دراسة أثر استخدام الحصويات المدورة الناعمة في الخلطات البيتونية

الدكتور المهندس ماجد اسعد

استاذ مساعد قسم هندسة النقل والمواصلات

كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق

الملخص :

تشغل أنقاض المباني وهدم المنشآت مساحات كبيرة عند التخزين في المكبات المخصصة لذلك ، مما ينعكس سلباً على البيئة ويقلص من المساحات الخضراء ، وتشكل عملية النقل والتخزين نزيف للاقتصاد الوطني ، لذلك تعتبر اعادة تدويرها لاستخدامها بإنتاج عناصر جديدة في مجال الهندسة ومواد البناء ، هدف لأعمال التنمية المستدامة والحفاظ على الطاقة البديلة .

اهتم العديد من الباحثين باستخدام واعادة تدوير انقاض المباني *Construction & Demolition Waste(C&DW)* وبشكل كبير كحصويات خشنة للأعمال البيتونية والطرقية ، بينما توجد دائما محاذير من استخدامها كحصويات ناعمة في الخلطات البيتونية وتفرض ضوابط لنسب استبدالها .

يهدف هذا البحث لدراسة امكانية استخدام الحصويات المدورة *Recycled Concrete Aggregate (RCA)* الناتجة عن تهدم المباني والمنشآت سواء من طحن عناصر انشائية او قواطع وعناصر غير انشائية متهدمة ومقارنتها مع البيتون المرجعي *Control mix CM*(من حصويات طبيعية ناعمة وخشنة) وفق ظروف الانتاج المحلية وتحديد مدى ملاءمتها للاستخدام بالأعمال الهندسية (المباني) ونسب الاستبدال الممكنة لها وانعكاس ذلك على مواصفات المنتج البيتوني الجديد .

وتعتبر غاية البحث بتوسيع نطاق الاستخدام للأنقاض والمباني المتهدمة بعمليات البناء والانتاج لمواد البناء الجديدة والبدائل عن المواد المعروفة والمستخدمة حالياً في انتاج البيتون للحصول على منتجات بيتونية يسمح باستخدامها بأعمال الابنية والمنشآت بشكل آمن *Recycled Aggregate Concrete (RAC)* .

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 ، ومحاولة توطين هذه التقنية في الصناعات المحلية .

الكلمات المفتاحية :

التنمية المستدامة ،نواتج هدم الابنية ، حصويات ناعمة مدورة ، البيتون من الحصويات المدورة.

A study of the effects of using fine recycled aggregates in concrete mixes

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

Abstract :

Construction and demolition wastes need a large place to dump in landfills, which has bad effects on environment and decrease green areas. The process of transport and disposal of wastes exhausts the national economy; so going for recycling it to be used in producing new elements in the field of engineering and construction material is a target to sustainable development and saving the alternative energy.

Many researchers were interested in using and recycling the Construction and Demolition Wastes (C&D W), especially to use it as coarse aggregates for concrete and pavements. On the other hand there are always worries from using it as fine aggregates in concrete, so standards control the replacement ratios.

This research aims to study the possibility of using Recycled Concrete Aggregates (RCA) resulted from destroyed buildings either by crushing structural elements or walls and demolished nonstructural elements, and compare it with concrete control mix made with natural fine and coarse aggregates according to local production circumstances. After that it's determined when convenient to be used in structural construction (buildings), possible replacement ratios, and how this affects the properties of the new concrete product.

The ultimate target of this research is to promote the use of Construction and Demolished Wastes in construction, and producing new construction materials and alternatives to known materials that are used now in making concrete, to get concrete products allowed to be used safely in building and construction.

This research is important to reduce waste disposal to landfills resulted from demolished and construction and saving natural quarries to achieve the principle of sustainable development, save environment, give new alternatives to construction materials used in concrete production, and try to use this technique in local industry.

Key words

Sustainable development, demolition waste, fine recycled aggregates, recycled aggregates concrete.

1- مقدمة :

يعتبر تطبيق مبدأ التنمية المستدامة في المجالات الصناعية وخاصة صناعة البيتون من المهام الضرورية للهيئات الحكومية وفرق الباحثين في العالم ، لما تشكله من حجم لا يستهان به اذ تستهلك 12.6 بليون طن من المواد الاولية سنويا [1] وهي الاكثر استهلاكا للموارد الطبيعية في العالم ، واصبحت إعادة التدوير للبقايا ونفايات الابنية والورشات شاغلا أساسيا في بلدان عدة ، حيث اصبحت صناعة المواد المدورة شعبية وشهيرة في الوقت الحاضر في بعض الاماكن التي يندر فيها وجود مقالع وخامات حصوية ، كما أن استخدامها يعطي حلولاً اقتصادية وفعالة للتخلص من نفايات الهدم [2]. بالمقابل عندما يتم هدم مبنى ما لأسباب متعددة (طبيعية ، كوارث ، اعادة اعمار ..) فإن ذلك يسبب كميات كبيرة من فضلات البناء والهدم ، مما دفع بالباحثين للاهتمام بها من حيث التخفيف من كمياتها وانتشارها او بإعادة استخدامها وتدويرها للحصول على حصويات مدورة عن طريق الجرد والفرز ثم التكسير والطحن للحصول على الاقطار الملائمة للاستخدام كحصويات خشنة وناعمة لإنتاج ما يعرف بالبيتون من الحصويات المدورة *(RAC) Recycled Aggregate Concrete*، الذي يتمتع بكلفة انتاج اقل واستثمار اقل للموارد الطبيعية وبدائل مطروحة على ارض الواقع.

