# تحسين صفات البيتون المحضر من الحصويات البيتونية المدورة من المصادر المحلية بضبط نسبة الماء للإسمنت W/C

**الدكتور المهندس ماجد اسعد**
**استاذ مساعد قسم هندسة النقل والمواصلات**
**كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق**

---

الملخص :
تعتبر الحصويات مكون اساسي للمنتجات البيتونية حيث تشكل ما يقارب 75% من الحجم الكلي لها، وتؤثر بالتالي على مواصفات المنتجات البيتونية وخاصة مقاومتها على الضغط ، والتي تعتمد بشكل أساسي على المواصفات الفيزيائية والميكانيكية للحصويات الناتجة .
ونظرا لندرة الموارد الطبيعية واعتماد مبدأ التنمية المستدامة في تطوير الصناعات، طُرحت بدائل عن الحصويات الطبيعية ( المقالع) من خلال الاستبدال بحصويات مدورة ناتجة عن تحطيم وطحن أنقاض المباني ومخلفات الهدم *Waste Construction & Demolition (C&D W)* ، ذات المصادر المتعددة واستخدامها كحصويات خشنة بالأعمال البيتونية ، مما يحقق مبدأ الحفاظ على البيئة ومواردها .
أثبتت التجارب العلمية ان استخدام الحصويات البيتونية المدورة *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* كحصويات خشنة ، يُمكن من الحصول على منتج بيتوني جديد *Recycled Aggregate Concrete (RAC)* ذي مقاومة منخفضة على الضغط ، و ذلك وفق نسب الاستبدال المستخدمة .
يهدف هذا البحث لدراسة امكانية تحسين مقاومة الضغط للبيتون المنتج من الحصويات المدورة كحصويات خشنة، وفق ظروف الانتاج المحلية ، وذلك بتحديد نسب الاستبدال المستخدمة ومن خلال تعديل النسبة المائية الإسمنتية المستخدمة W/C *water-cement ratio*، ودراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمنتج بغية تحقيق الجدوى من استخدام واعادة تدوير نواتج الهدم، وبتوسيع نطاق استخدام البيتون المصنع من الحصويات المدورة ، مما ينعكس على تحسين واقع توظيف المكبات والتخلص من أنقاض المباني والهدم وحماية المقالع الطبيعية وتحقيق مبدأ التنمية المستدامة .
وتأتي اهمية البحث بتوسيع مجال استخدام الأنقاض ومخلفات الهدم كحصويات مدورة بيتونية لإنتاج بيتون يطابق الشروط المطلوبة في الأعمال الهندسية والمنشآت .

---

الكلمات المفتاحية :
نواتج هدم الابنية ، البيتون من الحصويات المدورة ، النسبة الإسمنتية المائية .

.

# Improving properties of Concrete made with Concrete Recycled Aggregate from local resources, by adjusting W/C

**Prof. Eng. Majed Asaad**
**Associate professor – Department of transportation engineering**
**Faculty of civil engineering- Damascus University**

## Abstract:

Aggregates are essential component of concrete products because it forms 75% of the total volume, therefore they have major effect on the properties of the concrete products specially the compression strength which mainly depends on the physical and mechanical properties of the resulted aggregates.

The scarce of the natural resources and adopting conceptions of sustainable resources in developing industry all led to bring up new alternatives to the natural aggregate (from quarries), through replacing them with recycled aggregate resulted from crushing and demolishing debris of Construction and Demolition Waste (C&D W) from several sources. These are used as coarse aggregate in concrete works to achieve principles of saving the environment and the resources.

Scientific researches proved that Recycled Concrete Aggregate (RCA)can be used as coarse aggregates to get a new concrete product and in producing Recycled Aggregate Concrete (RAC),characterized by decreased compression strength according to the replacement ratio.

In this research the possibility of improving the compression strength of the concrete made with recycled aggregates(from local resources) as coarse aggregate is studied, through defining the replacement ratio and modifying the water to cement ratio W/C used. Physical and mechanical properties of the new concrete product (RAC) are studied to achieve the technical and economic viability of using and recycling the demolition waste.

The purpose of this research is to expand the field of using Recycled Aggregate Concrete (RAC) which effects the improvement of landfills employing, disposal of construction and demolished wastes, protect the natural quarries, and achieving the principles of sustainable development.

The important view in this research is enhancing the use of debris and construction and demolition wastes as concrete recycled aggregates, to produce new concrete consistent with the required specifications in the engineering works and constructions.

---

Key words: Demolition wastes, Recycled aggregate concrete, W/C Ratio

**1- مقدمة :**

اهتم الباحثون والمعنيون في هيئات البحث العلمي والصناعي والمنظمات الحكومية ومنذ نهاية الحرب العالمية الثانية وخلال السنوات السابقة بمبدأ التدوير واعادة الانتاج من خلال سياسة التنمية المستدامة والحفاظ على مصادر الطاقة والبحث عن بدائل لها ، وبشكل خاص الحفاظ على الموارد الطبيعية من المقالع لمّا يشكل استثمارها من ضرر للبيئة واهتلاك لشبكات النقل وهدر لموارد الطاقة ، كما شكلت عمليات اعادة الاعمار في بعض البلدان سواء بهدف التطوير و التوسع العمراني او نتيجة للكوارث الطبيعية والحروب ، وسيلة هامة لاستثمار نفايات الهدم وبقايا الابنية المجمعة *Construction & Demolition Waste* (*C&D W*) والحد من مشكلة نقلها وتجميعها وتخصيص مكبات خاصة بها.

