تقييم الحصويات المدورة المحلية ونسب الاستبدال الممكنة للاستخدام في أعمال الخرسانة

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

الملخص :
يتم الحفاظ على البيئة ومواردها من خلال تكريس مفاهيم التنمية المستدامة والحفاظ على الطاقة وتوسيع مجالات استخدام الطاقات البديلة والمتجددة .
ضمن هذا الإطار يندرج الحفاظ على الموارد الطبيعية من الصخور والمقالع من الاستجرار الجائر ، أو إلقاء الفضلات الناتجة عن تهديم الأبنية والمشاريع ومخلفاتها في المكبات ، وهنا تشغل نظريات وتطبيقات إعادة تدوير المواد حيزاً كبيراً في هذا المجال في معظم دول العالم .
وتعتبر بقايا عملية الأعمار للمنشآت والأبنية ونواتج الهدم ونفاياته المتعددة من بيتون وخشب وحديد وحجر ومعادن ومواد ديكور وورق...والتي تختلف حسب اساليب الإنشاء المتبعة ، من أهم المشاكل البيئية حيث تشكل مواد البناء نسبة *30-40%* من الفضلات ويشغل البيتون نسبة *90%*من هذه الفضلات .
مما يدفع بالباحثين والمهتمين لإعادة استخدام وتدوير نواتج الهدم من البيتون والمباني ، كحصويات من البيتون المدور: *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* لإنتاج بيتون بمواصفات جديدة ومقبولة يُسمح باستخدامه بمجالات البناء والإنشاء والمعروف بالبيتون من حصويات مدورة: *Recycled Aggregate Concrete (RAC)* ، وهنا تشكل بقايا المباني والمنشآت *Construction & Demolition Waste (C&DW)* مادة أساسية وخيار مطروح لإعادة التدوير لما تتمتع به من قابلية كبيرة للتشغيل وذات جدوى إقتصادية بالإضافة لدورها في حفظ الموارد الطبيعية وحماية البيئة مقارنة مع الخيارات الأخرى.
يهدف هذا البحث لدراسة امكانية استخدام الحصويات المدورة من العناصر البيتونية الناتجة عن تهدم الابنية ومن تكسير وطحن الجمل الإنشائية لأنقاض المباني (اعمدة ، جدران ، بلاطات ..) أو أي عناصر انشائية أخرى .
ودراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية ومقارنتها مع خصائص الحصويات الطبيعية (البكر) مع دراسة نسب الاستبدال للحصويات الخشنة للحصول على منتج بيتوني جديد بمواصفات فنية جيدة يحقق متطلبات الاستخدام ومقارنته مع صفات البيتون المحضر من الحصويات الطبيعية وفق الشروط المحلية المتبعة ، بغية تحديد الجدوى من استخدام واعادة تدوير نواتج الهدم للأبنية ، لتحقيق مبدأ حماية البيئة والتنمية المستدامة .
وتأتي أهمية البحث بالتخفيف من الأنقاض المرحلة للمكبات والناتجة عن تهدم الأبنية والمنشآت مع الحفاظ على المقالع الطبيعية ، لتحقيق مبدأ التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة وطرح بدائل جديدة لمواد البناء المستخدمة في انتاج البيتون .

الكلمات المفتاحية :
التنمية المستدامة ،حصويات مدورة ، نواتج هدم الابنية ، البيتون من الحصويات المدورة ، نسب الاستبدال للحصويات

.

Evaluate Local Recycled Concrete Aggregates And possible content used in concrete construction works

Dr.eng Majed Asaad
Assist.prof.Department of transportation
Faculty of civil Eng. Damascus University

Abstract :

Saving environment and environmental resources through enhancing conceptions of sustainable development, saving energy, and increase fields of using alternative and renewable energies.

This framework includes saving the natural resources of rocks and quarries from oppressive withdrawal, or throwing wastes in landfills resulted from demolishing buildings and projects and its remains. In this context, the theories and applications of material recycling take a big role in most countries of the world.

The remains of building construction, demolition remains and its different types of waste (concrete, wood, steel, stones, metal, decorating materials and papers..etc.) that differs according to construction method , are considered to be one of the most important environmental problems. Construction materials are about 30_40% of wastes, and concrete is 90% of these wastes .

