دراسة تأثير الركام الخشن من المخلفات الخرسانية على بعض خواص الخرسانة المدورة

أ. عماد عبد المجيد ياسين السعدي (العراق)
استاذ مشارك– كلية الهندسة رقدالين
جامعة
صبراته
yasamaayi@gmail.com

الخلاصة

المحافظة على البيئة هي من اهم اهداف التنمية المستدامة ، وتعتبر المخلفات الخرسانية الناتجة عن أعمال الهدم بالخصوص هي من أهم التحديات التي تواجه البيئة و المجتمع لكثرتها، وهي تحتوي على بعض الاكاسيد الحية التي تتفاعل بالظروف الجوية مما تسبب اضرارا على الانسان بالخصوص وعلى البيئة بالعموم في حال تسربها الى التربة ومن ثم الى المياه الجوفية والذي يتطلب حلولا لها ، ومنها هذه الدراسة باعادة استعمالها كركام خشن (Recycled aggregate " RA") في الخلطات الخرسانية بالإضافة إلى الناحية الاقتصادية . حيث تم استعمال بعض مخلفات المباني المهدمة في بلدية الجميل في صناعة عينات خرسانية صديقة للبيئة (RAC) بنسبتي استبدال (30%، 50%) كبديل عن استعمال الركام الطبيعي، ونسبتي ماء إلى إسمنت (0.45، W/C=0.55) في خلطة خرسانية (4:2:1) بكمية إسمنت $350Kg/m^3$ ، للتحقق من مدى إمكانية استعمال هذا النوع من الخرسانة (RAC) بالمقارنة مع خواص الخرسانة الطبيعية (NAC). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن استعمال (RA) يؤثر على خواص الخرسانة (RAC) حيث كلما زادت نسبة الاستبدال انخفضت خواص الخرسانة (RAC) من حيث قابلية التشغيل، مقاومة ضغط الخرسانة وكثافة الخرسانة، و مع ذلك لم يكون الانخفاض كبيراً لجميع النسب المذكورة سلفا. تبين من نتائج الفحوصات ان نسبة الفرق في الهبوط تراوحت ما بين (19.64% – 33.33%) ، بينما تراوحت نسبة الفرق لمقاومة ضغط الخرسانة عند 28 يوم ما بين (3.31% – 24.65 %) في حين تراوحت نسبة الفرق لكثافة الخرسانة ما بين (0.74% – 3.3%) . واستنتج من الدراسة ان الخرسانة المنتجة من نسبة استبدال 30% ركام خشن المخلفات الخرسانية ذات نتائج قريبة جدا من الخرسانة المنتجة من الركام الطبيعي.

الكلمات المفتاحية : خرسانة اعتيادية او مدورة ، ركام خشن طبيعي او معاد ، صديقة للبيئة.

Effect study using coarse aggregate's from concrete waste (Recycled aggregate) on some Recycled concrete properties

Imad Abdul Majeed Yassin Al-Saadi (Iraq)
Associate Professor
Faculty of Engineering, Ragdalin - Sabratha University
yasamaayi@gmail.com

ABSTRACT

Preserving the environment is one of the most important goals of sustainable development, and concrete waste resulting from demolition work in particular is considered one of the most important challenges facing the environment and society due to its abundance. It contains some living oxides that react with weather conditions, causing harm to humans in particular and to the environment in general if Its leakage into the soil and then into groundwater, which requires solutions, including this study by reusing it as coarse aggregate (Recycled aggregate "RA") in concrete mixes, in addition to the economic aspect. Some of the waste from demolished buildings in the municipality of Al-Jamail was used in the manufacture of friendly concrete samples. For the environment (RAC) with two replacement ratios (30%, 50%) as an alternative to the use of natural aggregate, and two water to cement ratios of (W/C= 0.45 , 0.55) in a concrete mix (1:2:4) with an amount of cement of 350 Kg/m^3, to verify The extent of the possibility of using this type of concrete (RAC) compared to the properties of natural concrete (NAC). The results of this study showed that the use of (RA) affects the properties of concrete (RAC), as the greater the replacement ratio, the lower the properties of concrete (RAC) in terms of workability. The compressive strength of concrete and the density of concrete. However, the decrease was not significant for all the ratios mentioned previously. The results of the tests showed that the percentage difference in slump ranged between (19.64% - 33.33%), while the percentage difference in concrete compressive strength at 28 days ranged between (3.31% - 24.65%), while the percentage difference in concrete density ranged between (0.740% - 3.3%). It was concluded from the study that concrete produced from a replacement ratio of 30% coarse aggregate from concrete waste has results very close to concrete produced from natural aggregate.