وتعتبر تقنية اعادة التدوير لهذه الانقاض والمخلفات من الحلول المعمول بها في العديد من بلدان العالم لتحقيق الاهداف والمشاكل العلمية والبيئية والهندسية المطروحة . حيث تبين ان الحصويات الناتجة عن التدوير والطحن تتمتع بقابلية كبيرة للتشغيل وذات جدوى اقتصادية بالإضافة لدورها في حفظ الموارد الطبيعية وحماية البيئة مقارنة مع الخيارات المطروحة .

وتبرز هذه الغاية كحاجة ملحة الآن في الجمهورية العربية السورية لمّا عانته من ندرة واستثمار جائر احيانا للموارد الطبيعية، وفي تأمين الحصويات الطبيعية كمادة اساسية للإنشاء ، اومن خلال حجم الانقاض والمخلفات الناتجة عن الكوارث والتدمير ، بالإضافة لمشاريع وخطط الدولة للتوسع العمراني من خلال تطوير المخططات التنظيمية و معالجة العشوائيات . وذلك بإفساح المجال امام استخدام هذه الانقاض بعد دراستها وتقييمها ومعالجتها ، كمادة بناء بديلة عن الحصويات الطبيعية الخشنة او الناعمة في انتاج الخلائط البيتونية متعددة الاستعمالات في مجال البناء والانشاء ، ذات مواصفات فنية جيدة متطابقة مع قواعد التصميم والكودات المعمول بها وتحقق شرط السلامة المطلوبة .

**2- استخدام الحصويات المدورة*(RCA) Recycle Concrete Aggregate* في انتاج خلطات بيونية *(RAC) Recycled Aggregate Concrete:***

دخلت صناعة التدوير في مجال البناء منذ منتصف القرن العشرين بعد الحرب العالمية الثانية، ومن خلال عمليات التطوير واعادة البناء في بلدان متعددة مثل ايطاليا والصين ، صربيا، اليابان ودول أخرى [1,2]، مما عزز أهداف الابحاث لمراكز البناء والتشييد بضرورة توسيع نطاق الاستخدام وتحسين وضبط المنتج ، حيث تم التركيز على دراسة تأثير حجم الحصويات المُنتجة ناعمة او خشنة ، على نوع المنتج المطلوب من حيث عالي المقاومة او بيتون عادي بالإضافة لدراسات متعددة [3,4,5,6] لتأثير مصادر الانقاض ، كما تبين ل[7,8,9] ان الحصويات المدورة البيتونية لها قدرة امتصاص عالية للماء وذلك بسبب المسامية العالية للطبقات السطحية للناتج المطحون وبمواصفات ميكانيكية مقبولة مقارنة مع الحصويات الطبيعية .

**2-1 – دراسة تأثير نسب الاستبدال على مواصفات المنتج البيتوني*(RAC):***

تركزت ابحاث المهتمين بشكل اساسي بإنتاج حصويات خشنة مدورة من العناصر البيتونية، واستخدامها بنسب استبدال مختلفة ضمن تراكيب الخلطات البيتونية بعد التحقق من مواصفاتها الاساسية ومواصفات المنتج البيتوني الجديد ، حيث توصل الصينيون [*10*] لاعتماد كودات تقنية لتحديد المتطلبات الأساسية في تدوير نواتج هدم الأبنية *DG/TJ07-008* ، كما استنتج [11,12] ان استبدال الحصويات الطبيعية الخشنة وبنسب تتراوح بين *% 25-30* تسمح بالحصول على منتجات

بمقاومات على الضغط بحدود *30 MPa* مع امكانية استخدامها في مجالات متعددة للأعمال الكتلية والبنى التحتية والقواطع ، حيث تخضع المقاومة على الضغط للانخفاض التدريجي مع زيادة نسب الاستبدال المستخدمة .

**2-2-دراسة تحسين مواصفات الحصويات المدورة *(RAC)* واثرها على المنتج :**

تركزت دراسات عديدة [ 7,8,9]على طرق تحسين مواصفات المنتج البيتوني المدور *(RCA)* وذلك من خلال اجراء عمليات نخل ميكانيكي لتخليص نواتج الطحن من المواد الملتصقة عليها وتبين ل [2] ان التنظيف الميكانيكي لمدة *15 min* يسمح بالتخلص الجيد من المونة الملتصقة على الحصويات الناتجة ، مما يقلل من هبوط مخروط ابرامز للبيتون الطازج وذلك من اجل نسب استبدال لا تتجاوز% *50* وخاصة عند استخدام التدرجات *10-20mm* ، مما انعكس على ارتفاع مقاومة الضغط لل*RAC* المحضر من الحصويات المدورة المعالجة ، مقارنة مع البيتون المحضر من حصويات مدورة غير معالجة .

**3-2-دراسة امكانية الحصول على منتجات بيتونية جديدة مثل *(HPC)* :**

توصل [13,14,15,16] لإمكانية انتاج بيتون عالي الاداء *High Performance Concrete HPC* من خلال تحسين مصدر الانقاض المطحونة وضبط التراكيب الحبية المناسبة للحصول على قابلية تشغيل ومواصفات ميكانيكية وديمومة جيدة مع ضبط *W/C* حيث انتج[17] بيتون عالي المقاومة *M45 وذلك* عند طحن عناصر بيتونية منتخبة وبنسب استبدال تصل ل*40%*، واثبت [14] ان رفع نسب الاستبدال لغاية *100%* ممكنة في حال كان البيتون المدور(المصدر) من ماركة *M80-100* والحصول على منتج *(HPC)*مطابق للمواصفات والشروط الفنية المطلوبة .

