تقييم الحصويات المدورة المحلية ونسب الاستبدال الممكنة للاستخدام في أعمال الخرسانة

د.م. ماجد أسعد*

الملخص

يجري الحفاظ على البيئة ومواردها من خلال تعميق 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 إعادة تدوير المواد وتطبيقاتها حيزاً كبيراً في هذا المجال في معظم دول العالم .

وتعد بقايا عملية الإعمار للمنشآت والأبنية ونواتج الهدم ونفاياته المتعددة من بيتون وخشب وحديد وحجر ومعادن ومواد ديكور وورق... التي تختلف بحسب أساليب الإنشاء المتبعة، من أهم المشكلات البيئية إذْ تشكل مواد البناء نسبة 30-40% من الفضلات ويشغل البيتون نسبة 90% من هذه الفضلات.

مما يدفع بالباحثين والمهتمين لإعادة استخدام نواتج الهدم من البيتون والمباني وتدويرها، كحصويات من البيتون المدور: *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* لإنتاج بيتون بمواصفات جديدة ومقبولة يسمح باستخدامه في مجالات البناء والإنشاء والمعروف بالبيتون من حصويات مدورة: *Recycled Aggregate Concrete (RAC)*، وهنا تشكل بقايا المباني والمنشآت *Construction & Demolition Waste(C&DW)* مادة أساسية وخياراً مطروحاً لإعادة التدوير لما تتمتع به من قابلية كبيرة للتشغيل وذات جدوى اقتصادية فضلاً عن دورها في حفظ الموارد الطبيعية وحماية البيئة مقارنة بالخيارات الأخرى.

هدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية استخدام الحصويات المدورة من العناصر البيتونية الناتجة عن تهدم الأبنية ومن تكسير الجمل الإنشائية لأنقاض المباني وطحنها (أعمدة، جدران، بلاطات ..) أو أي عناصر إنشائية أخرى. ودراسة خواصها الفيزيائية والميكانيكية ومقارنتها بخصائص الحصويات الطبيعية (البكر) مع دراسة نسب الاستبدال للحصويات الخشنة للحصول على منتج بيتوني جديد بمواصفات فنية جيدة يحقق متطلبات الاستخدام ومقارنته بصفات البيتون المحضر من الحصويات الطبيعية وفق الشروط المحلية المتبعة، بغية تحديد الجدوى من استخدام نواتج الهدم للأبنية وإعادة تدويرها، 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 إنتاج البيتون.

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

* أستاذ مساعد قسم هندسة النقل والمواصلات- كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

1- المقدمة:

يعد الحفاظ على البيئة ومواردها من أهم الأهداف لدى المنظمات العالمية والحكومات والباحثين، وذلك من خلال تعميق 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 إعادة تدوير المواد وتطبيقاته حيزاً كبيراً في هذا المجال في معظم دول العالم .

وتعد بقايا عملية الإعمار للأبنية والمنشآت ونواتج الهدم ونفاياته المتعددة من بيتون وخشب وحديد وحجر ومعادن ومواد ديكور وورق... التي تختلف بحسب أساليب الإنشاء المتبعة، من أهم المشكلات البيئية إذْ 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 يعد من الضروري إعادة استخدام فضلات البيتون والمباني وتدويرها كحصويات من البيتون المدور: *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* لإنتاج بيتون بمواصفات جديدة ومقبولة يسمح باستخدامه في مجالات البناء والإنشاء والمعروف بالبيتون من حصويات مدورة: *Recycled Aggregate Concrete (RAC)*، وهنا تشكل بقايا المباني والمنشآت *Waste Construction & Demolition (C&D W)* مادة أساسية وخياراً مطروحاً لإعادة التدوير لما تتمتع به من قابلية كبيرة للتشغيل وذات جدوى اقتصادية فضلاً عن دورها في حفظ الموارد الطبيعية وحماية البيئة مقارنة بالخيارات الأخرى.

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

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

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

عرف العالم استخدام نواتج الهدم وتدويرها بعد الحرب العالمية الثانية في ايطاليا [1]، كما اهتم الصينيون بهذه التقنية في مرحلة إعادة الإعمار وتجديد البنية التحتية للبلاد لتنتشر في تسعينيات القرن الماضي بباقي دول الاتحاد الأوربي كصربيا وهولندا وبلجيكا والدنمارك فضلاً عن اليابان 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 التوسع بالدراسات والبحوث، لتحديد مواصفاتها وإمكانية استخدامها.