تستخدم الحصويات المدورة في مجال انتاج البيتون كحصويات خشنة او ناعمة وتنتشر بشكل واسع بمختلف انحاء العالم ففي المملكة المتحدة يؤدي استخدامها الى تخفيض الكلفة للمكبات والتخفيف من استجرار الحصويات الطبيعية من المقالع ويحسن من امكانيات التخلص من نفايات الابنية [4,3] . كما اتجهت أيضا بعض البلدان الآسيوية لاستخدام الحصويات المدورة في منشآتها الصناعية كهونغ كونغ واليابان حيث اعتمدوا بشكل اساسي الحصويات المدورة كمادة بناء بديلة [5,6]، مما يؤكد ان الحصويات المدورة اصبحت مادة بناء فعالة وبديلة بمجالات البناء .

وتأتي اهمية البحث محليا منسجمة مع توجهات الحكومة بمرحلة اعادة الاعمار من حيث تخفيض كلف الاعمار وايجاد الحلول البدائل للمناطق المتهدمة مع فتح آفاق لإنشاء سريع يحقق متطلبات المجتمع بالمرحلة القادمة ، ويسمح باستخدام هذه الانقاض في انتاج حصويات ناعمة تستخدم بمجال الانشاء والمباني من عناصر بيتونية وخلطات تحقق شروط الامان المطلوبة بالأعمال البيتونية .

2- استخدام الحصويات المدورة باعمال البيتون :

اهتم العلماء بإعادة تدوير واستخدام أنقاض المباني خاصة بعد الحرب العالمية الثانية في ايطاليا [7] ولاقت انتشارا واسعا في البلاد الاوربية والصين [8] وذلك بمراحل اعادة الاعمار والتوسع العمراني الذي شهدته هذه البلاد مع اختلاف حجم الانقاض المتراكمة سنوياً ، فسجل الاتحاد الاوربي مثلا 850 مليون طن سنويا بنهاية عام 2010 [8] وكان الاتجاه لاستخدام هذه الانقاض لإنتاج حصويات خشنة لتستخدم بمجال الاعمال البيتونية [9,10,11] وكان هناك تحفظاً دائماً على استخدام هذه الانقاض لإنتاج الحصويات الناعمة مع محدودية نسب الاستبدال لها ، معتمدين بذلك على دراسات سابقة [3,12,13,14,15,16] والتي تحذر من النتائج النهائية لسلوك البيتون مما حد من انتشار استخدام الحصويات المدورة كمواد ناعمة .

2-1 دراسة تغير نسب الاستبدال :

اهتم الباحثون بدراسة تغير نسب الاستبدال على الصفات والسلوك الميكانيكي للبيتون [17] حيث تم الحصول على حصويات ناعمة مدورة من عناصر مخبرية مصنعة ضمن الشروط النظامية مع استخدام الملدنات ، وبعد الطحن والاستخدام توصلوا لإنتاج بيتون بمقاومة على الضغط وعلى

الشد بالفلق والاهتراء مع معامل مرونة للعناصر الجديدة ضمن حدود مقبولة وذلك بنسب استبدال تصل ل 30% .

2-2 أثر المعالجة الكيميائية للحصويات المدورة :

اهتم باحثون بتعريض الحصويات المدورة لمختلف المعالجات السطحية كغسيلها بالماء او الحمض المخفف [18] (النتريك ، حمض الكبريت..)حيث توصلوا الى ان مقاومة الضغط للبيتون انخفضت بنسبة 18.6 % مقارنة بالبيتون من الحصويات الطبيعية ، اما المنقوع او المعالج بالأحماض المخففة فأظهرت زيادة في المقاومة بنسب بين 5-11 % حسب نوع الحمض المستخدم

2-3 تغيير مصدر الحصويات المدورة :

كما اهتم الباحثون [19] باستبدال الحصويات الطبيعية بنسب مختلفة من الانقاض كحصويات خشنة وحصويات ناعمة ، ودراسة تغير صفات البيتون الناتج بعد الاستبدال حيث استبدلوا بنسب تصل ل 100% لكلا النوعين وتبين انه يمكن التوصل لاستبدال 60% للحصويات الناعمة و 100% للخشنة لإنتاج عناصر بيتونية مضغوطة كالحواجز والاغطية والارصفة .