That makes researchers and concerned interested to reuse and recycle demolition wastes from concrete and buildings, and use it as (RCA) Recycled Concrete Aggregate, to produce concrete of new and accepted properties that can be used in building and construction, and which is called RAC (Recycled Aggregate Concrete). The construction and demolition waste (C&D W) is essential material and available choice in recycling, because of its high flexibility and economic feasibility, in addition to its role in saving natural resources and saving environment when compared to other options.

This research aims to study the possibility of using recycled aggregates from concrete elements resulted from building demolition, breaking and smashing structural systems of debris (slabs, walls, columns.. etc), or any other structural element. In addition to study the physical and mechanical properties and compare it with the properties of natural aggregates (raw). As well to study the replacement ratio of the coarse aggregates, to get a new concrete product with properties of high quality that meets all requirements of utilization. And then compare it with properties of concrete made from natural aggregates according to local conditions, to certify the feasibility of reusing and recycling the remains of demolished buildings in order to achieve the principle of saving environment and sustainable development.

The importance in this research is to decrease the remains sent to landfills from demolished buildings and projects, and saving natural quarries, to achieve the principle of sustainable development and saving environment, and suggest new alternatives to construction materials used in concrete production.

Key words:
Sustainable development , Recycled aggregates, Demolition wastes, Recycled aggregate concrete, Aggregate replacement Ratio .

1- مقدمة :

يعتبر الحفاظ على البيئة ومواردها من أهم الأهداف لدى المنظمات العالمية والحكومات والباحثين ، وذلك من خلال تكريس مفاهيم التنمية المستدامة والحفاظ على الطاقة وتوسيع مجالات استخدام الطاقات البديلة والمتجددة .

ضمن هذا الإطار يندرج الحفاظ على الموارد الطبيعية من الصخور والمقالع من الاستجرار الجائر ، أو إلقاء الفضلات الناتجة عن تهديم الأبنية والمنشآت ومخلفاتها في المكبات ، وهنا تشغل نظريات وتطبيقات إعادة تدوير المواد حيزاً كبيراً في هذا المجال في معظم دول العالم .

وتعتبر بقايا عملية الأعمار للأبنية والمنشآت ونواتج الهدم ونفاياته المتعددة من بيتون وخشب وحديد وحجر ومعادن ومواد ديكور وورق...والتي تختلف حسب اساليب الإنشاء المتبعة ، من أهم المشاكل البيئية حيث تشكل مواد البناء نسبة *30-40%* من الفضلات ويشغل البيتون نسبة *90%* من هذه الفضلات .

من وجهة نظر الحفاظ على البيئة ومفهوم التنمية المستدامة والاستخدام الفعال للموارد يعتبر من الضروري إعادة استخدام وتدوير فضلات البيتون والمباني كحصويات من البيتون المدور: *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* لإنتاج بيتون بمواصفات جديدة ومقبولة يُسمح باستخدامه بمجالات البناء والإنشاء والمعروف بالبيتون من حصويات مدورة: *Recycled Aggregate Concrete (RAC)* ، وهنا تشكل بقايا المباني والمنشآت *(C&D W) Waste Construction & Demolition* مادة أساسية وخيار مطروح لإعادة التدوير لما تتمتع به من قابلية كبيرة للتشغيل وذات جدوى إقتصادية بالإضافة لدورها في حفظ الموارد الطبيعية وحماية البيئة مقارنة مع الخيارات الأخرى.

تشغل صناعة مواد الإنشاء ومواد البناء في سورية اهتمام المعنيين والباحثين ، وبالنظر للكلف الاقتصادية ولندرة المصادر للمواد المتعارف استخدامها ، مما يتطلب طرح بدائل والتوسع في مجالات استخدام مواد البناء لتحقيق التنمية العمرانية ، من خلال التنمية المستدامة والحفاظ على الطاقة والموارد، وخاصة في المرحلة الحالية لّم تشكله الانقاض ونواتج الهدم من كمية ليست بقليلة مما يفرض ضرورة استخدامها ومعالجتها ، وذلك بعد دراستها وتوصيفها وتجريبها .