Keywords: regular or rounded concrete, natural or recycled coarse aggregate, environmentally friendly

المقدمة

تعتبر الخرسانة في العالم من أكثر المواد المستعملة في البناء لما لها من ميزات إيجابية ولا سيما كونها مادة بناء رخيصة و محلية الصنع وخصوصا في المنشآت الخرسانية ونتيجة للنمو الاقتصادي فتزايدت حركة هدم و إعادة إعمار المباني لأغراض جديدة أو بسبب انتهاء العمر الافتراضي للمباني مما أدى إلى تراكم كميات كبيرة من المخلفات التي تشكل الخرسانة جزء كبير منها، فأصبح ذلك تحدياً جديداً للبيئة والمجتمع، حيث تم تقدير كمية مخلفات البناء الناتجة عن الهدم في الولايات المتحدة الاميركية لوحدها بحوالي 123 مليون طن سنوياً و بلغت كمية الركام الطبيعي المستعملة في عام 2020 بحدود 2.5 مليار طن[1] ، ويتجاوز الطلب العالمي للركام المستعمل في الإنشاء إلى حوالي 26.8 بليون طن سنوياً [16].و تقدر كمية الركام المعاد تدويرها بحوالي 6% إلى 8% من الركام الإجمالي المستعمل في أوروبا. ومن الاكثر الدول استعمالا هم المملكة المتحدة، هولندا، بلجيكيا، سويسرا و ألمانيا [3]. ولازدياد الوعي البيئي عالمياً في الآونة الأخيرة وللاهتمام بالتنمية المستدامة التي لها أثر إيجابي كبير على الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية وللحفاظ على موارد الركام الطبيعي ، ادى الى إعادة تدوير الخرسانة المهدمة وذلك باستعمال ركامها الخشن كبديل للركام الطبيعي ، وذلك بعد تكسيرها بحجم حبيبات الحصى وغسلها وغربلتها وفصلها إلى أحجام مطابقة للمواصفات القياسية واستعماله في انتاج الخرسانة المدورة (Recycled Aggregate concrete" RAC")، وهذه الطريقة مفيدة بيئياً كونها تقلل من النفايات المتولدة و بالتالي توفر مساحة الأرض المستغلة كمكب للنفايات ، والشكل رقم (1)[2] والجدول رقم (1)[3] يوضحان نسب وكمية المخلفات الخرسانية المستعملة في بعض دول العالم.

وبصورة عامة ان جودة الركام المعاد تدويره (RA) ومصدره عامل هام جداً ويؤثر بشكل كبير على جودة الخرسانة المنتجة منه، ولكن رغم المحاسن التي يمتلكها الركام المعاد تدويره اقتصاديا وبيئياً إلا أنه يمتلك سلبيات على صعيد مكوناته و خصائصه بمقارنته مع الركام الطبيعي منها : تبقى كمية من المونة الإسمنتية ملتصقة مع حبيبات الحصى مما تؤثر على خواص الخرسانة المنتجة منه سلبيا، منها ازدياد نسبة امتصاصه للماء مما يؤثر على قابلية تشغيل الخرسانة ، نقصان الكثافة الحجمية ، نقصان الوزن النوعي، وفاقد الإهتراء أعلى وبالتالي نقصان في مقاومة الضغط. لذا أجريت دراسات عديدة في هذا المجال ومنها:

الباحث(Montgomery – 1998) [7] عالج الركام المعاد تدويره (RA) وذلك بطحنه في مطحنة دوارة لإزالة العجينة الإسمنتية القديمة على سطحه، ووجد أن خواص الخرسانة المنتجة منه (RAC) ينتج خرسانة بجودة أعلى. وأوضح (Poon –2004)[9] أن قوام الخرسانة المنتجة من الركام المعاد تدويره تتأثر برطوبته ، فعند استعمال ركام مجفف في الفرن لاحظ زيادة في الهبوط بسبب إرتفاع كمية المياه التي استعملت لتعويض