مما سبق نرى ان انتاج بيتون *(RAC)* باستخدام حصويات مدورة من انقاض المباني والهدم ممكن وبنسب اكبر من % *20* والتي اوصت معظم الدراسات انها لا تؤثر على مواصفات المنتج ، ويمكن دراسة الاستبدال بنسب قد تصل ل % *30-50* بعد ضبط المواد الداخلة بالتركيب ودراسة للمواصفات الفنية المطلوبة في اعمال المباني مما دفع بنا في هذا البحث لدراسة تغيير نسبة استبدال محددة وتأثيرها على مواصفات المنتج البيتوني مع ضبط نسبة *W/C* المستخدمة بالاعتماد على انقاض هدم ومخلفات مباني محلية

**3- التجارب المخبرية**

أعتمد الباحثون [3,5,18,19,20] اختيار جملة متغيرات لدراسة تأثير عوامل متعددة عند استخدام تقنية الحصويات المدورة ، من خلال المحافظة على محتوى الاسمنت وقابلية التشغيل الافتراضية ( هبوط مخروط ابرامز )، والقطر الاعظمي للحصويات $D_{max}$، التركيب الحبي لمزيج الحصويات من خلال التدرجات ومحتوى الحصويات الناعمة [21] . تم تحديد مصدر لنواتج هدم عشوائية من مناطق بريف دمشق الجنوبي ، حيث انتخبت عناصر انشائية ( اعمدة ، جوائز ، بلاطات ..) من ابنية منفذة ضمن ضوابط محلية ( ابنية سكنية بمناطق منظمة ) بعد فرزها وتكسيرها وتحويلها لقطع وذلك بواسطة ضواغط هوائية يسهل نقلها للكسارات والمطاحن ، وصولاً الى تدرجات حبية نظامية تصلح للاستخدام كحصويات خشنة للخلطات البيتونية ، اجريت التجارب لتحديد المواصفات الفيزيائية والميكانيكية لل *RCA* بالإضافة لاستحضار حصويات طبيعية (بكر) من مقلع في الحفير الشمالي واجريت نفس التجارب والاختبارات عليها وذلك وفق المواصفة القياسية السورية *332/2007* الخاصة بالحصويات المستخرجة من المصادر الطبيعية

والمستخدمة في أعمال الخرسانة [22] ومقارنة النتائج .

**3-1 اختبارات الحصويات الطبيعية :**

تم استخدام خليط من حصويات الفولي والعدسي بالإضافة لرمل الصب من مقلع الحفير الشمالي . وبعد تحضير عينات الحصويات بمعدل ثلاث نماذج لإجراء الاختبارات واخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج كما هي موضحة بالجدول1

**الجدول رقم 1 مواصفات الحصويات الطبيعية الخشنة والناعمة**

| فتحة المهزة (انش) | مواصفات الحصويات الخشنة | | | | | مواصفات الحصويات الناعمة (رمل الصب) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المار الكلي % | الفاقد بالاهتراء (لوس انجلوس) % | الوزن النوعي الكلي | الوزن النوعي المشبع جاف السطح | الامتصاص % | المار الكلي % | المكافئ الرملي % | الوزن النوعي الكلي | الوزن النوعي المشبع جاف السطح | الامتصاص % |
| 1 ½ | 100 | 17.8 | 2.70 | 2.75 | 1.1 | | | | | |
| 1 | 100 | | | | | | | | | |
| ¾ | 98.4 | | | | | | | | | |
| ½ | 69.3 | | | | | | | | | |
| 3/8 | 25.7 | | | | | 100 | 78 | 2.66 | 2.71 | 1.8 |
| N° 4 | 2.2 | | | | | 98.9 | | | | |
| N°8 | | | | | | 85.5 | | | | |
| N°16 | | | | | | 64.1 | | | | |
| N°30 | | | | | | 45.9 | | | | |
| N°50 | | | | | | 28.2 | | | | |
| N°100 | | | | | | 19.4 | | | | |
| N°200 | | | | | | 11.3 | | | | |

**3-2اختبارات الحصويات المدورة *RCA*:**

بعد تحضير الانقاض المستحضرة من عناصر انشائية متهدمة وتكسيرها وطحنها بعد فرزها وتحضيرها وفق التدرجات الحبية المعمول بها وبعد تحضير العينات بمعدل ثلاث نماذج من كل منطقة لإجراء الاختبارات واخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج والموضحة بالجدول رقم 2

**الجدول رقم 2 مواصفات الحصويات الخشنة المدورة**

| فتحة المهزة (انش) | 1 ½ | 1 | ¾ | ½ | 3/8 | N° 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| المار الكلي % | 100 | 100 | 96.8 | 71.9 | 30.3 | 5.1 |
| الفاقد بالاهتراء (لوس انجلوس)% | 28 | | | | | |
| الوزن النوعي الكلي | 2.58 | | | | | |
| الوزن النوعي المشبع جاف السطح | 2.68 | | | | | |
| الامتصاص% | 6.82 | | | | | |