وتأتي أهمية البحث محلياً ضمن إهتمام الدولة والمجتمع بإيجاد حلول بديلة لكميات الأنقاض المنتشرة على كامل مساحة الوطن بالإضافة لخطة الدولة في المخططات التنظيمية الجديدة ومعالجة العشوائيات ، وضرورة التعامل مع هذه الكميات واستثمارها كمواد بديلة في مجال المباني والإنشاء حيث يكون الهدف هو تأمين حصويات خشنة وحصويات ناعمة يسمح بإستخدامها كحصويات بديلة للحصول على بيتون جيد وتحقق شروط الأمان المطلوبة .

2- استخدام الحصويات المدورة من عناصر بيتونية *(RCA)Recycled ConcreteAggregate:*

عرف العالم استخدام وتدوير نواتج الهدم بعد الحرب العالمية الثانية في ايطاليا [1]، كما اهتم الصينيون بهذه التقنية في مرحلة إعادة الاعمار وتجديد البنية التحتية للبلاد لتنتشر في تسعينيات القرن الماضي بباقي دول الاتحاد الأوربي كصربيا وهولندا وبلجيكا والدنمارك بالإضافة لليابان وانكلترا وفي نهاية عام *2010* سجلت الصين كمية *240* مليون طن من هذه النفايات [1] وبلغت في دول الاتحاد الأوربي كمية *850* مليون طن [2] ، مما حتم على المهتمين والمختصين بالتوسع بالدراسات والأبحاث ، لتحديد مواصفاتها وامكانية استخدامها .

2-1 – دراسة الصفات الفيزيائية والميكانيكية للحصويات البيتونية المدورة *(RCA):*

اهتمت المعاهد الصينية [1]بدراسة صفات الحصويات المدورة متعددة المصادر ومقارنتها مع الحصويات الطبيعية ومدى تأثير نسب الاستبدال على مواصفات المنتج البيتوني الجديد ومقارنة كل مؤشرات وصفات البيتون العادي والمدور وصولا لاعتماد كودات تقنية لتحديد المتطلبات الأساسية في تدوير نواتج هدم الأبنية [3]*DG/TJ07-008* نذكر بعض من هذه الأشتراطات الجدول (1):

الجدول 1: بعض متطلبات*RCA* في الكود التقني *DG/TJ07-008* [3] و *RILEM [4]*

	DG/TJ07-008		*RILEM*		
	Type I للانشاء	*Type II*	*Type I*	*Type II*	*Type III*
الكثافة Kg/m^3	*≥2400*	*≥2200*	*≥1500*	*≥2000*	*≥2400*
امتصاص الماء %	*≤7*	*≤ 10*	*≤ 20*	*≤10*	*≤ 3*
فاقد لوس انجلوس %	*≤30*		-	-	-
الاصالة %	*≤18*		-	-	-
عامل النحافة %	*≤ 15*		-	-	-

كما دُرس تأثير هذه الصفات على خواص المنتج الجديد اذ بينت النتائج انخفاض مقاومة الضغط لحدود *40%* ومقاومة الشد على الانعطاف لحدود *15%* بالاضافة لانخفاض في معامل المرونة ، والتي تختلف وفق نسب الاستبدال ومصدر الحصويات المدورة

2-2- دراسة تأثير مصدر الحصويات المدورة RCA على خصائص المنتج البيتوني :

درست المعاهد والجامعات في صربيا [5] تغير صفات المنتج البيتوني الجديد بتغير مصدر نواتج الهدم ، معتمدين على مخلفات المخابر العلمية ومعامل مسبقة الصنع وتبين انه مهما بلغت نسبة الاستبدال فالتأثير على خواص المنتج الجديد غير ملحوظة مقارنة بالبيتون العادي من الحصويات الطبيعية *NA* ويظهر ذلك على مقاومة الضغط بشكل اساسي حيث لاتلعب الحصويات المدورة دور سلبي وبنفس السياق ما يخص اجهاد الشد بالانعطاف ، بل سجل ان زيادة نسبة الاستبدال ل *100%* يمكن ان يزيد من مقاومة الضغط لحدود *25%* مقارنة بالبيتون العادي .، كما سجل هبوط مخروط ابرامز انخفاض بزيادة نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للبيتون الطازج و بحدود اقل لهبوط المخروط بعد *30* دقيقة.