الامتصاص العالي للركام المعاد تدويره. أما فيما يخص الخصائص الميكانيكية لهذا النوع من الخرسانة NAC فقد توصل كل من (Rahal –2004) [10] و(Xiao –2005)[11] أن مقاومة الضغط ومعامل المرونة للخرسانة المنتجة من ركام معاد تدويره أقل بالمقارنة مع قيمهما في الخرسانة الاعتيادية و خاصة عندما تكون نسبة الاستبدال للركام الطبيعي بالركام المعاد تدويره 100%، أما عند استبدال بنسبة لا تتجاوز 30% فقد تبين أنها لا تؤثر بشكل كبير على الخواص الميكانيكية للخرسانة. أما (Etxeberria – 2007) [13] فقد توصل إلى أنه عند نسبة استبدال نسبة 100% تنخفض مقاومة الضغط بنسبة (20– 25%) عن الخرسانة الاعتيادية، ومعامل المرونة أقل بحوالي 16%، ومقاومة الشد لا تتأثر كثيراً، وعند نسبة استبدال 25% لا يؤدي إلى تغير يذكر على الخصائص الميكانيكية، ولتحسين الخرسانة RAC وعند نسبة إستبدال تتراوح مابين 50–100% فتزاد كمية الإسمنت بنسبة 4–10% وتخفض نسبة W/C بمقدار 5–10%. ونظرا للامتصاص العالي للماء عند استعمال الركام المعاد تدويره يؤدي إلى إنخفاض جودة الخرسانة، لذلك أجرى (Rahal – 2007) [10] دراسة للخواص الميكانيكية للخرسانة RAC وإستعمال الركام المعاد بنسبة 100% مشبعا جاف للتخلص من الإمتصاص العالي له، فأظهرت النتائج أن مقاومة الضغط للخرسانة RAC حققت ما يقارب نسبة 90% من مقاومة ضغط الخرسانة NAC ، والديمومة متقاربة بين كلا الخرسانتين . ولتحسين الركام المعاد تدويره استعمل كل من

(Murali – 2012) [4] و (Tam – 2007) [8] بإزالة العجينة الإسمنتية الملتصقة على سطحه من خلال نقعه بمحاليل كيميائية ، واثبت (Murali – 2012) [4] أن مقاومة الضغط عند إستعمال الركام المعالج بحامض الكبريت لمدة 24 ساعة وتجفيفه زادت عن مقاومة الضغط للركام المعاد تدويره غير المعالج بنسب تتراوح بين 4.93% حتى 11.88%. كما أوضح (Jankovic – 2011) [5] و (Tam – 2005) [6] أن الإختلاف في الشكل و الحجم و الملمس بين الركام الطبيعي و الركام المعاد تدويره يؤثر على المنطقة الإنتقالية الرابطة بين الركام و العجينة الإسمنتية و بالتالي يؤثر على المقاومة . كما أكّد (Konin and Kouaido – 2011) [14]

و (Park – 1999) [15] أن زيادة الإسمنت لها أثر جيد على تحسين مقاومة ضغط الخرسانة في حال إستعمال الركام المعاد تدويره، واثبت(Konin and Kouaido – 2011) [14] أن إستعمال كمية اسمنت أعلى من 300 كغ/م^3 تحسّن مقاومة الضغط الخرسانة المنتجة من ركام معاد تدويره قريبة من الخرسانة المنتجة من ركام طبيعي. واستعمل(Akbari – 2011) [12] نسب استبدال (15%، 30%، 50%) وأظهرت النتائج أن مقاومة ضغط الخرسانة ، الإنعطاف والشد بالفلق تقل بنسبة (25%، 23%، 26%)على التوالي .وأجرى (Paul – 2011) [2] دراسة بنسبة استبدال (30%، 100%) من RA لبعض الخصائص الميكانيكية للخرسانة RAC، كمقاومة

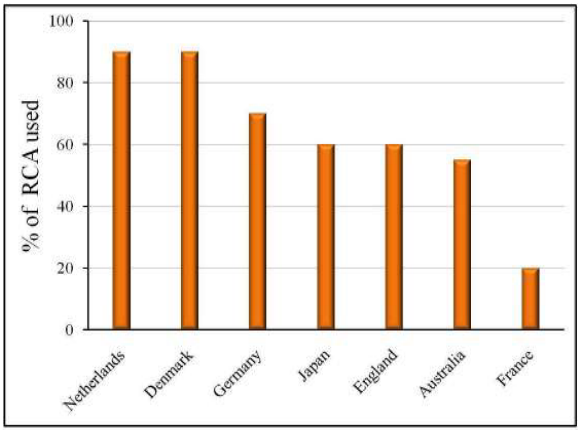
الضغط، معامل المرونة، التقلص، الزحف و ديمومتها ، وبيّنت النتائج عند إستعمال نسبة 30% من RA تكون متقاربة بين الخرسانتين الاعتيادية NAC والمدورةRAC. وخواص الخرسانة المنتجة منه Recycled Aggregate Concrete وتوصل (Murali – 2012)[4] و(Maslesve – 2010)[1] إلى أن مقاومة الضغط والكثافة أقل وإمتصاص أكبر للماء وفاقد الإهتراء أعلى عند استعمال الركام المعاد تدويره (RA) وذلك بسبب المونة الإسمنتية القديمة الملتصقة على سطح الركام المعاد تدويره (RA).واجرى كل من (عبد المنعم طرنبة ، نوري الباشا ، محمد المحروق ، عبد الخالق الباشا – 2021)[17] دراسة قابلية التشغيل ومقاومة ضغط الخرسانة المنتجة بنسب استبدال ركام (30%، 50% ، 70% ، 100%) من مخلفات الخرسانة للابنية المهدمة لمدينة الزاوية وكانت النتائج ان مقاومة الضغط اقل بنسبة 3% عند نسبتي الاستبدال (30%، 50%).

