت

نلاحظ من الجدول ارتفاع المقاومة المميزة للبيتون وهذا بسبب تأخر تفاعلات الاماهة للاسمنت المستخدم (اسمنت طرطوس) كما أثبتت العديد من الدراسات ذلك، وهذا يفسر أيضاً تقارب الحمولة للأعمدة المنفذة بركام معاد تدويره من العمود المرجعي.

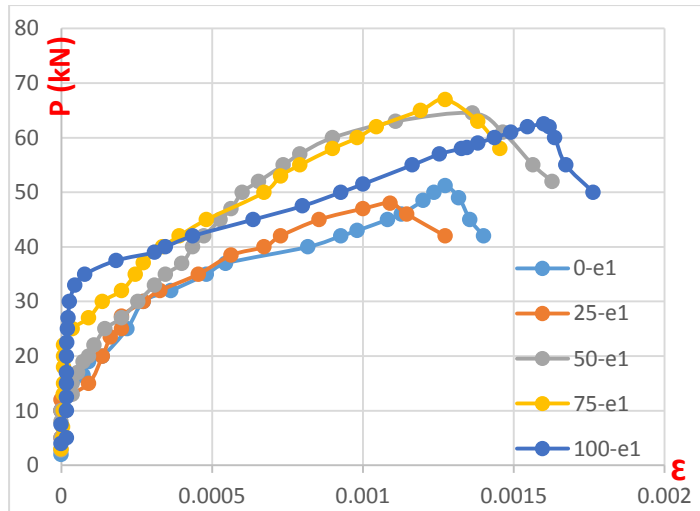
2-6 النتائج التجريبية للعينات المختبرة:

تم رسم مخطط (تشوه - قوة) للعينات في الحالات المختبرة حيث أخذنا القراءات من حساس في منطقة الشد وآخر في منطقة الضغط وكانت النتائج كما في الأشكال (11-12-13-14-15-16):

لللامركزية E1:280*150



الشكل (11) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الشد تحت اللامركزية E1

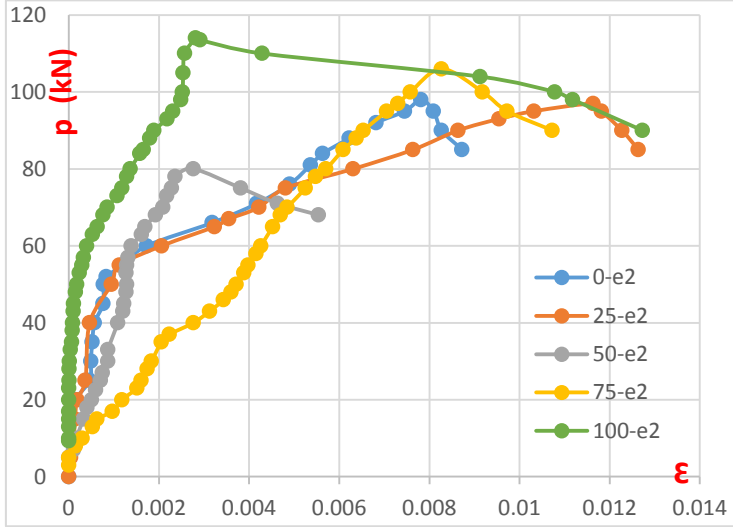


الشكل (12) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الضغط تحت اللامركزية E1

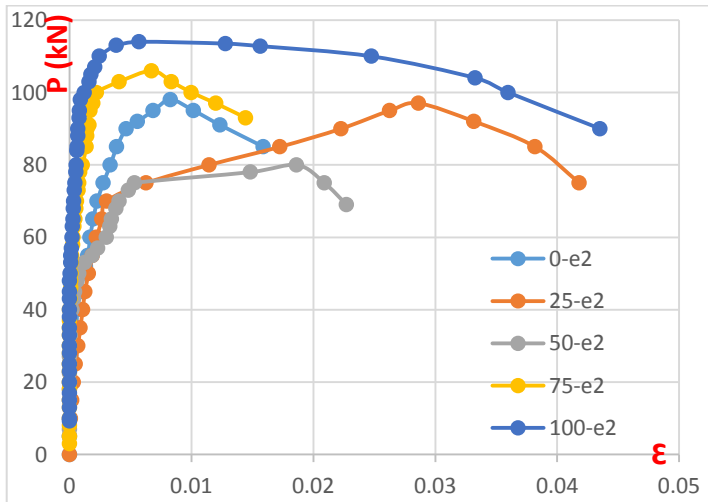
نلاحظ أنه في مخطط منطقة الشد: تقارب التشوه حتى الحمولة 20KN ثم تزداد التشوهات لنسبتي الاستبدال 75%، 50%، 100% بشكل واضح حيث تصبح أكبر بحوالي الضعف في نهاية التجربة.