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

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

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

	DG/TJ07-008		*RILEM*		
	Type I للإنشاء	*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*		-	-	-
الأصالة %	*≤18*		-	-	-
عامل النحافة %	*≤ 15*		-	-	-

كما درس تأثير هذه الصفات في خواص المنتج الجديد إذ بينت النتائج انخفاض مقاومة الضغط إلى حدود *40%* ومقاومة الشد على الانعطاف إلى حدود *15%*، فضلاً عن انخفاض في معامل المرونة، التي تختلف وفق نسب الاستبدال ومصدر الحصويات المدورة.

2-2- دراسة تأثير مصدر الحصويات المدورة RCA في 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 أنّه مهما بلغت نسبة الاستبدال فالتأثير في خواص المنتج الجديد غير ملحوظة مقارنة بالبيتون العادي من الحصويات الطبيعية *NA*، ويظهر ذلك على مقاومة الضغط بشكل أساسي إذْ لا تؤدي الحصويات المدورة دوراً سلبياً وفي السياق نفسه ما يخص إجهاد الشد بالانعطاف، بل سجل أن زيادة نسبة الاستبدال ل *100%* يمكن أن يزيد من مقاومة الضغط إلى حدود *25%* مقارنة بالبيتون العادي.، كما سجل هبوط مخروط ابرامز انخفاضاً بزيادة نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للبيتون الطازج وبحدود أقل لهبوط المخروط بعد *30* دقيقة.

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

أظهرت اختبارات العديد من الباحثين [1,7,8,9,10,11,12,13] الأثر السلبي للمونة الملتصقة المتصلبة على الحصويات المدورة والمكونة من حصويات طبيعية ومونة ملتصقة متصلبة (غير متجانسة)، ومن ثَم تمتلك مواصفات مختلفة يجب أخذها بالحسبان 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 والتقاص الجاف. وهنا يظهر الاختلاف والتناقض في النتائج في قيمة حد المتانة على الضغط في البحوث السابقة المذكورة تبعاً لمصدر الحصويات مما حدا بباحثين [5] دراسة تغيير المصادر لنواتج الهدم وأثر ذلك في تدني مواصفة المنتج الجديد أو

تحسينها؛ وذلك من خلال استخدام بقايا العناصر الإنشائية من المخابر العلمية والعناصر مسبقة الصنع [5,6] إذْ خلُص [7] إلى أنه يمكن التوصل إلى *RAC* بمقاومة على الضغط لا تقل عن *25 MPa* باستخدام حصويات مدورة من منتج جيد وبمحتوى مونة متصلبة بحدود *44%* مما سبق نرى أن تدوير نواتج الهدم يمكن تطبيقه واستخدامه في إنتاج 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 وصولاً إلى منتج بيتوني جديد يحقق الأهداف المرجوة منه.

3- التجارب المخبرية

اعتمدنا أسلوب 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 محتوى الاسمنت نفسه وقابلية التشغيل (هبوط المخروط)، D_{max}، التركيب الحبي لمزيج الحصويات من خلال التدرجات ومحتوى الحصويات الناعمة [15]. حدد مصدران لنواتج هدم عشوائية من مناطق بريف دمشق الجنوبي والشرقي، حيث انتخبت عناصر إنشائية (أعمدة، جوائز، بلاطات ..) من أبنية منفذة ضمن ضوابط محلية (أبنية سكنية بمناطق منظمة) بعد فرزها وتكسيرها وتحويلها لقطع، وذلك بواسطة ضواغط هوائية يسهل نقلها إلى الكسارات والمطاحن، وصولاً إلى تدرجات حبية نظامية تصلح للاستخدام كحصويات خشنة للخلطات البيتونية، أُجريتْ التجارب لتحديد المواصفات الفيزيائية والميكانيكية لل*RCA* فضلاً عن استحضار حصويات طبيعية (بكر) من مقلع في الحفير الشمالي وأُجريتْ التجارب والاختبارات نفسها 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:

اِستُخْدِم خليط من حصويات الفولي والعدسي فضلاً عن رمل الصب من مقلع الحفير الشمالي. وبعد تحضير عينات الحصويات بمعدل ثلاثة نماذج لإجراء الاختبارات وأخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج كما هي موضحة في (الجدولين 2 و3).

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*							

2-3- اختبارات الحصويات المدورة *RCA*:

بعد تحضير الأنقاض المستحضرة من عناصر إنشائية متهدمة وتكسيرها وطحنها بعد فرزها وتحضيرها وفق التدرجات الحبية المعمول بها وبعد تحضير العينات بمعدل ثلاثة نماذج من كل منطقة لإجراء الاختبارات وأخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج والموضحة (في الجدول رقم 4).