كما أثبت بعض الباحثين [20] أن تأثير استخدام الحصويات المدورة كمواد ناعمة لا يظهر على المنُتج الا بعمر 28 يوم وذلك بتناقص الفرق بالمقارنة مع الحصويات الطبيعية ،وبسبب تأثير (فعل) البوزولانية او التأثير الإسمنتي الناجم عن فعل الاماهة .

ودرس بعض الباحثين توسيع دائرة البدائل باستخدام مخلفات القطع السيراميكية والصحية ومقارنة الاداء من حيث الكثافة ومقاومة الضغط والشد بالفلق ومعامل المرونة وتوصلوا الى ان استخدام المواد المطحونة من السيراميك كمواد ناعمة بديلة ممكن باستخدام الملدنات لتعويض النقص الكبير بالقيم المذكورة مقارنة مع الآجر المطحون والمستخدم لبناء القواطع او مع البيتون المرجعي بينما سجل الآجر المطحون فعالية جيدة لأداء البيتون ونصح باستخدامه كبيتون انشائي بمنشآت اقل اهمية من حالة البيتون المرجعي [21].

مما سبق نجد ان امكانية استخدام الحصويات البيتونية المدورة للاستخدام والاستبدال كحصويات ناعمة في انتاج عناصر ومنتجات بيتونية يمكن اعتماده بشرط دراسة خواصها ومعرفة مصدرها ومعالجتها بشكل جيد ، لتحديد مدى تأثيرها على مواصفات المنتج البيتوني ، مما دفع بنا لدراسة الموارد المحلية المختلفة (بقايا هدم) ومقارنتها مع المنتجات من الحصويات الطبيعية وتحديد نسب الاستبدال الممكنة وصولا لمنتج جديد يحقق متطلبات ومواصفات فنية مطلوبة ،وبما ان خواص الحصويات المدورة تختلف حسب المصدر الاصلي للبيتون الذي جاءت منه الحصويات [22] والتي تظهر بامتصاص الماء والكثافة وانعكاس ذلك على المقاومة والمواصفات الفيزيائية والكيميائية للمنتج البيتوني . لذلك سنعتمد العناصر البيتونية الإنشائية وجدران البلوك مع الطينة الملتصقة عليها ، من بقايا الهدم والانقاض للأبنية.

3- التجارب المخبرية :

سيتم اعتماد وتحضير الخلطات البيتونية المدروسة باستخدام البيتون المرجعي *CM control mix* والمحضر من حصويات طبيعية (مكاسر) خشنة وناعمة ، مع اعتماد D_{max} وتحديد نسبة *W/C* بالإضافة لهبوط مخروط أبرامز(معامل التشغيل) ، وسيتم استبدال الحصويات الناعمة الطبيعية *NFA* بنسب *30,65,100 %* من المواد المطحونة المستحضرة من انقاض المباني وفق اسلوب البناء المعتمد محليا بنوعين :

- مواد ناعمة مطحونة من العناصر البيتونية الإنشائية (أعمدة ، جوائز ، بلاطات) *(RFCA) Recycled fine concrete Aggregate*

- مواد ناعمة مطحونة من القواطع والجدران البيتونية (بلوك اسمنتي) *(RFBA) Recycled fine brick Aggregate*

مع تحديد منطقة تجميع الأنقاض من مباني مراقبة فنياً خلال فترة التنفيذ وخاضعة للمواصفات والاشتراطات الفنية لذلك . حيث يتم فرزها وتكسيرها وتحويلها لقطع بواسطة الضواغط الهوائية ليصار لنقلها للكسارات والمطاحن النظامية للوصول الى التدرجات الحبية النظامية المعتمدة والمعمول بها بالإنتاج المحلي بحيث تصلح للاستخدام كحصويات ناعمة لإنتاج خلطات بيتونية .وتم اعتماد الحصويات الطبيعية (خشنة وناعمة) *(NCA,NFA)* من مقلع حفير الشمالي بريف دمشق ، وتحضير الانقاض المهدمة*(RCA)* والمكونة من عناصر بيتونية حاملة وجدران من البلوك الإسمنتي مع المونة الإسمنتية الملتصقة عليها ، من مناطق بريف دمشق الجنوبي وفق الآلية المذكورة أعلاه .