2-3- دراسة تأثير المونة الملتصقة على الحصويات المدورة :

اظهرت اختبارات العديد من الباحثين [1,7,8,9,10,11,12,13] الاثر السلبي للمونة الملتصقة المتصلبة على الحصويات المدورة والمكونة من حصويات طبيعية ومونة ملتصقة متصلبة(غير متجانسة) وبالتالي تمتلك مواصفات مختلفة يجب اخذها بعين الاعتبار من حيث الكثافة وامتصاص الماء وفاقد لوس انجلوس مما ينعكس سلبا على صفات المنتج البيتوني الجديد بانخفاض حد المتانة على الضغط بحدود *25%*، وانخفاض بمعامل المرونة والتقلص الجاف . وهنا يظهر الاختلاف والتناقض في النتائج في قيمة حد المتانة على الضغط في الابحاث السابقة المذكورة تبعا لمصدر الحصويات مما حدا بباحثين [5] دراسة تغيير المصادر لنواتج الهدم واثر ذلك على تدني اوتحسين مواصفة المنتج الجديد وذلك من خلال

استخدام بقايا العناصر الانشائية من المخابر العلمية والعناصر مسبقة الصنع[5,6] حيث خلُص [7] بأنه يمكن التوصل ل *RAC* بمقاومة على الضغط لاتقل عن*25 MPa* باستخدام حصويات مدورة من منتج جيد و بمحتوى مونة متصلبة بحدود *44%* .

مما سبق نرى ان تدوير نواتج الهدم يمكن تطبيقه واستخدامه في انتاج مجبول بيتوني لاستخدامات متعددة شرط انتقاء المصدر وضبط نسب الاستبدال وتصميم خلطات ملائمة ، مما دفع بنا في هذا البحث لدراسة بعض الموارد المحلية (طبيعية ، بقايا هدم) ومقارنة مواصفاتها وصولا لمنتج بيتوني جديد يحقق الاهداف المرجوة منه.

3- التجارب المخبرية

سنعتمد اسلوب الاختبار من خلال جملة متغيرات اتبعها باحثون [1,7,8,10,14] لدراسة تأثير عوامل متعددة عند استخدام تقنية الحصويات المدورة ، من خلال المحافظة على نفس محتوى الاسمنت وقابلية التشغيل (هبوط المخروط) ، D_{max}، التركيب الحبي لمزيج الحصويات من خلال التدرجات ومحتوى الحصويات الناعمة [15] .تم تحديد مصدرين لنواتج هدم عشوائية من مناطق بريف دمشق الجنوبي والشرقي ، 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 [16] ومقارنة النتائج .

3-1- اختبارات الحصويات الطبيعية :

تم استخدام خليط من حصويات الفولي والعدسي بالاضافة لرمل الصب من مقلع الحفير الشمالي . وبعد تحضير عينات الحصويات بمعدل ثلاث نماذج لاجراء الاختبارات واخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج كما هي موضحة بالجدولين 2 و 3

الجدول رقم 2 مواصفات الحصويات الخشنة

فتحة المهزة (انش)	*1 ½*	*1*	*¾*	*½*	*3/8*	*N° 4*
المار الكلي %	*100*	*100*	*96.4*	*67.4*	*23.8*	*1.0*
الفاقد بالاهتراء (لوس انجلوس)%	*17.3*					
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.72*					
الامتصاص%	*0.46*					

الجدول رقم 3 مواصفات الحصويات الناعمة (رمل الصب)

فتحة المهزة (انش)	*3/8*	*N° 4*	*N°8*	*N°16*	*N°30*	*N°50*	*N°100*	*N°200*
المار الكلي %	*100*	*99.1*	*83.3*	*61.6*	*43.0*	*29.6*	*20.1*	*12.0*
المكافئ الرملي %	*74*							
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.48*							
الامتصاص %	*1.01*							

3-2-اختبارات 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 4

الجدول رقم 4 مواصفات الحصويات الخشنة المدورة

فتحة المهزة (انش)	*1 ½*	*1*	*¾*	*½*	*3/8*	*N° 4*
المار الكلي %	*100*	*100*	*97.7*	*71.3*	*31.5*	*3*
الفاقد بالاهتراء (لوس انجلوس)%	*29*					
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.52*					
الامتصاص%	*3.91*					

3-3- تصميم الخلطة البيتونية *RAC*:

سيتم اعتماد الطريقة الاميركية في التصميم للخلطات البيتونية مع اعتبار $D_{max=20}$ والمقاومة الاسطوانية المميزة التصميمية $250\ Kg/cm^2$ مع نسبة ماء للاسمنت $W/C=0.5$. وسنعتمد مقاييس مرجعية ثابتة تطبق على كل العينات المحضرة بالإضافة لكميات ونوعية الاسمنت المستخدم والرمل ، بحيث نتابع متغير واحد هو نوع ومصدر الحصويات الخشنة ونسب الاستبدال المطلوبة لنصل لمنتجات بيتونية جديدة :

NAC بيتون عادي ، بحصويات طبيعية

RAC_{I-30} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *30%*

RAC_{I-70} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *70%*

RAC_{I-100} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *100%*

RAC_{II-30} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *30%*

RAC_{II-70} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *70%*

RAC_{II-100} بيتون من حصويات مدورة بنسبة استبدال *100%*

3-3-1- المواد المستخدمة :

- الأسمنت *C*: اسمنت معمل السبع – لبنان ماركة *42.5*
- حصويات ناعمة (رمل الصب) *S* من مقلع الحفير الشمالي
- حصويات خشنة طبيعية *NA* من مقلع الحفير الشمالي
- نواتج هدم عناصر بيتونية من منطقتين بريف دمشق الشرقي والجنوبي RCA_{I} و RCA_{II}

3-3-2 نسب المواد الداخلة بتصميم الخلطات:

تم تنفيذ عينات مكعبية *15*15*15*وعينات موشورية *55*10*10*من النسب المقترحة اعلاه للحصويات الخشنة مع المحافظة على معطيات تصميم الخلطة من حيث كميات ونسب المواد الداخلة والقطر الأعظمي للحصويات وهبوط مقترح للتشغيل *7.5 cm*، وبعد صب العينات بمعدل تسع مكعبات من كل تركيب وترقيمها وحفظها وفق الشروط المخبرية النظامية لمدة *28* يوم، واجراء اختبارات الكسر على الضغط مع قياس التشوه بالانضغاطية والشد بالانعطاف وامتصاص الماء ، يعطي الجدول رقم *5* والجدول رقم *6* وسطي النتائج للقراءات المسجلة كالتالي ، وكما تم اظهار هذه النتائج في الاشكال (1,2,3,4):

الجدول رقم 5 معطيات ونسب المواد الداخلة بتركيب الخلطات المقترحة :

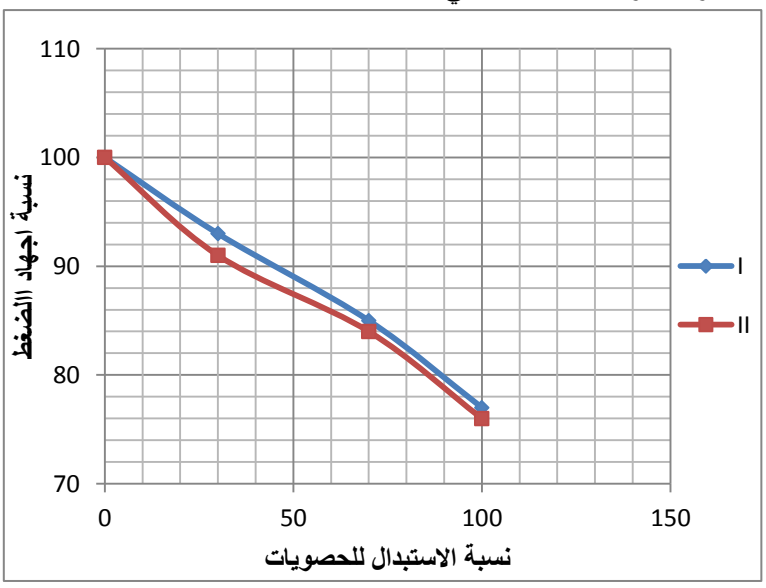
	C *Kg*	Agg *Kg*	S *Kg*	W *Kg*	D_{max}	الهبوط الآني	الهبوط بعد 30_{min}
NAC	*400*	*947.8*	*673.6*	*200*	*20*	*7.6*	*7.1*
RAC_{I-30}	*400*	*602+258*	*685.6*	*200*	*20*	*6.9*	*7.0*
RAC_{I-70}	*400*	*274+638*	*686.9*	*200*	*20*	*6.3*	*6.6*
RAC_{I-100}	*400*	*864*	*704.0*	*200*	*20*	*5.8*	*6.4*
RAC_{II-30}	*400*	*659+283*	*658.5*	*200*	*20*	*6.7*	*6.9*
RAC_{II-70}	*400*	*277+646*	*504.5*	*200*	*20*	*6.4*	*6.3*
RAC_{II-100}	*400*	*1016.4*	*596.3*	*200*	*20*	*5.6*	*6.2*