الجدول رقم 4 مواصفات الحصويات الخشنة المدورة

فتحة المهزة (لنش)	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*:

اِعتُمِدتِ الطريقة الأميركية في التصميم للخلطات البيتونية مع عد $D_{max} = 20$ والمقاومة الأسطوانية المميزة التصميمية $250\ Kg/cm^2$ مع نسبة ماء للإسمنت $W/C=0.5$. واعتمدنا مقاييس مرجعية ثابتة تطبق على العينات المحضرة كلّها فضلاً عن كميات الYاسمنت المستخدم والرمل ونوعيتهما، بحيث نتابع متغيراً واحداً هو نوع الحصويات الخشنة ومصدرها ونسب الاستبدال المطلوبة لنصل إلى منتجات 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%

1-3-3- المواد المستخدمة:

- الإسمنت *C*: إسمنت 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}

2-3-3 نسب المواد الداخلة بتصميم الخلطات:

نُفذَتْ عينات مكعبية *15*15*15* وعينات موشورية *55*10 * 10* من النسب المقترحة أعلاه للحصويات الخشنة مع المحافظة على معطيات تصميم الخلطة من حيث كميات المواد الداخلة ونسبها والقطر الأعظمي للحصويات وهبوط مقترح للتشغيل *7.5 cm*، وبعد صب العينات بمعدل تسعمكعبات من كل تركيب وترقيمها وحفظها وفق الشروط المخبرية النظامية مدة *28* يوماً، وإجراء اختبارات الكسر على الضغط مع قياس التشوه بالانضغاطية والشد بالانعطاف وامتصاص الماء، يعطي الجدولان رقم *5* ورقم *6* وسطي النتائج للقراءات المسجلة كالآتي، وكما أُظْهِرتْ هذه النتائج في الأشكال (1,2,3,4):

الجدول رقم 5 معطيات المواد الداخلة في تركيب الخلطات المقترحة ونسبها

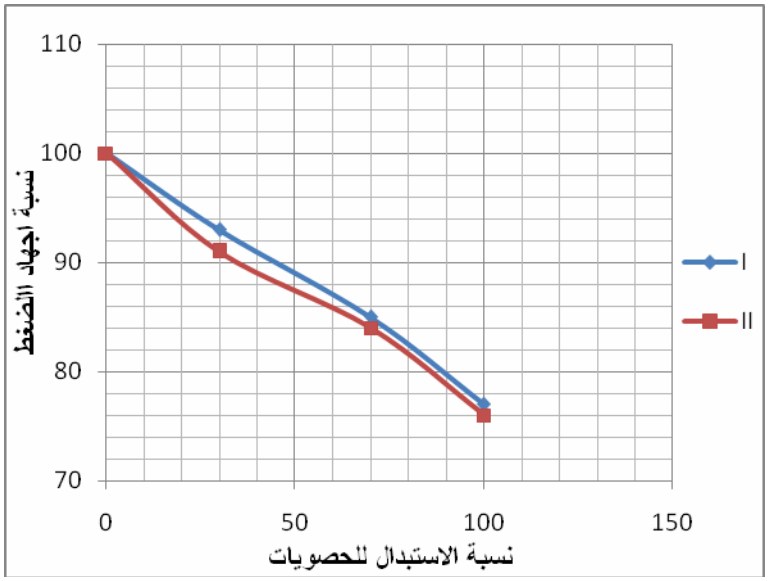
	C *Kg*	Agg*Kg*	S *Kg*	W *Kg*	D_{max}	الهبوط لآني	الهبوط بعد 30_{min}
NAC	*400*	*947.8*	*673.6*	*200*	*20*	*7.6*	*7.1*
RAC_{I-30}	*400*	*602+258*	*685.6*	*200*	*20*	*6.9*	*7.0*
RAC_{I-70}	*400*	*274+638*	*686.9*	*200*	*20*	*6.3*	*6.6*
RAC_{I-100}	*400*	*864*	*704.0*	*200*	*20*	*5.8*	*6.4*
RAC_{II-30}	*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