أما في مخططات منطقة الضغط: هناك تقارب بين المخططات حتى الحمولة 30KN وأيضاً تزداد التشوهات كلما زادت نسبة الاستبدال حيث كانت نسبة المطاوعة(الليونة) أكبر بحوالي 14%، 7%، 20.6% عند الاستبدال 50%، 75%، 100% على الترتيب.

اللامركزية 100*230 E2:



الشكل (13) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الشد تحت اللامركزية E2

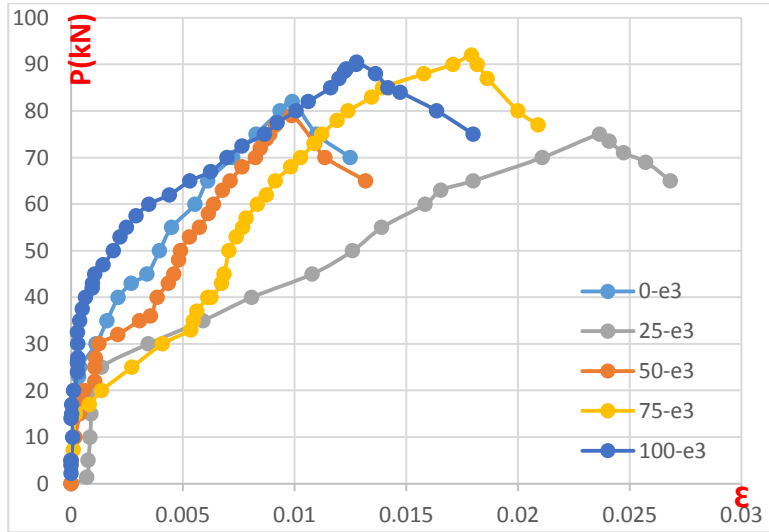


الشكل (14) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الضغط تحت اللامركزية E2

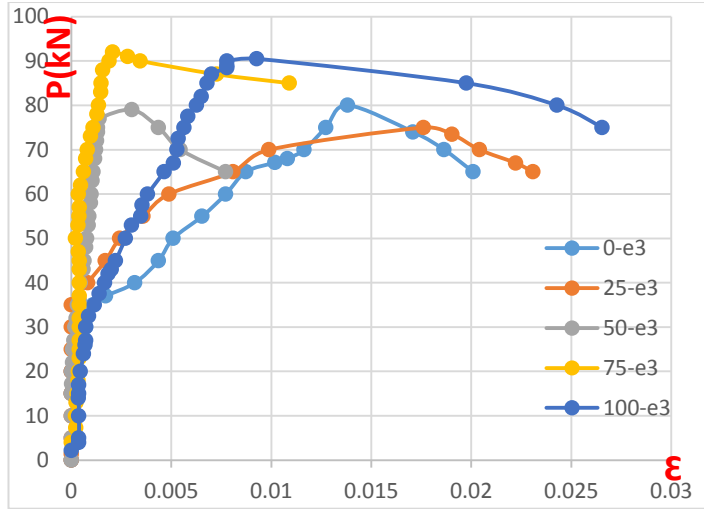
نلاحظ من المخططات: - في منطقة الشد تكون التشوهات متقاربة حتى الحمولة 20kN ثم تصبح أكبر في نسبة الاستبدال 75 و100% بحوالي 23%، 45.8% على الترتيب.

- في منطقة الضغط تكون المخططات متقاربة حتى الحمولة 60kN عد ذلك تزداد التشوهات بشكل واضح عند نسبة الاستبدال 25 و100% بنسبة 44.8%، 45.8% على الترتيب.

اللامركزية E3: 280*100



الشكل (15) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الشد تحت اللامركزية E3



الشكل (16) مخطط (حمولة-انفعال) في منطقة الضغط تحت اللامركزية E3

نلاحظ من المخططات في منطقة الشد ازدياد التشوهات عند الاستبدال بنسبة 25% بحوالي الضعف عن المرجعي، بينما متقاربة في النسبتين 75-100% وتشوهات أكبر من الركام الطبيعي بدون استبدال 0% بالنسبة 150%، 136% وفي مخطط الضغط تقارب المخططات حتى الحمولة 35kN وتزداد التشوهات عند الاستبدال ب 25% و 100% بالنسب 114%، 132% على الترتيب بينما كانت التشوهات بنسبتي الاستبدال 50-75% أصغر ب 35%، 54% على الترتيب من الركام الطبيعي، ويعود ذلك إلى عشوائية الركام ومدى تماسكه مع باقي مكونات البيتون.