الجدول رقم 6 نتائج الاختبارات للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة :

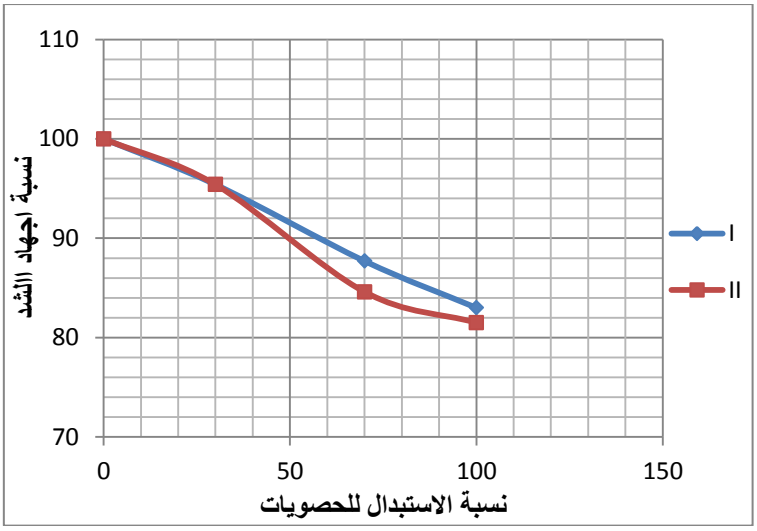
	مقاومة الضغط *MPa*		مقاومة الشد بالانعطاف *MPa*		الانضغاطية *mm*	امتصاص الماء *%*
	7 days	*28 days*	*7 days*	*28 days*		
NAC	*14.2*	*28.7*	*2.7*	*6.5*	*0.0020*	*5.5*
RAC_{I-30}	*12.7*	*26.7*	*2.6*	*6.2*	*0.0021*	*6.6*
RAC_{I-70}	*12.1*	*24.5*	*2.4*	*5.7*	*0.0023*	*7.2*
RAC_{I-100}	*11.6*	*22.1*	*2.1*	*5.4*	*0.0025*	*7.9*
RAC_{II-30}	*12.7*	*26.2*	*2.5*	*6.2*	*0.0021*	*6.3*
RAC_{II-70}	*12.0*	*24.0*	*2.3*	*5.5*	*0.0024*	*7.1*
RAC_{II-100}	*11.2*	*21.7*	*2.1*	*5.3*	*0.0026*	*7.7*