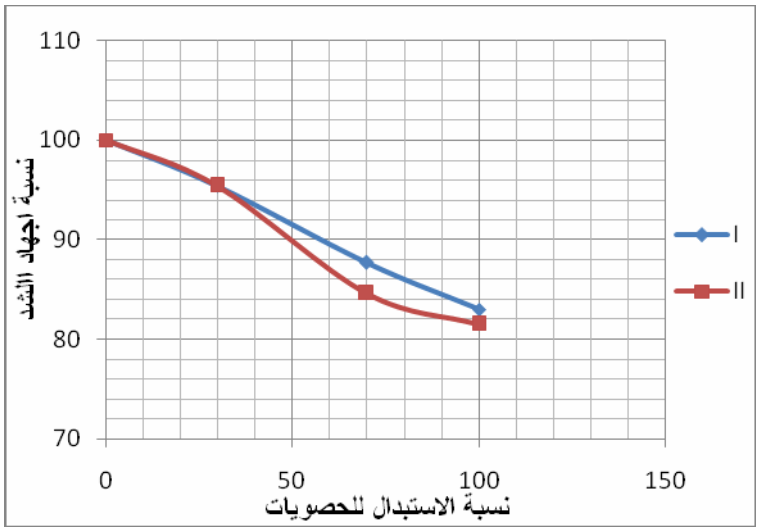
	مقاومة الضغط *MPa*		مقاومة الشد بالانعطاف *MPa*		الانضغاطية *mm*	امتصاص الماء%
	7 days	*28 days*	*7 days*	*28 days*		
NAC	*14.2*	*28.7*	*2.7*	*6.5*	*0.0020*	*5.5*
RAC_{I-30}	*12.7*	*26.7*	*2.6*	*6.2*	*0.0021*	*6.6*
RAC_{I-70}	*12.1*	*24.5*	*2.4*	*5.7*	*0.0023*	*7.2*
RAC_{I-100}	*11.6*	*22.1*	*2.1*	*5.4*	*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

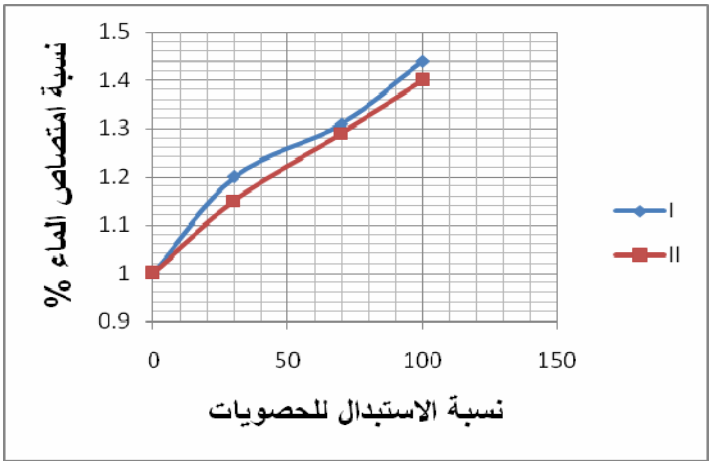
II الحصويات المدورة من ريف دمشق الجنوبي



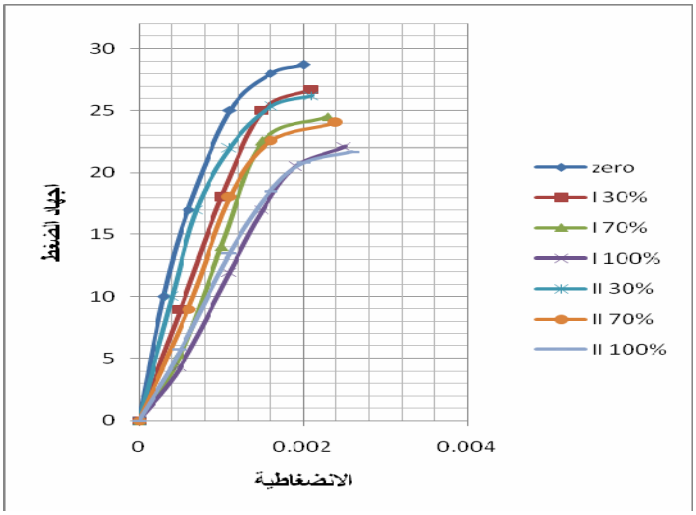
الشكل 1 يبين التغير في نسبة إجهاد الضغط مع ازدياد نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للعينات المدروسة بعمر 28 days



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



الشكل3 يبين التغير في نسبة امتصاص الماء بازدياد نسبة الاستبدال للحصويات المدورة للعينات المدروسة