**3-3-تصميم الخلطة البيتونية *RAC*:**

سيتم اعتماد الطريقة الاميركية *ACI-2003* في التصميم للخلطات البيتونية مع اعتبار $D_{max=}20$ والمقاومة الاسطوانية المميزة التصميمية $250\ Kg/cm^2$ مع نسبة ماء للإسمنت $W/C=0.45$ وهبوط مقترح للتشغيل *9 cm*، ودراسة تغير نسب الاستبدال *% 50 , 40 , 30* وتأثير ذلك على الصفات الاساسية للمنتج البيتوني الجديد مقارنة مع بيتون عادي(حصويات طبيعية *NA* )، ثم ضبط نسبة *W/C* وتغيرها من *0.45* الى *0.38* مع او بدون ملدنات ودراسة تأثير تغيرها على مقاومة الضغط للتراكيب المنتقاة

*NAC*

$I\text{-}RAC_{30}$ , $I\text{-}RAC_{40}$ , $I\text{-}RAC_{50}$ ,

$II\text{-}RAC_{30}$ , $II\text{-}RAC_{40}$ , $II\text{-}RAC_{50}$ .

$III\text{-}RAC_{30}$ , $III\text{-}RAC_{40}$ , $III\text{-}RAC_{50}$ .

*NAC* : بيتون عادي ، بحصويات طبيعية

*RAC* : بيتون من حصويات مدورة

*I* : $W/C = 0.45$

*II* : $W/C = 0.38$

*III* : $W/C = 0.38$ مع ملدن

*30,40,50* : نسب الاستبدال المستخدمة

**3-3-1 المواد المستخدمة :**

- الإسمنت *C* : اسمنت معمل السبع – لبنان ماركة *42.5*
- حصويات ناعمة (رمل الصب) *S* من مقلع الحفير الشمالي الجدول رقم 1
- حصويات خشنة طبيعية *NA* من مقلع الحفير الشمالي موضحة بالجدول رقم 1
- نواتج هدم عناصر بيتونية من منطقة ريف دمشق الجنوبي *RCA* موضحة بالجدول رقم 2
- الملدنات *Superplasticisier* : تم استخدام الملدن *GLENIUM 110M* من انتاج شركة *BASF* وهو ملدن عالي الاداء من الجيل الثالث مصنع من البولي كربوكسيلات *TYPE G* مطابق للمواصفة *ASTM C494* ، كثافته *1,08*

**3-3-2 نسب المواد الداخلة بتصميم الخلطات:**

تم تنفيذ عينات مكعبية *15*15*15* وعينات موشورية *55*10*10* وعينات اسطوانية *30*15* من النسب المقترحة اعلاه للحصويات الخشنة مع المحافظة على معطيات تصميم الخلطة من حيث كميات ونسب المواد الداخلة والقطر الأعظمي للحصويات وهبوط مقترح للتشغيل *9 cm* ، وبعد صب العينات باستخدام الطاولة الرجاجة لمدة *30* *Solitest Syntron VP51D1-1000 v/min. sec* لكل تركيب و بمعدل تسع مكعبات من كل تركيب وترقيمها وحفظها وفق الشروط المخبرية النظامية لمدة *28* يوم، واجراء اختبارات الكسر على الضغط والشد بالانعطاف ,ومقاومة الشد بالفلق ، تعطي الجداول رقم *3-6* وسطي النتائج للقراءات المسجلة، وكما تم اظهار هذه النتائج في الاشكال (1,2,3,4):

**الجدول رقم 3 معطيات ونسب المواد الداخلة بتركيب الخلطات المقترحة ونتائج اختبارات البيتون الطازج :**

| | *C* *Kg* | *Agg* *Kg* | *S* *Kg* | *W* *Kg* | *W/C* | *Add.* *%* | الهبوط الآني *cm* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *NAC* | *400* | *1220* | *720* | *180* | *0.45* | *0* | *9.6* |
| $I\text{-}RAC_{30}$ | | *850+370* | | *180* | *0.45* | *0* | *9.1* |
| $I\text{-}RAC_{40}$ | | *732+488* | | | | | *8.8* |
| $I\text{-}RAC_{50}$ | | *610+610* | | | | | *8.6* |
| $II\text{-}RAC_{30}$ | | *850+370* | | *152* | *0.38* | *0* | *8.6* |
| $II\text{-}RAC_{40}$ | | *732+488* | | | | | *8.2* |
| $II\text{-}RAC_{50}$ | | *610+610* | | | | | *7.9* |
| $III\text{-}RAC_{30}$ | | *850+370* | | *152* | *0.38* | *0.5* | *10.1* |
| $III\text{-}RAC_{40}$ | | *732+488* | | | | | *9.9* |
| $III\text{-}RAC_{50}$ | | *610+610* | | | | | *9.7* |