I الحصويات المدورة من ريف دمشق الشرقي

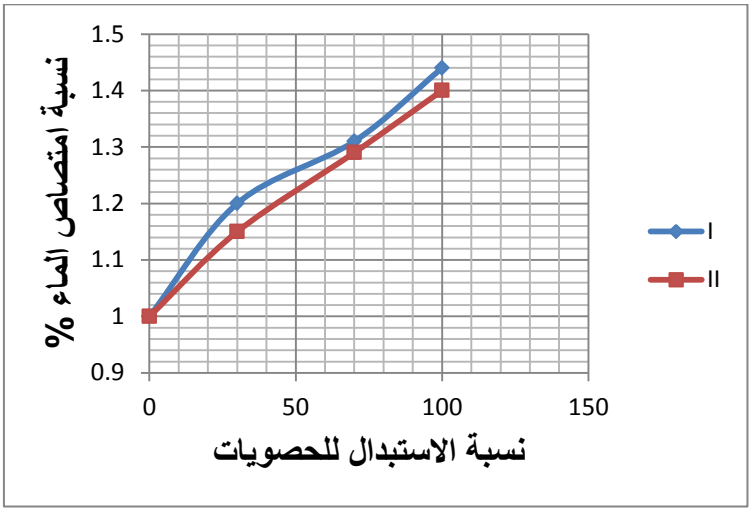
II الحصويات المدورة من ريف دمشق الجنوبي



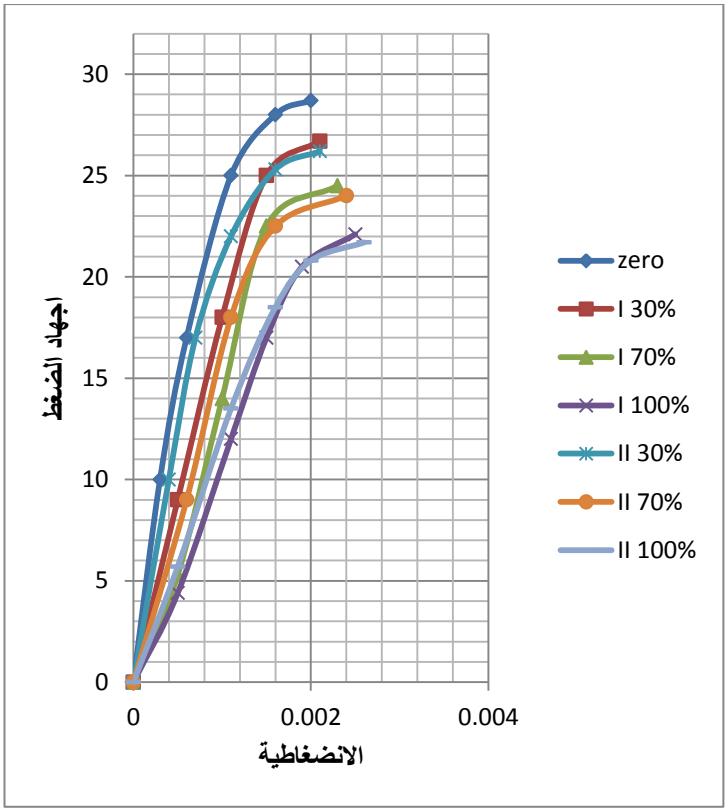
الشكل 1 يبين التغير في نسبة اجهاد الضغط مع ازدياد نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للعينات المدروسة بعمر 28 days



الشكل2 يبين التغير في نسبة اجهاد الشد بالانعطاف بازدياد نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للعينات المدروسة بعمر 28 days



الشكل 3 يبين التغير في نسبة امتصاص الماء بازدياد نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للعينات المدروسة



الشكل4 يبين تغير الانضغاطية مع ازدياد اجهاد الضغط للعينات المدروسة

من المقارنة مع الكودات والمواصفات المعمول بها ومن قراءة النتائج نجد ان كمية او نسبة الاستبدال لاتلعب دوراً اساسياً في انخفاض جودة المنتج الجديد بقدر ما تلعب نوعية نواتج الهدم المستخدمة دوراً بتحديد مواصفات المنتج الجديد ، ونجد ان استخدام الحصويات المدورة *RCA* من عناصر بيتونية انشائية يُمكّن من الحصول على منتجات بيتونية جديدة *RAC* بمقاومات على الضغط مقبولة وضمن الحدود المسموحة في الكودات والمواصفات المعمول بها شرط توفر المراقبة وضبط الجودة فنجد ان الانخفاض بمقاومة الضغط بعمر *28* يوم لا يتجاوز *25%* واجهاد الشد بالانعطاف لا يتجاوز *20%* ، كما ان ازدياد امتصاص الماء تصل لحدود *40%* وهي ضمن القيم المقبولة للعناصر البيتونية الانشائية ، كما نلاحظ من قراءة انخفاض قيمة الهبوط لمخروط ابرامز مع ازدياد نسبة الاستبدال للحصويات ومقارنة الهبوط الآني مع الهبوط بعد *30 min* ، وذلك للدور الذي تلعبه المونة الملتصقة المتصلبة ، وبالتالي مصدر الحصويات المدورة *RCA* ونوع المنشأة المهدمة وبالتالي كلما كانت العناصر المدورة من نوعية انشائية جيدة كلما اقتربنا من منتج بيتوني جيد ، ومن قراءة منحني الانكسار والانضغاطية نجد ان الانخفاض في المقاومة على الضغط تظهر واضحة ولكن نسبة التشوهات والانضغاطية للعينات لاتتأثر بشكل كبير رغم الانزياح البسيط بالمنحني ومع محافظة البيتون على سلوكه مقارنة مع العينات المرجعية ، وهنا يظهر جليا ان نسبة الاستبدال لا تغير كثيرا بالمواصفات والسلوك للعينات البيتونية من حيث سلوك التشوه مع انخفاض مقاومة الضغط ، ومن قراءة المتغيرات والقيم الناتجة نجد انها تبقى ضمن الحدود المسموح بها ، مما يسمح باستخدام الحصويات المدورة ***RCA*** في انتاج عناصر بيتونية جديدة ***RAC*** وبنسب استبدال تصل ل *100%*.