أجريت التجارب والاختبارات الفيزيائية و الميكانيكية لتحديد وتوصيف الحصويات الطبيعية والمدورة المستخدمة :*NCA,NFA,RFCA,RFBA* واعتمدت التجارب وفق المواصفة القياسية السورية *332/2007* الخاصة بالحصويات المستخرجة من المصادر الطبيعية والمستخدمة في أعمال الخرسانة [23]

3-1 اختبارات الحصويات الطبيعية (الخشنة والناعمة) :

تم استخدام خليط من حصويات الفولي والعدسي بالإضافة لرمل الصب من مقلع الحفير الشمالي . وبعد تحضير عينات الحصويات بمعدل ثلاث نماذج لإجراء الاختبارات وأخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج كما موضحة بالجدولين 2 و 1

الجدول رقم 1 مواصفات الحصويات الخشنة *NCA*

فتحة المهزة (انش)	*1 ½*	*1*	*¾*	*½*	*3/8*	*N° 4*
المار الكلي %	*100*	*100*	*95.1*	*71.1*	*24.9*	*1.5*
الفاقد بالاهتراء (لوس انجلوس) %	*17.5*					
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.72*					
الامتصاص %	*0.49*					

الجدول رقم 2 مواصفات الحصويات الناعمة *NFA*(رمل الصب)

فتحة المهزة (انش)	*3/8*	*N° 4*	*N°8*	*N°16*	*N°30*	*N°50*	*N°100*	*N°200*
المار الكلي %	*100*	*98.4*	*81.3*	*66.7*	*47.2*	*26.8*	*19.3*	*10.6*
المكافئ الرملي %	*72*							
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.53*							
الامتصاص %	*1.21*							

3-2 اختبارات الحصويات الناعمة المدورة *RFA*:

بعد معالجة الانقاض من العناصر الانشائية المتهدمة*(RFCA)* ولجدران البلوك الإسمنتي مع الطينة الملتصقة *(RFBA)* بها وتكسيرها وطحنها بعد فرزها وتحضيرها وفق التدرجات الحبية للمواد الناعمة المعمول بها وبعد تحضير العينات بمعدل ثلاث نماذج من كل منطقة لإجراء الاختبارات واخذ وسطي ثلاث قيم كانت النتائج والموضحة بالجدول رقم3 و 4

الجدول رقم 3 مواصفات الحصويات الناعمة المدورة *(RFCA)*

فتحة المهزة (انش)	*3/8*	*N° 4*	*N°8*	*N°16*	*N°30*	*N°50*	*N°100*	*N°200*
المار الكلي %	*100*	*99.0*	*85.3*	*71.3*	*51.5*	*29.9*	*15.7*	*8.8*
المكافئ الرملي %	*76*							
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.53*							
الامتصاص %	*7.52*							

الجدول رقم 4 مواصفات الحصويات الناعمة المدورة *(RFBA)*

فتحة المهزة (انش)	*3/8*	*N° 4*	*N°8*	*N°16*	*N°30*	*N°50*	*N°100*	*N°200*
المار الكلي %	*100*	*100*	*88.9*	*69.9*	*52.3*	*31.2*	*22.5*	*14.4*
المكافئ الرملي %	*69*							
الوزن النوعي المشبع جاف السطح	*2.38*							
الامتصاص %	*9.22*							

3-3- تصميم الخلطة البيتونية *RAC*:

سيتم اعتماد الطريقة الاميركية في التصميم للخلطات البيتونية مع اعتبار المقاومة الاسطوانية المميزة التصميمية *250 Kg/cm²* مع نسبة *W/C=0.55* و*$D_{max=}$20* وهبوط لمخروط ابرامز *12.5 ±1.0 cm*وسنعتمد مقاييس مرجعية ثابتة تطبق على كل العينات المحضرة بالإضافة لكميات ونوعية الاسمنت المستخدم والحصويات الخشنة الطبيعية ، بحيث نتابع متغير واحد هو نسب الاستبدال المطلوبة وذلك لنوعين من مصادر الحصويات الناعمة المدورة بغية الحصول على منتجات بيتونية جديدة ، وبمقاربة مع الكود الأوربي *Eurocode2 .ECU2* لاعتماد نسب الاستبدال المطلوبة :

CM بيتون عادي(مرجعي) ، بحصويات طبيعية

RAC_{c-30} بيتون من حصويات ناعمة مدورة (بيتون انشائي) بنسبة استبدال *30%*

RAC_{c-65} بيتون من حصويات ناعمة مدورة (بيتون انشائي) بنسبة استبدال *65%*

RAC_{c-100} بيتون من حصويات ناعمة مدورة (بيتون انشائي) بنسبة استبدال *100%*

RAC_{b-30} بيتون من حصويات ناعمة مدورة (جدران بلوك أسمنتي) بنسبة استبدال *30%*

RAC_{b-65} بيتون من حصويات ناعمة مدورة (جدران بلوك أسمنتي) بنسبة استبدال *65%*

RAC_{b-100}بيتون من حصويات ناعمة مدورة (جدران بلوك أسمنتي) بنسبة استبدال *100%*

مع ملاحظة المونة الاسمنتية الملتصقة في كلا الحالتين

3-3-1- المواد المستخدمة :