**الجدول رقم 4 مقاومة الضغط للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة:**

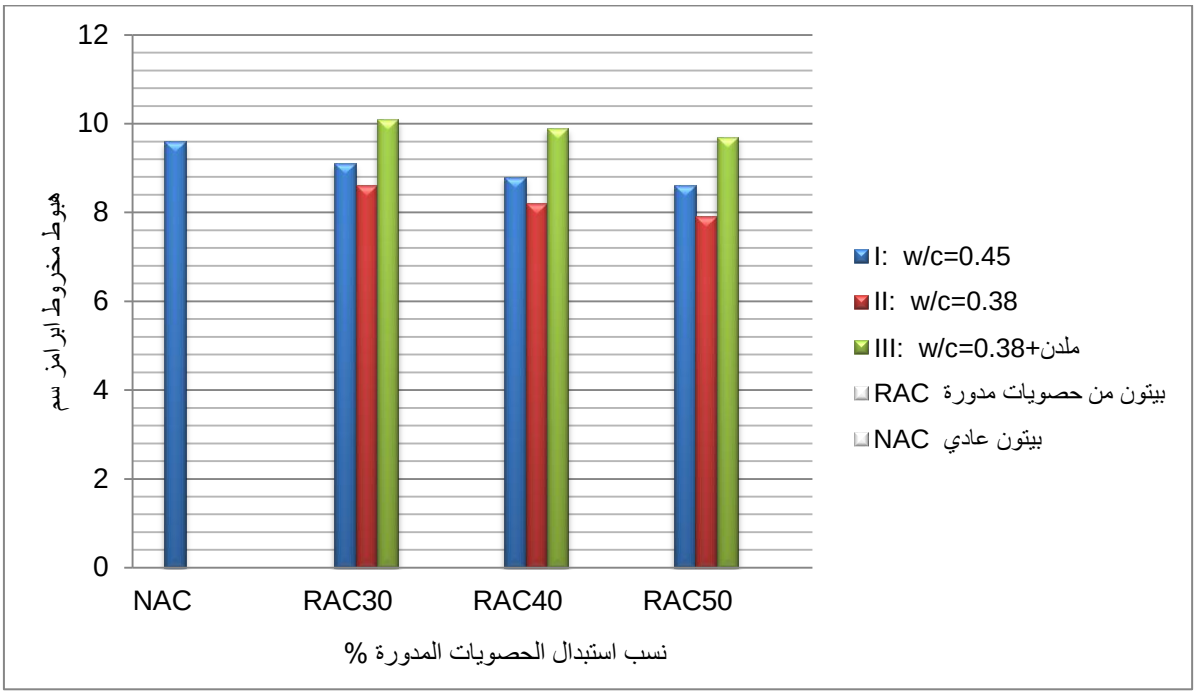
| نسبة الاستبدال | مقاومة الضغط $MPa$ و $\Delta\%$ | | |
|---|---|---|---|
| | *7 days* | *28 days* | |
| | | | $\Delta\%$ |
| *NAC* | *15.8* | *27.5* | *0* |
| *I-RAC$_{30}$* | *12.9* | *22.9* | *-17* |
| *I-RAC$_{40}$* | *12.3* | *22.5* | *-18* |
| *I-RAC$_{50}$* | *11.8* | *21.7* | *-21* |
| *II-RAC$_{30}$* | *13.5* | *24.9* | *-9* |
| *II-RAC$_{40}$* | *13.1* | *24.5* | *-11* |
| *II-RAC$_{50}$* | *12.9* | *23.8* | *-13.5* |
| *III-RAC$_{30}$* | *15.7* | *28.3* | *+8* |
| *III-RAC$_{40}$* | *14.8* | *27.8* | *+1* |
| *III-RAC$_{50}$* | *13.9* | *26.9* | *-2* |

**الجدول رقم 5 مقاومة الشد بالانعطاف للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة:**

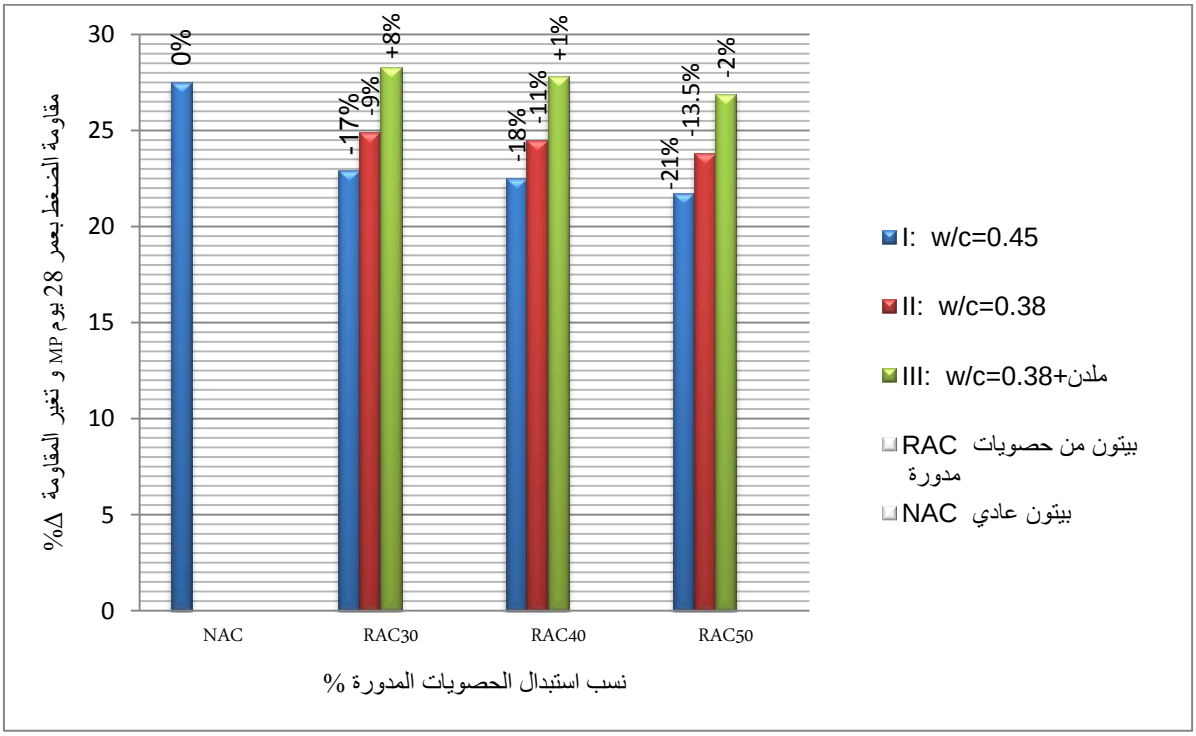
| نسبة الاستبدال | مقاومة الشد بالانعطاف $MPa$ و $\Delta\%$ | |
|---|---|---|
| | *28 days* | $\Delta\%$ |
| *NAC* | *4.9* | *0* |
| *I-RAC$_{30}$* | *4.7* | *-4* |
| *I-RAC$_{40}$* | *4.6* | *-6* |
| *I-RAC$_{50}$* | *4.4* | *-10* |
| *II-RAC$_{30}$* | *4.5* | *-8* |
| *II-RAC$_{40}$* | *4.3* | *-12* |
| *II-RAC$_{50}$* | *4.1* | *-16* |
| *III-RAC$_{30}$* | *5.0* | *+2* |
| *III-RAC$_{40}$* | *4.8* | *-2* |
| *III-RAC$_{50}$* | *4.7* | *-4* |