اهمية الدراسة

نظرا لازدياد المخلفات الخرسانية في ظل الظروف الراهنة في ليبيا ولما يتطلب من اعادة الاعمار، وبما ان معظم المنشآت هي خرسانية ولتحقيق بيئة نظيفة لذا يتطلب استعمال تلك المخلفات في انتاج الخرسانة المدورة والتخلص من نفاياتها ولما لها من تأثير سيئ على الصحة العامة ،وتوفير مساحات من الارض بدلا من ان تكون مكبات لتلك المخلفات بالاضافة الى المردود الاقتصادي للبلد ، ولهذا اجريت هذه الدراسة للمخلفات الخرسانية لمنطقة الجميل واعادة استعمالها كركام خشن معاد تدويره في انتاج الخرسانة المدورة ، وهذا مما يشجع الجهات المعنية لتسهيل وتقديم جميع المستلزمات والتجهيزات والامكانيات للاستفادة من انتاج الركام المدور.

الجدول (1) كميات الخرسانة التي تم تدويرها في العديد من دول العالم (2007) [3]

الدولة	نسبة الكميات المدورة %	الدولة	نسبة الكميات المدورة %
أستراليا	57	اليابان	80
بلجيكيا	86	هولندا	95
إنجلترا	50	إسبانيا	10
فرنسا	63	تايوان	91
ألمانيا	89	الولايات المتحدة	82



الشكل (1): كمية المخلفات الخرسانية التي يتم تدويرها في بعض دول العالم (Paul , 2011)[2]

البرنامج العملي ونتائجه

إنتاج مكعبات خرسانية قياس mm(150×150×150) بنسبة خلط 4:2:1 وهي الاكثر استعمالا في المنشآت الخرسانية وبكمية اسمنت ($350Kg/m^3$) ، وبنسبتي ماء إلى إسمنت (0.45 , W/C=0.55) وبنسب ركام خشن معاد تدويره (0% ، 30%، 50%). وتم إجراء الاختبارات التالية :

اختبارات الركام

قبل اجراء اختبارات الخلطة الخرسانية تم إجراء اختبارات الوزن النوعي والامتصاص والتدرج الحبيبي للركام الناعم والخشن الطبيعي والمدور وكانت النتائج مطابقة للمواصفات القياسية وكما موضحة في الجداول المرقمة (2 ، 3 ، 4) والاشكال المرقمة (2 ، 3, 4).

الجدول (2): يبين نتائج إختبارات الخواص الفيزيائية للركام الناعم والخشن الطبيعي و المدور

الإختبار	الناعم الطبيعي	المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 للركام الناعم	الخشن الطبيعي	الخشن المدور	المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 للركام الخشن
الوزن النوعي S.G SPECIFIC GRAVITY	2.70	2.75 > S.G > 2.52	2.64	2.41	2.75 > S.G > 2.50
نسبة الإمتصاص% ABSORPTION RATIO	%1.04	اصغر من 3.2 %	1.86	4.15	اصغر من 3.0 %

الجدول (3): التدرج الحبيبي للركام الخشن الطبيعي (NA) والمدور(RA)

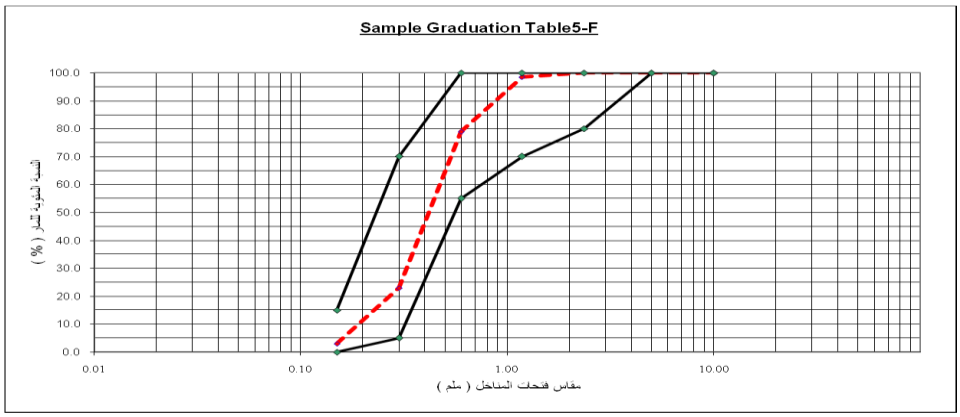
المقاس بالملم	المار(%) NA	المار(%) RA	المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 م
37.50	100.0	100.0	100
20.00	100.0	91.5	100 – 90
14.00	62.9	50.5	80 – 40
10.00	14.4	35.25	60 – 30
5.00	0.0	0.3	10 – 0
2.360	0.3	0	--