- الإسمنت *C*: اسمنت معمل السبع – لبنان ماركة *42.5*
- حصويات خشنة طبيعية *NA* من مقلع الحفير الشمالي (فولي وعدسي)
- حصويات ناعمة (رمل الصب) *S* من مقلع الحفير الشمالي
- نواتج هدم عناصر بيتونية إنشائية وجدران بلوك اسمنتي من أبنية في ريف دمشق الجنوبي *RFCA* , *RFBA* ,

3-3-2 نسب المواد الداخلة بتصميم الخلطات:

بعد تحضير المكونات والنسب وتنفيذ الخلطات تم قياس الهبوط الآني وبعد *30 min* لمخروط أبرامز وقياس الكثافة الطرية وبعد ذلك تم تنفيذ عينات مكعبية *15*15*15* وعينات موشورية *55*10*10* وعينات اسطوانية *30*15* من النسب المقترحة اعلاه للحصويات الناعمة مع المحافظة على معطيات تصميم الخلطة من حيث كميات ونسب المواد الداخلة والقطر الأعظمي للحصويات وهبوط مقترح للتشغيل *12.5 ±1.0 cm*، وبعد صب العينات بمعدل تسع مكعبات من كل تركيب وترقيمها وحفظها وفق الشروط المخبرية النظامية، واجراء اختبارات الكسر على الضغط والشد بالفلق والشد بالانعطاف وامتصاص الماء ، يعطي الجدول رقم *5* والجدول رقم *6* وسطي النتائج للقراءات المسجلة حيث تمثل *Δ%* الفرق او التناقص في قيمة الكثافة مع تزايد نسبة الاستبدال وبأعمار تصلب مختلفة كالتالي :

الجدول رقم 5 معطيات ونسب المواد الداخلة بتركيب الخلطات المقترحة مع قياس البيتون الطازج:

	C *Kg*	Agg *Kg*	S *Kg*	W *Kg*	D_{max}	الهبوط الآني *cm*	الهبوط بعد 30_{min} *Cm*
CM	*380*	*980.4*	*692.2*	*210*	*20*	*12.6*	*12.4*
RAC_{c-30}	*380*	*980.4*	*484.6+207.6*	*210*	*20*	*12.3*	*12.1*
RAC_{c-65}	*380*	*980.4*	*242.2+450*	*210*	*20*	*11.9*	*11.6*
RAC_{c-100}	*380*	*980.4*	*0+692.2*	*210*	*20*	*11.2*	*11.0*
RAC_{b-30}	*380*	*980.4*	*484.6+207.6*	*210*	*20*	*12.0*	*11.8*
RAC_{b-65}	*380*	*980.4*	*242.2+450*	*210*	*20*	*11.4*	*11.0*
RAC_{b-100}	*380*	*980.4*	*0+692.2*	*210*	*20*	*10.8*	*8.5*

الجدول رقم 6 كثافة البيتون الناتج مع النسب المئوية لتغيراتها في الخلطات المقترحة :

	الكثافة Kg/m^3					
	الكثافة الطازجة	*Δ%*	*7days*	*Δ %*	*28days*	*Δ%*
CM	*2608*	*0*	*2600*	*0*	*2612*	*0*
RAC_{c-30}	*2600*	*0.3*	*2595*	*0.2*	*2612*	*0*
RAC_{c-65}	*2579*	*1.1*	*2570*	*1.2*	*2590*	*0.8*
RAC_{c-100}	*2513*	*3.6*	*2502*	*3.8*	*2520*	*3.5*
RAC_{b-30}	*2588*	*0.8*	*2584*	*0.6*	*2600*	*0.4*
RAC_{b-65}	*2524*	*3.2*	*2504*	*3.7*	*2525*	*3.3*
RAC_{b-100}	*2437*	*6.6*	*2416*	*7.1*	*2468*	*5.5*

الجدول رقم 7مقاومة الضغط للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة :

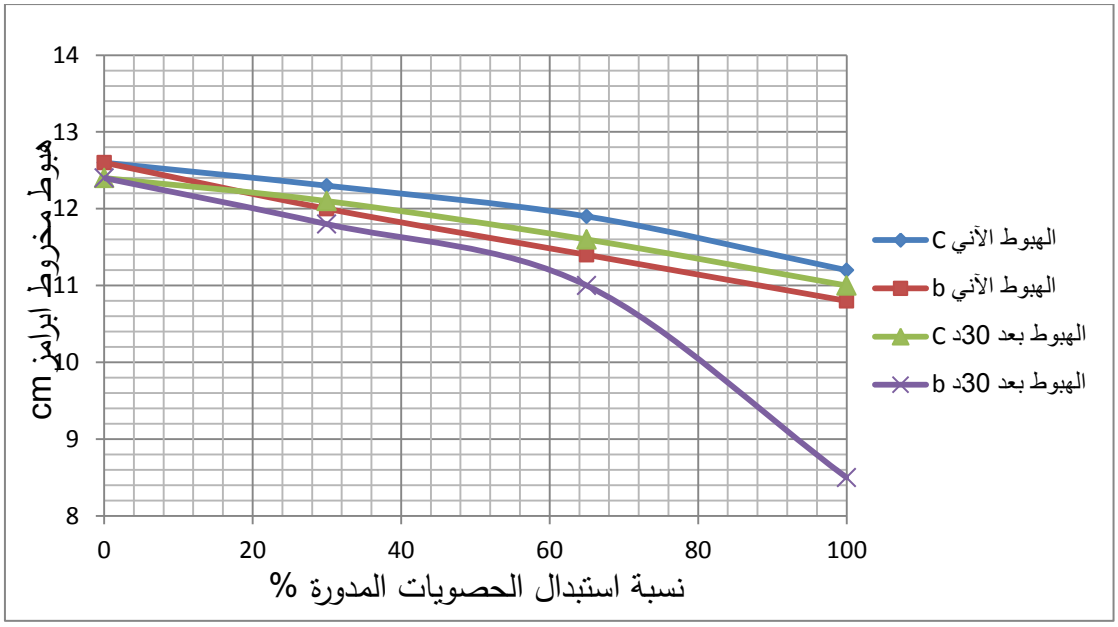
	مقاومة الضغط *MPa*					
	7 Days	*Δ%*	*28 days*	*Δ%*	*56 days*	*Δ%*
CM	*10.2*		*28.7*		*30.1*	
RAC_{c-30}	*9.9*	*2.9*	*26.9*	*6.3*	*29.5*	*1.99*
RAC_{c-65}	*8.6*	*15.7*	*24.1*	*14.3*	*28.9*	*3.99*
RAC_{c-100}	*7.8*	*23.5*	*22.2*	*22.6*	*28.1*	*6.6*
RAC_{b-30}	*9.8*	*3.9*	*25.7*	*10.5*	*28.0*	*6.98*
RAC_{b-65}	*7.9*	*22.6*	*24.6*	*17.8*	*25.4*	*15.6*
RAC_{b-100}	*6.2*	*39.2*	*18.3*	*36.3*	*20.1*	*33.2*

الجدول رقم 8 مقاومة الشد بالانعطاف للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة :

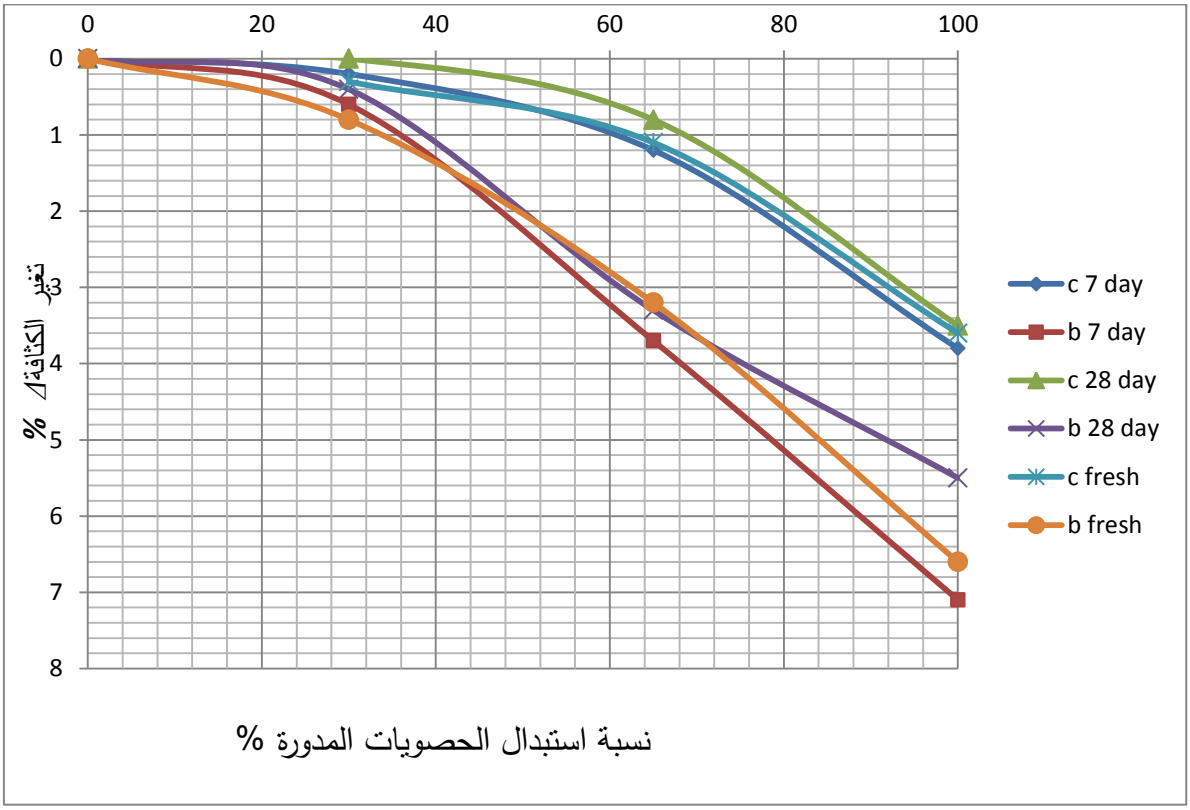
	مقاومة الشد بالانعطاف *MPa*	
	28 days	*Δ%*
CM	*4.8*	*0*
RAC_{c-30}	*4.6*	*4*
RAC_{c-65}	*4.3*	*10*
RAC_{c-100}	*3.8*	*21*
RAC_{b-30}	*4.3*	*10*
RAC_{b-65}	*4.1*	*15*
RAC_{b-100}	*3.2*	*34*