**الجدول رقم 6 مقاومة الشد بالفلق للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة:**

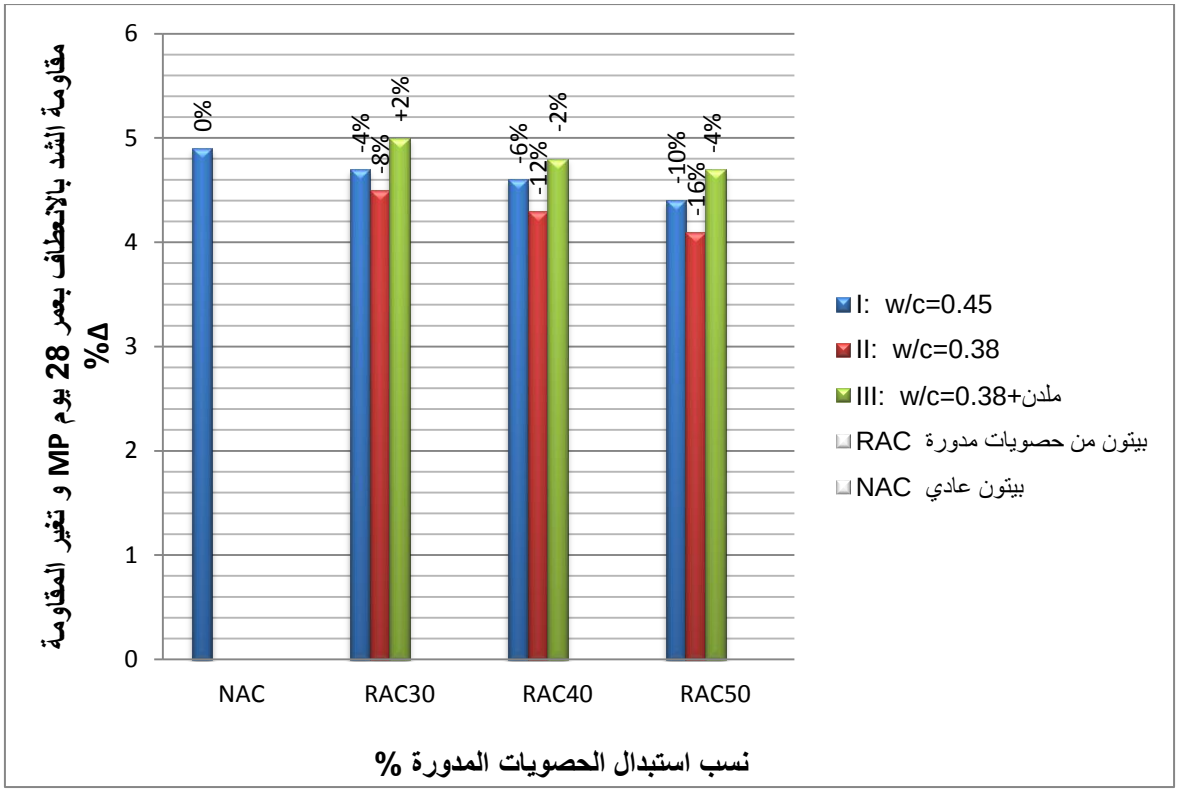
| نسبة الاستبدال | مقاومة الشد بالفلق $MPa$ و $\Delta\%$ | |
|---|---|---|
| | *28 days* | $\Delta\%$ |
| *NAC* | *3.5* | *0* |
| *I-RAC$_{30}$* | *3.4* | *-3* |
| *I-RAC$_{40}$* | *3.35* | *-4* |
| *I-RAC$_{50}$* | *3.2* | *-9* |
| *II-RAC$_{30}$* | *3.3* | *-6* |
| *II-RAC$_{40}$* | *3.15* | *-10* |
| *II-RAC$_{50}$* | *3.0* | *-14* |
| *III-RAC$_{30}$* | *3.5* | *0* |
| *III-RAC$_{40}$* | *3.3* | *-6* |
| *III-RAC$_{50}$* | *3.1* | *-11* |