النتائج :

1- تعتمد مقاومة الضغط للبيتون من الحصويات المدورة بشكل اساسي على نوعية و مصدر الحصويات المدورة

2- لاتلعب نسبة الاستبدال دور اساسي في تغير وانخفاض صفات المنتج الجديد ،فيمكن الاستبدال بنسبة *100%*مع الحصول على بيتون بانخفاض للمقاومة على الضغط لاتزيد عن *25%* و *20%* على الشد بالانعطاف

3- امكانية استخدام نواتج الهدم للعناصر البيتونية ، لانتاج عناصر بيتونية جديدة تتمتع بمواصفات فنية مقبولة من حيث مقاومة الضغط والشد وامتصاص الماء مما يسمح باستخدامها لعناصر انشائية شرط المراقبة الفنية الجيدة وتحديد مواصفات ومصدر الانقاض .

التوصيات :

1- نوصي بضرورة دراسة المصادر المتعددة للانقاض الصالحة للاستخدام كحصويات مدورة لتديد صلاحيتها نظراً لتفاوت وتعدد مصادر المواد المحلية وبمقارنة نواتج التدوير للمصادر المختلفة مع مواصفات المواد المستخدمة عالمياً نتوقع ارتياب لا بأس به بسبب الاختلاف الكبير بالمادة (الأصل) المدورة كون شروط التنفيذ ومراقبة الجودة بورشاتنا منخفضة قياسا بالاشتراطات العالمية بالإضافة لعدم استقرار صفات مواد الإنشاء ، انطلاقا من الاسمنت المستخدم إلى عيارات الخلطات البيتونية .....، ولّمَ تحمله مخلفات العشوائيات من انعدام لشروط مراقبة الجودة ومنتجات متدنية بمواصفاتها الفنية.

2- نوصي بالسعي لايجاد مواصفة أو اشتراطات فنية تنظم آلية استخدام واستجرار الحصويات المدورة ، وذلك من خلال التوسع بدراسة مواصفات نواتج الهدم وتأثيرها على المنتج البيتوني الجديد ، مع التوسع بمجالات استخدامها كمادة بناء بديلة .

3- دراسة تأثير الإضافات المستخدمة للخلطات البيتونية لتحسين صفات المنتج الجديد والتوسع باستخدام الانقاض .

المراجع العلمية :

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

2- Fisher, c., Werge, M.EU as recycling Society; ETC/SCP working paper 2/2009; Available online : http ://scp.eionet.europa.eu.int(accessed on 14 august 2009)

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

4- RILEM recommendation: Specifications for concrete with recycled aggregate .Materials and Structures. 1994a; 27: 557-9.

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

6- Eurocode 2: Design of Concrete Structure—Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings (EN 1992-1-1); European Committee for Standardization (CEN): Brussels, Belgium, 2004.

7- 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 .

8-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.

9-Recycling of Demolished Concrete and Masonry; Hansen, T.C, Ed.; Taylor and francis:Oxfordshire,UK,1992;p.316.

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

11- Yang K.H; Chung, H.S; Ashour, A. Influence of type and replacement level of recycled aggregates on concrete properties. ACI Mater. J. 2008, 3, 289-296.

12-Evangelista, L.; Brito, J. Mechanical behavior of concrete made with fine recycled concrete aggregate. Cem. Concr. Compos. 2007, 5, 397-401.

13-Ajdukiewicz, A.; Kliszczewicz, A. Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. Cem. Concr. Compos. 2002, 2, 269-279.

14- 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 .

15- 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.

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