الجدول رقم 9مقاومة الشد بالفلق للمنتج البيتوني المتصلب الجديد من الخلطات المقترحة :

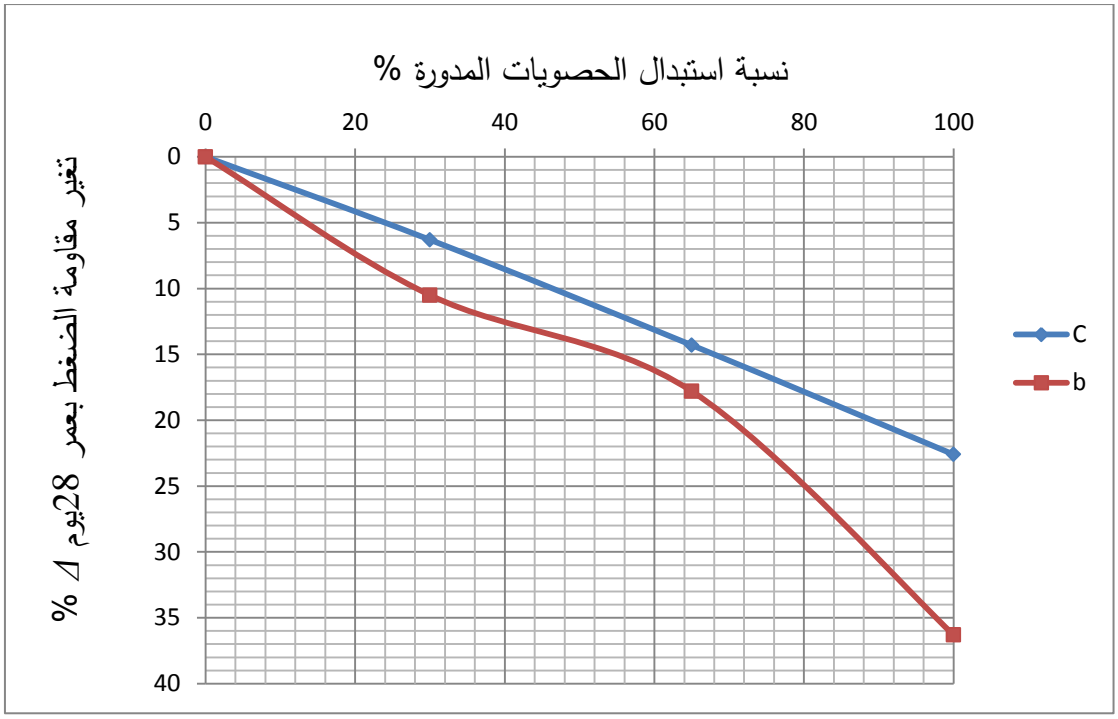
	مقاومة الشد بالفلق *MPa*	
	28 days	*Δ%*
CM	*3.3*	*0*
RAC_{c-30}	*3.1*	*6*
RAC_{c-65}	*3.0*	*9*
RAC_{c-100}	*2.8*	*15*
RAC_{b-30}	*2.9*	*12*
RAC_{b-65}	*2.7*	*18*
RAC_{b-100}	*2.5*	*24*



الشكل رقم (1) قياس هبوط مخروط ابرامز الآني وبعد 30min وتغيره باختلاف نسب الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها *RFBA : b , RFCA : C*