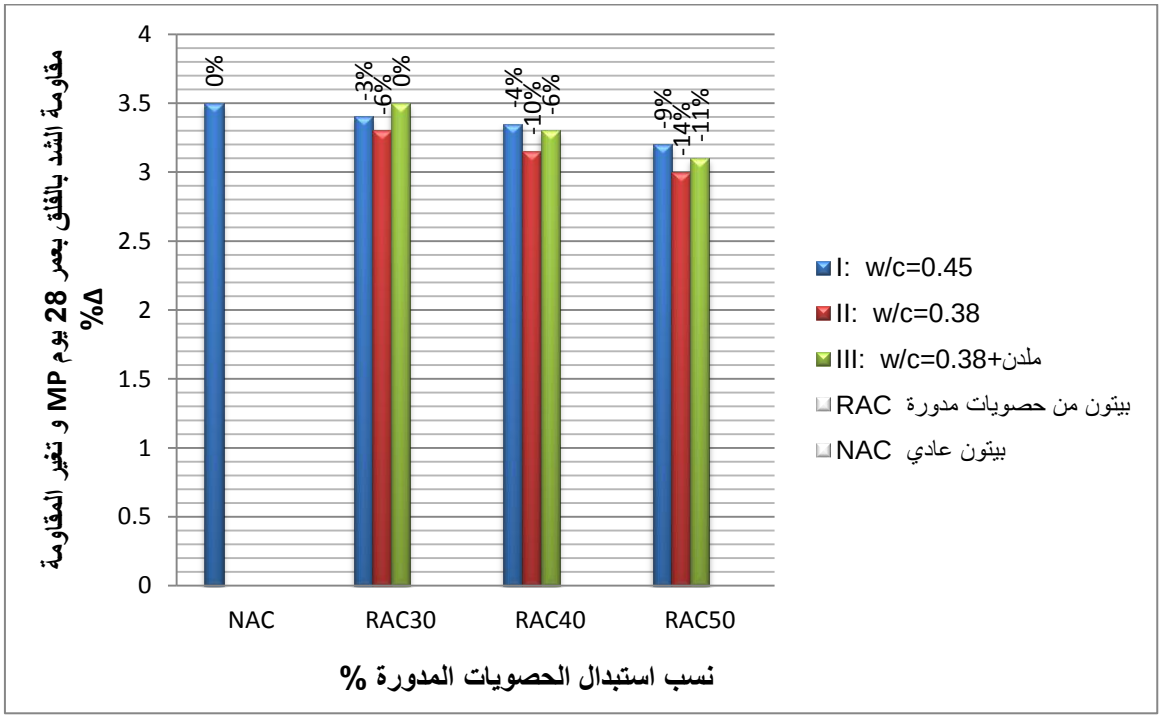

**الشكل رقم 1 تغير هبوط مخروط ابرامز CM مع تغير نسب الاستبدال ل RAC ووفق التراكيب المدروسة I,II,III**




**الشكل رقم 2 مقاومة الضغط بعمر 28 يوم و تغيرها Δ% وفق تغير نسب الاستبدال ل RAC ووفق التراكيب المدروسة I,II,III**




**الشكل رقم 3 مقاومة الشد بالانعطاف بعمر 28 يوم و تغيرها Δ% وفق تغير نسب الاستبدال ل RAC ووفق التراكيب المدروسة I,II,III**




**الشكل رقم 4 مقاومة الشد بالفلق بعمر 28 يوم و تغيرها Δ% وفق تغير نسب الاستبدال ل RAC ووفق التراكيب المدروسة I,II,III**

من قراءة الجداول ونتائج الاختبارات وبالمقارنة مع البيتون العادي ( حصويات طبيعية *NA*) نجد انه باستخدام الحصويات المدورة الخشنة وبزيادة نسبة الاستبدال لها ، يزداد النقص بمقاومة الضغط والشد بالانعطاف والشد بالفلق بالإضافة لانخفاض قابلية التشغيل ، حيث نجد ان قابلية التشغيل تنخفض مع زيادة نسبة الاستبدال ولكن تبقى ضمن الحدود المسموحة والمقبولة فنيا وذلك عند *W/C = 0.45* و بنسبة استبدال *50%*، ولكن نجد مع محاولة ضبط *W/C* وتخفيضها لقيمة *0.38* ، ان قابلية التشغيل ستنخفض ويتعذر الحصول على مخروط ابرامز مقارب للقيمة التصميمية *9 cm* على الرغم من التحسن بقيمة مقاومة الضغط وتقليص الفارق لحدود *13.5%* وذلك عند نسب استبدال *50* % بينما يمكن تعديل ذلك والاقتراب من الحدود المطلوبة بالتصميم وبالاشتراطات التصميمية من خلال ضبط نسبة *W/C* وتخفيضها لحدود *0.38* مع اضافة ملدن عالي الاداء ( سوبر ملدن ) *Super plasticizer* بنسبة لا تتجاوز *0.5 %* من وزن الاسمنت ، وبما لا يؤثر على الجدوى الاقتصادية للمنتج ، مما حافظ على المقاومات المطلوبة ضمن الحدود التصميمة بحيث حقق مقاومة على الضغط تصل ل *26.9 MPa* عند نسبة استبدال *50%* مع مقاومة على الشد بالانعطاف *4.7 MPa* والفلق *3.1 MPa* وذلك ضمن الحدود المعمول بها والمطلوبة باشتراطات التصميم .