الجدول (4): التدرج الحبيبي للركام الناعم الطبيعي

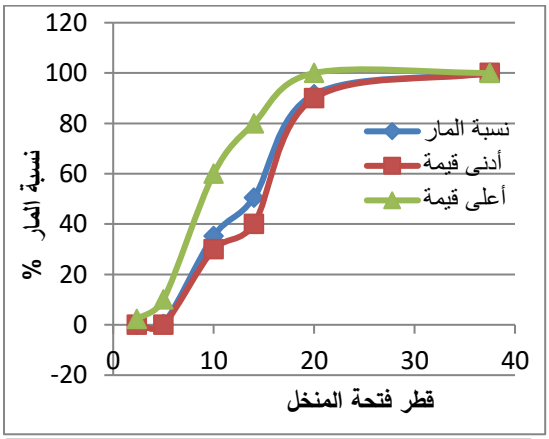
المقاس بالملم	المار(%) NA	المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 م
10	100	100
5	100	100 – 90
2.36	100	80 – 40
1.18	98.5	60 – 30
0.60	78.9	10 – 0
0.30	22.9	70 – 5
0.150	3	15 – 0

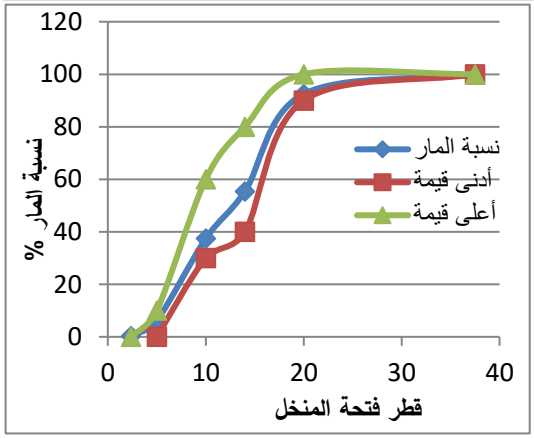
اختبارات الخلطة الخرسانية

اجريت الاختبارات التالية على الخلطات الخرسانية لجميع النسب المذكورة سلفا :



الشكل (2) يوضح نتائج التحليل المنخلي للركام الناعم





~~الشكل(3) نتائج التحليل المنخلي للركام الخشن الطبيعي الشكل(4) نتائج التحليل المنخلي للركام~~

الخشن المدور

1- الهبوط:

هذا الاختبار دليل على مدى قابلية تشغيل وكان الخرسانة سلبيا نسبيا، فلوحظ من نتائج الهبوط ونسب الفرق ما بين الخرسانتين الاعتيادية (NAC-0) والمدورة (RCA) الموضحة في الجدول (5) ، وفي الشكلين رقم (5 ، 6)، حيث كلما زادت نسبة استبدال الركام زادت نسبة هبوط مخروط الخرسانة المدورة (RCA) مقارنة مع الخرسانة الاعتيادية (NAC-0) المنتجة من الركام الطبيعي، ويمكن تفسير ذلك الإنخفاض التدريجي في الهبوط لوجود المونة الإسمنتية القديمة الملتصقة على سطح الركام المعاد تدويره والتي تجعله يمتص الماء بشكل أسرع عند خلط المكونات. و هذا ما أكده (Tam 2005 ، 2007)[5,7] في دراسته لخواص هذا النوع من الركام.

2- الكثافة

تم حساب كثافة المكعبات الخرسانية لجميع الخلطات الخرسانية بعمر 28 يوما وتبين من النتائج الموضحة في

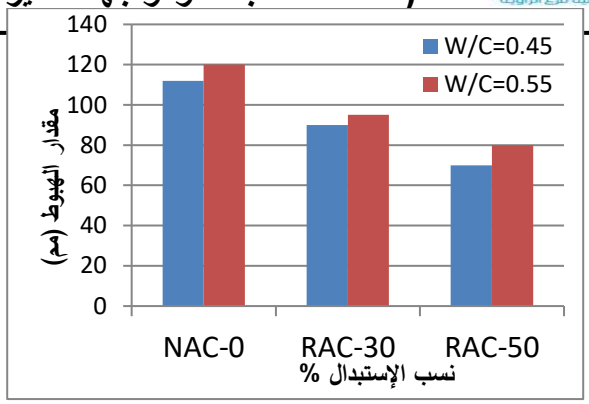
الجدول رقم (6) وفي الشكلين رقم (7 ، 8) ،لا يوجد تأثير كبير على الكثافة مقارنة مابين الخرسانتين المدورة (RCA) والمرجعية(NAC-0) ،حيث تراوحت نسبة الفرق مابين (1.050%، 3.668%).