الشكل4 يبين تغير الانضغاطية مع ازدياد إجهاد الضغط للعينات المدروسة

من المقارنة بالكودات والمواصفات المعمول بها ومن قراءة النتائج نجد أن كمية أو نسبة الاستبدال لا تؤدي دوراً أساسياً في انخفاض جودة المنتج الجديد بقدر ما تؤدي نوعية نواتج الهدم المستخدمة دوراً في تحديد مواصفات المنتج الجديد، ونجد أن استخدام الحصويات المدورة *RCA* من عناصر بيتونية إنشائية يمكّن من الحصول على منتجات بيتونية جديدة *RAC* بمقاومات على الضغط مقبولة وضمن الحدود المسموحة في الكودات والمواصفات المعمول بها شرط توافر المراقبة وضبط الجودة فنجد أن الانخفاض بمقاومة الضغط بعمر*28* يوماً يتجاوز *25%* وإجهاد الشد بالانعطاف لا يتجاوز *20%*، كما أن ازدياد امتصاص الماء يصل إلى حدود *40%* وهي ضمن القيم المقبولة للعناصر البيتونية الإنشائية، كما نلاحظ من قراءة انخفاض قيمة الهبوط لمخروط ابرامز مع ازدياد نسبة الاستبدال للحصويات ومقارنة الهبوط الآني بالهبوط بعد *30 min*، وذلك للدور الذي تؤديه المونة الملتصقة المتصلبة، ومن ثَم مصدر الحصويات المدورة *RCA* ونوع المنشأة المهدمة ومن ثَم كلما كانت العناصر المدورة من نوعية إنشائية جيدة كلما اقتربنا من منتج بيتوني جيد ، ومن قراءة منحنى الانكسار والانضغاطية نجد أن الانخفاض في المقاومة على الضغط تظهر واضحة ولكن نسبة التشوهات والانضغاطية للعينات لا تتأثر بشكل كبير رغم الانزياح البسيط بالمنحنى ومع محافظة البيتون على سلوكه مقارنة بالعينات المرجعية، وهنا يظهر جلياً أن نسبة الاستبدال لا تغير كثيراً بالمواصفات والسلوك للعينات البيتونية من حيث سلوك التشوه مع انخفاض مقاومة الضغط، ومن قراءة المتغيرات والقيم الناتجة نجد أنها تبقى ضمن الحدود المسموح بها، مما يسمح باستخدام الحصويات المدورة ***RCA*** في إنتاج عناصر بيتونية جديدة ***RAC*** وبنسب استبدال تصل إلى *100%*.

النتائج:

1- تعتمد مقاومة الضغط للبيتون من الحصويات المدورة اعتماداً أساسياً على نوعية الحصويات المدورة ومصدرها.

2- لا تؤدي نسبة الاستبدال دوراً أساسياً في تغير صفات المنتج الجديد وانخفاضها، فيمكن الاستبدال بنسبة *100%* مع الحصول على بيتون بانخفاض للمقاومة على الضغط لا تزيد على *25%* و*20%* على الشد بالانعطاف

3- إمكانية استخدام نواتج الهدم للعناصر البيتونية، لإنتاج عناصر بيتونية جديدة تتمتع بمواصفات فنية مقبولة من حيث مقاومة الضغط والشد وامتصاص الماء مما يسمح باستخدامها لعناصر إنشائية شرط المراقبة الفنية الجيدة، وتحديد مواصفات الأنقاض ومصدرها.

التوصيات:

1- نوصي بضرورة دراسة المصادر المتعددة للأنقاض الصالحة للاستخدام كحصويات مدورة لتحديد صلاحيتها نظراً إلى تفاوت مصادر المواد المحلية وتعددها، وبمقارنة نواتج التدوير للمصادر المختلفة بمواصفات المواد المستخدمة عالمياً نتوقع ارتياباً لا بأس به بسبب الاختلاف الكبير بالمادة (الأصل) المدورة كون شروط التنفيذ ومراقبة الجودة بورشاتنا منخفضة قياساً بالاشتراطات العالمية فضلاً عن عدم استقرار صفات مواد الإنشاء، انطلاقا من الإسمنت المستخدم إلى عيارات الخلطات البيتونية.....، ولّم تحمله مخلفات العشوائيات من انعدام شروط مراقبة الجودة ومنتجات متدنية بمواصفاتها الفنية.

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

3- دراسة تأثير الإضافات المستخدمة للخلطات البيتونية في تحسين صفات المنتج الجديد والتوسع باستخدام الأنقاض.

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 .

* تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2014/6/8