النتائج :

1- امكانية استخدام الحصويات المدورة الخشنة المحلية *RCA* للحصول على منتجات بيتونية جديدة *RAC* ، تحقق شروط الاستثمار والتصميم المطلوبة .
2- ان ضبط النسبة الاسمنتية المائية لحدود *0.38* يكسب المنتج البيتوني الجديد مقاومة على الضغط تصل لحدود *23.8* عند استبدال *50* % مما سيخفض قابلية التشغيل بهبوط لمخروط ابرامز لقيمة *8.9 cm*
3- امكانية تحقيق المقاومة التصميمة على الضغط *25 MPa* للمنتجات البيتونية المدورة *RAC* عند استخدام *RCA* وبنسبة استبدال *50* % ، من خلال ضبط النسبة المائية الاسمنتية بالمشاركة مع الملدن وبقيمة *W/C =0.38*.
4- ضبط النسبة المائية الاسمنتية ل *W/C =0.38* وبالمشاركة مع الملدن للخلطات البيتونية المدورة *RAC* يؤدي لتحقيق المقاومة على الشد بالانعطاف والشد بالفلق المطلوبة بالتصميم مع نسبة استبدال *50* % للحصويات المدورة البيتونية *RCA*.

التوصيات :

انطلاقا من الواقع الحالي لكميات الانقاض المتزايدة ونفايات الهدم المجمعة وانطلاقا من نتائج البحث، لابد من التشجيع على استخدام تلك الانقاض ونفايات الهدم المحلية كحصويات مدورة خشنة للحصول على منتجات بيتونية جديدة بعد ضبط نسب المواد الداخلة بالتصميم ، وصولا لتحقيق التنمية المستدامة ، وحماية البيئة.

**المراجع العلمية :**


*1-N.Sivakumar,S.Muthukumar,V.Sivakumar,D.Gowtham , V.Muthuraj, Experimental Studies on High Strength Concrete by using Recycled Coarse Aggregate.Inter. Jour. Of Engi. And Science,4,01-2014,27-36*

*2-M . Pepe, R.D.ToledoFilho , E . Martinelli, E.A.B Koenders. Designing Concrete With Recycled Ecological Aggregates,Sustainable Building Conference 2013 Coventry University.*

*3-Li.X,Recycling and reuse of waste concrete in china : part1.material behaviour of recycled aggregate concrete ,Resour.Conserv.Recycl 53.2008,36-44 .*

*4-Malesev.M ,Radonjanin.V ,Marinkovic.S ,Recycled concrete as aggregate for structural concrete production ,Sustainability 2010,2,1204-1225;doi:10.3390/su2051204 .*

*5-Rahal, K. Mechanical properties of concrete with recycled coarse aggregate. Build. Environ .2007,1,407-415.*

*6-British Standard Institution BS882,Specification for Aggregate from natural resources for concrete 1992.*

*7-Corinaldesi V, Mechanical and elastic behaviour of concretes made of recycled concrete coarse aggregates,Construction and Building Materials , vol.24(9),1616-1620,2010*

*8-Etxeberria M,Vazquez E,MariA,Barra M, Influences of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete, Cement and Concrete Research 37(2007) 735-742.*

*9-Yong P.C.,Teo D.C.L , Utilisation of Recycled Aggregate as Coarse Aggregate in Concrete ,UNIMAS E-Journal of civil Engineering , Vol.1(1) ,2009.*

*10-Shanghai Construction Standard Society(SCSS) Technical Code for Application of recycled aggregate concrete (DG/TJ07-008),Shanghai;2007.*

*11-British Department of the Environment , Managing demolition and construction wastes , Report of the study on the recycling of demolition and construction wastes in the UK , HMSO London (1994) .*

*12-Srivastava A K L , Study on theus of Recycled Aggregate in concrete,. IJESRT ,2(2), 2013*

*13- Limbachiya M C , Leelawat T , Dhir R.K ,. Use of recycled concrete aggregate In high-strength concrete .Materials and structures ,Vol 33 ,2000,574-580.*

*14-Kou Shicong , Poon Chisun , Effect of Quality of parent concrete on the Mechanical Properties of high Performance Recycled Aggregate Concrete , Journal of tge Chinese Ceramic Society 2011.*

*15-Wittmann F H , Schwesinger P . High Performance Concrete Material Properites and Design [J].AEDIFICATIO Veriag Gmbh,German 1995*

*16-TU Tsung-Yueh ,CHEN Yuen-Yuen ,HWANG Chao-Lung . Properties of HPC with recycled aggregates [J] . , Cement and Concrete Research 36, 943-950, 2006*

*17-Chetna M Vyas ,Darshana R Bhart, Concept of Green Concrete Using Construction Demolished Waste As Recycled Coarse Aggregate ,. IJETT ,Vol 4(7) , 2013*

*18-Sanchez.M ,Alaejos.P, Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate ,Construction and building Materials 23 .2009,872-877 .*

*19-Sanchez de Juan, M.; Gutierrez, P.A. influence of recycled aggregate quality on concrete properties. In proceeding of the international RILEM Conference: The Use of Recycled Materials in Building and Structures, Barcelona, Spain, 8-11 November 2004; pp 545-553.*

*20-Etxeberria.M , Vazquez.E , Mari.A ,Barra.M , Influence of amount of coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete ,Cement and Concrete Research 37 .2007,735-742 .*

*21-Malesev, M.; Radonjanin, V.; Dimca, M. Research of possibility of application of recycled concrete as aggregate for new concrete—Part I. In Proceeding of 4th International Science Meeting, INDIS 2006 (planning, Design, Construction and Renewal in the Construction Industry), Novi Sad, Serbia, 22-24 November 2006; pp. 495-504.*

22- هيئة المواصفات القياسية السورية – الحصويات المستخرجة من المصادر الطبيعية والمستخدمة في أعمال الخرسانة 2007 / 332 .