الجدول (5) يبين نتائج إختبار الهبوط للخلطات الخرسانية

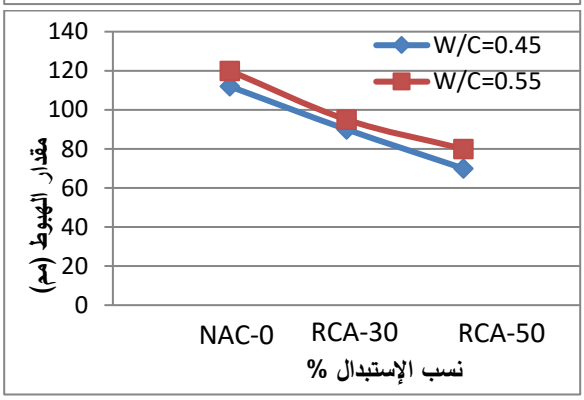
الخلطة	نسبة الإستبدال%	W/C	متوسط الهبوط (مم)	الفرق في الهبوط %
NAC-0	0	0.45	112	--
RC-30	30	0.45	90	19.64
RC-50	50	0.45	70	37.50
NAC-0	0	0.55	120	--
RC-30	30	0.55	95	20.83
RC-50	50	0.55	80	33.30

الجدول (6) كثافة العينات الخرسانية

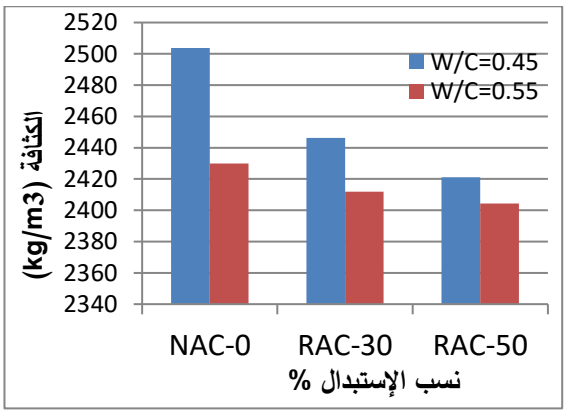
الخلطة	W/C	نسبة الإستبدال %	كتلة العينة الجافة (kg)	حجم العينة (m^3)	الكثافة (kg/m^3)
NAC-0	0.45	0	8.450	0.003375	2503.703
RC-30	0.45	30	8.256	0.003375	2446.2
RC-50	0.45	50	8.171	0.003375	2421.037
NAC-0	0.55	0	8.201	0.003375	2429.925
RC-30	0.55	30	8.140	0.003375	2411.851
RC-50	0.55	50	8.115	0.003375	2404.4



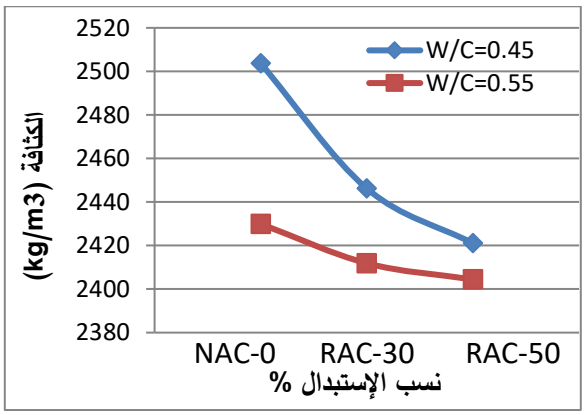
الشكل (5) مقارنة الهبوط بين الخرسانتين المدورة والاعتيادية



الشكل (6) نتائج هبوط الخرسانتين المدورة والاعتيادية



الشكل (7) مقارنة الكثافة بين الخرسانتين المدورة والاعتيادية في عمر 28 يوم.



الشكل (8) نتائج كثافة الخرسانتين المدورة والاعتيادية في عمر 28 يوم.