6- الحساب وفق الكود السوري [7]

في الكود العربي السوري نحسب قدرة تحمل مقطع مستطيل خاضع لضغط لامركزي ثنائي المحاور N_R باستخدام العلاقة التالية:

$$\frac{1}{N_R} = \frac{1}{N_{RX}} + \frac{1}{N_{RY}} - \frac{1}{N_{RO}}$$

N_{RX} قدرة تحمل العمود بافتراض اللامركزية أحادية بالاتجاه x.

N_{RY} قدرة تحمل العمود بافتراض اللامركزية أحادية بالاتجاه y.

N_{R0} قدرة تحمل العمود على الضغط المركزي.

ويبتزيم النتائج في الجدول (7):

الجدول (7) نتائج الحمولة بال kN حسب الكود العربي السوري

	E1	E2	E3
C0	59.2	78.38	70.82
C25	59.9	88.3	71.5
C50	53.8	78.39	64.59
C75	53.7	78.19	64.49
C100	53.39	77.72	64.003

ويبين الجدول (8) المقارنة بين الحمولة التجريبية المحسوبة بالكود العربي السوري

الجدول (8) المقارنة بين الحمولة التجريبية وحمولة الكود العربي السوري

	الحمولة حسب الكود kN	الحمولة التجريبية kN	النسبة بينهما %
E1			
C0	59.2	52	-
C25	59.9	45	-
C50	53.8	65.5	21.7
C75	53.7	75	39.7
C100	53.39	62.5	17
E2			
C0	78.38	98	25.03
C25	88.3	97	9.8
C50	78.39	80	2.05
C75	78.19	106	35.6
C100	77.72	114	46.7
E3			
C0	70.82	80	12.96
C25	71.5	75	4.9
C50	64.59	79	22.3
C75	64.49	92	42.6
C100	64.003	80.5	25.8

بالمقارنة بين الحمولة التجريبية وحمولة الكود نلاحظ أن الحمولة التجريبية أعلى من الحمولة

الحسابية بمقدار يتراوح تقريباً بين 5-46% كما بين الجدول (8).

وجب التنويه أن العمود C0,C25 تم إجراء التجربة على اللامركزية E1 ببداية العمل المخبري وحدث خلع مكان الثقوب لذا قمنا بتعديل موقع الثقوب ثم إجراء بقية التجارب لذلك لم نقارن نتائجهما.

7- الخلاصة والنتائج:

- 1- إن الفرز الجيد للركام المعاد تدويره وضبط نسبة W/C وإضافة المملدن المناسب لزيادة قابلية التشغيل تعتبر شروط أساسية لقبول استخدام الركام المعاد تدويره.
- 2- استخدام الركام المعاد تدويره أدى إلى انخفاض المقاومة المميزة على الضغط بنسبة 25.39%-25.7%-26.95% عند الاستبدال 50%، 75%، 100% للركام المعاد تدويره.
- 3- لم يؤثر استخدام الركام المعاد تدويره على الأعمدة المعرضة إلى لامركزية بالاتجاهين وذلك لأن معظم حالات الانهيار كانت على الشد أي أن فعالية البيتون محدودة، وفولاذ التسليح يعمل لمرحلة fy أو أكثر لذلك من الممكن استخدام الركام المعاد تدويره في مثل هذه العناصر الانشائية.
- 4- كان شكل الانهيار مطابق للتجربة القياسية للضغط اللامركزي ثنائي المحاور حيث تتشكل شقوق الشد بتباعدات متساوية تقريباً ثم يتطور شق رئيسي وتنهار منطقة الضغط أي أن الحمولة انتقلت بشكل لامركزي إلى العمود وطريقة نقل الحمولة صحيحة.
- 5- يوصى بتجريب لامركزيات أخرى صغيرة خاصة وتغيير طول العمود للتجريب على عمود أطول، وتجريب أنواع أخرى من المملدات على الخلطات ومدى تأثير ذلك على المقاومة المميزة لكل خلطة بيتونية.

المراجع المستخدمة

[1]- David M. Milner, Jr, Enric Spacone, Dan M Frangopol, 2000, New lights on performance of short and slender reinforced concrete columns under random loads. USA.

[2]- جامعة البعث كلية الهندسة المدنية د منى رشود (دراسة تأثير التطويق في الأعمدة -البيتونية المسلحة القصيرة المعرضة لضغط لامركزي ثنائي المحاور) 2016

[3]- Yossef Kiekhia Mechanical Properties of Concrete Made with Recycled Aggregates, Tshreen Unv, 2014.

[4]- Murt Saatcioglu, ASCE, Amir H, Confined Columns under Eccentric Loading 2010.

[5]- J.H.Zhou, X.H.Mengs, Experimental study of recycled concrete columns under large eccentric compression 2010.

[6]- Won-Chang Choi, Hyun-Do Yun, Compressive behavior of reinforced concrete columns with recycled aggregate under uniaxial loading 2012.

[7]- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2014