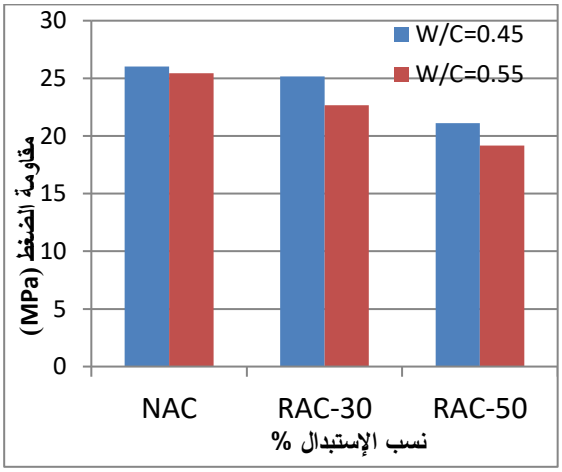
3- مقاومة الضغط

لوحظ من نتائج مقاومة الضغط ونسب الفرق ما بين الخرسانتين الاعتيادية (NAC-0) والمدورة (RCA) الموضحة في الجدول (7) ، وفي الشكلين رقم (9 ، 10)، انخفاض تدريجي في الخرسانة المدورة (RCA) مقارنة مع الخرسانة الاعتيادية (NAC-0) المنتجة من الركام الطبيعي، ويعزى ذلك لوجود المونة الإسمنتية القديمة الملتصقة على سطح الركام المعاد تدويره كما ذكر سلفا والتي تجعله يمتص الماء بشكل أسرع عند خلط المكونات ومما يؤثر عل عملية

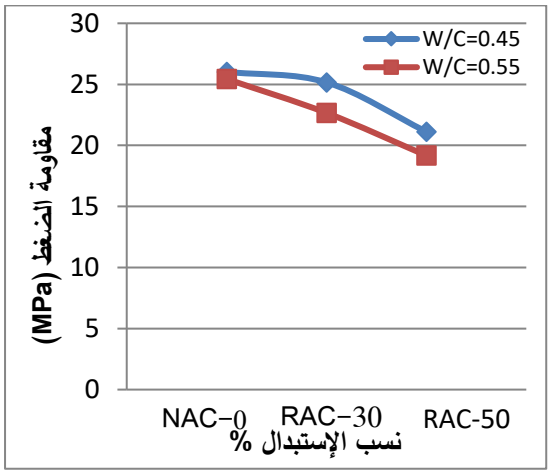
التفاعل والاماهة ، بالاضافة الى انه يؤدي ضعف التماسك مابين الركام المدور والعجينة الاسمنتية الجديدة ، ولكن رغم ذلك لم يكن الانخفاض كثيرا ويعتبر مقبولا للاعمال الخرسانية الاعتيادية حيث تراوحت مابين (3.31–10.93) و(18.83–24.65) لنسبتي الماء وللخرسانتين المدورة(RCA–30) و(RCA–50) على التوالي.

الجدول (7) متوسط مقاومة الضغط عند العمر 28 يوم

الخلطة	نسبة الإستبدال%	W/C	متوسط مقاومة الضغط (MPa)	نسبة الفرق في مقاومة الضغط (%)
NAC–0	0	0.45	26.02	--
RC–30	30	0.45	25.16	3.31
RC–50	50	0.45	21.12	18.83
NAC–0	0	0.55	25.44	--
RC–30	30	0.55	22.66	10.93
RC–50	50	0.55	19.17	24.65



الشكل (7) مقارنة الكثافة بين الخرسانتين المدورة والاعتيادية في عمر 28 يوم.



الشكل (8) نتائج كثافة الخرسانتين المدورة والاعتيادية في عمر 28 يوم.

الاستنتاجات

من النتائج التي اظهرتها هذه الدراسة تم استنتاج الآتي:

1– الركام الخشن المعاد من المخلفات الخرسانية يمتاز بوزن نوعي اقل وإمتصاص عالي مقارنة بالطبيعي.

2– تقل قابلية التشغيل بزيادة نسبة الركام المعاد في الخلطة الخرسانية ، وللتغلب على هذه المشكلة يمكن

إستعمال ملدنات فائقة او ركام مشبع بالماء والاعتناء بنظافة سطحه من العجينة الاسمنتية القديمة.

3- نسبة انخفاض الكثافة قليلة نسبيا ولا تزيد عن 3.66% لجميع الخلطات .

4- تنخفض مقاومة ضغط الخرسانة تدريجياً مع زيادة نسبة استبدال الركام ، ومع ذلك الإنخفاض لا يتجاوز عن (3.31%-10.93%)عند نسبة 30% كبديل للركام الطبيعي و(18.83%-24.65%) عند نسبة 50%، ويعتبر هذا الانخفاض مقبولا كخرسانة لكثير من الاعمال الخرسانية، ويشجع على استعماله.

التوصيات:

1- اجراء اختبار الصدم والتهشيم للركام الخشن ، واستعماله مشبعا بالماء وجاف السطح عند الخلط.

2- إجراء إختبارات الشد، و الإمتصاص، و المسامية , و النفاذية والمتانة للخلطات الخرسانية.

3- على الجهات المعنية اجراء نظام نوعي لإدارة مخلفات البناء و الهدم وفصل المخلفات من المصدر لاستعمال ركامها مباشرة ولضمان بيئة نظيفة للمجتمع والتخلص من افرازاتها الكيميائية ، وتوفير مساحات من الارض بدلا من ان تكون مكبات لتلك المخلفات .

4- اجراء دراسة مستفيضة للجدوى الاقتصادية من استعمال الركام المعاد تدويره من المخلفات الخرسانية.

المراجع

1- Malešev M., Radonjanin V. And Marinković S., (2010), "Recycled concrete as aggregate for structural concrete production". Sustainability *2.5,*1204-1225 - (Serbia).

2- PAUL, S. Mechanical Behaviour And Durability Performance Of Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate. Master's Thesis .The Department Of Civil Engineering Of The University Of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa, 2011, 128.

3- World Business Council for Sustainable Development - The Cement Sustainability Initiative- *Recycling Concrete* - 2009.

4- MURALI, G.; VIVEK, C.M.; RAJAN, G.; JANANI, N. Experimental Study On Recycled Aggregate Concrete. International Journal of Engineering Research and Applications, Vol 2, 2012, 407 -410 – (India).

5- JANKOVIĆ, K.; NIKOLIĆ, D.; BOJOVIĆ, D.; LONČAR, L.; ROMAKOV, Z. The Estimation Of Compressive Strength Of Normal And Recycled Aggregate Concrete. Architecture and Civil Engineering, Vol. 9, No 3, 2011, 419 – 431 - (Serbia).

6- TAM, V.W; GAO, X. F.; TAM, C.M. Microstructural analysis of recycled aggregate concrete

produced from two-stage mixing approach. Cement and Concrete Research, Vol 35, 2005,
1195 - 1203 - (Hong kong- China).

7- MONTGOMERY, D. G. Workability and compressive strength properties of concrete containing recycled concrete aggregate. SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1998,287-296 - (United ngdom).

8- TAM, V.W; TAM, C.M.; LE, K.N. Removal Of Cement Mortar Remains From Recycled Aggregate Using Pre-Soaking Approaches. Resources, Conservation and Recycling, Vol 50, 2007, 82-101- (Hong kong - China).

9- POON, C. S., SHUI, Z. H., LAM, L. and KOU, S. C. Influence Of Moisture States Of Natural And Recycled Aggregates On The Slump And Compressive Strength Of Hardened Concrete. Cement and Concrete Research, 2004, 31-36 - (Hong kong - China).

10- RAHAL, Kh. Mechanical Properties Of Concrete With Recycled Coarse Aggregate ,Building and Environment, Vol 42, 2007, 407-415- (Kuwait).

11- XIAO, J.; LI, J.; ZHANG, Ch. Mechanical Properties Of Recycled Aggregate Concrete Under Uniaxial Loading. Cement and Concrete Research, Vol 25, 2015, 1187-1194.

12- AKBARI Y. V.; ARORA, N. K.; VAKIL, M. D. Effect On Recycled Aggregate On Concrete Properties. International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol 04, No.6, 2011, 924-928.

13- ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARÍ, A., BARRA, M. Influence Of Amount Of Recycled Coarse Aggregates And Production Process. Cement and Concrete Research, Vol 37, 2007, 735-742.

14- KONIN, A.; KOUAIDO, D. Influence Of Cement Content On Recycled Aggregates Concrete. Modern Applied Science, Vol. 5, No. 1, 2011, 23-31.

15- PARK, S. Recycled Concrete Construction Rubble As Aggregate For New Concrete. Building Research Association of New Zealand, No. 86, 1999, 1-20.

16- Ashraf M. Wagih, Hossam Z. El-Karmoty, Magda Ebid, Samir H. Okba – "Housing and Building National Research Center"- HBRC Journal - Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete - P193 – 2013 - (Egybt).

17- عبد المنعم طرنبة ، نوري الباشا ، محمد المحروق ، عبد الخالق الباشا . اعادة تدوير مخلفات البناء بمدينة الزاوية لخدمة التنمية المستدامة - 2021

18- المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لسنة (2002 ف) لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية، المركز الوطني للمواصفات و المعايير القياسية – طرابلس.