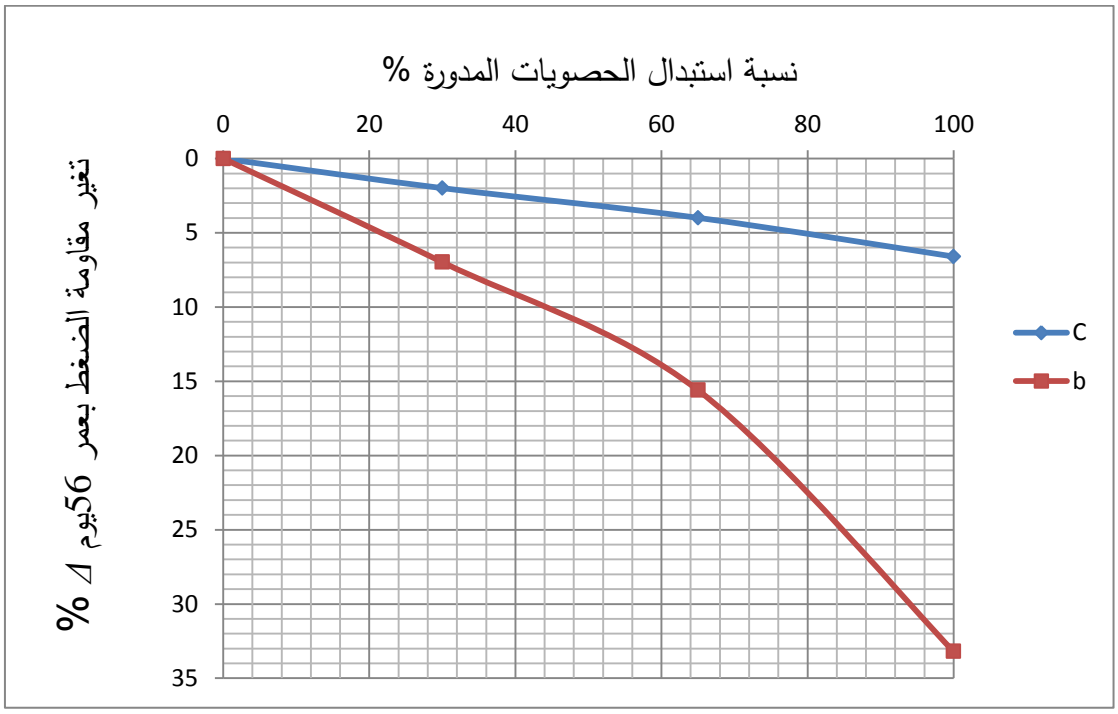


الشكل رقم (2) تغير الكثافة للبيتون الطازج والمتصلب بعمر 7 و 28 يوم باختلاف نسب الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها *RFBA : b , RFCA : C*



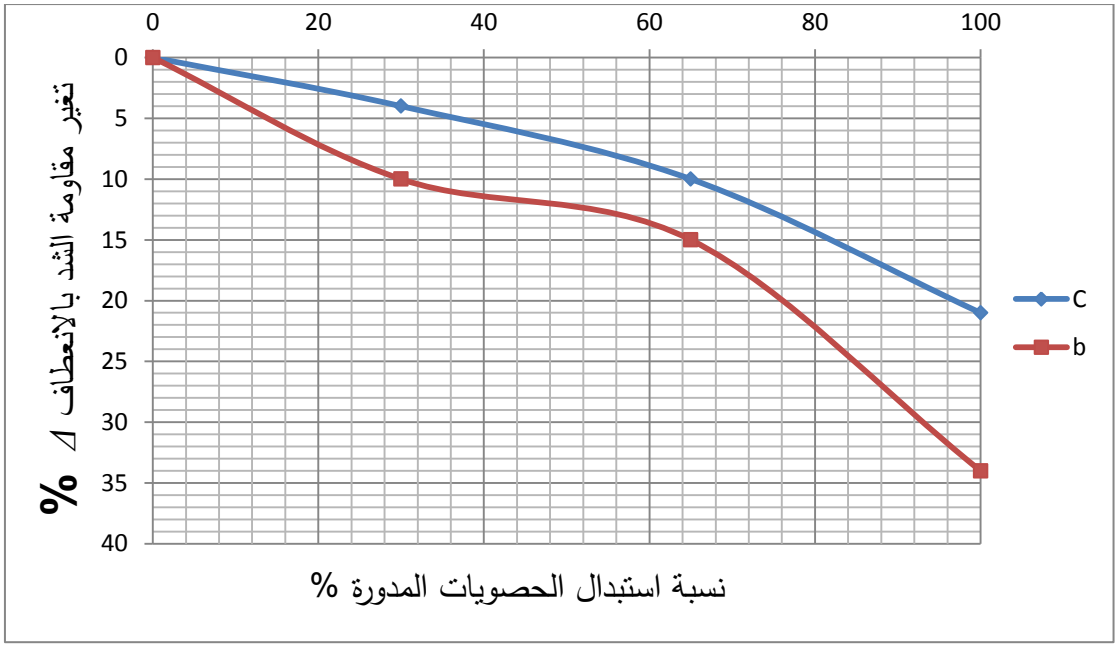
الشكل رقم (3) تغير مقاومة الضغط بعمر 28 يوم باختلاف الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها

RFCA : C , RFBA : b



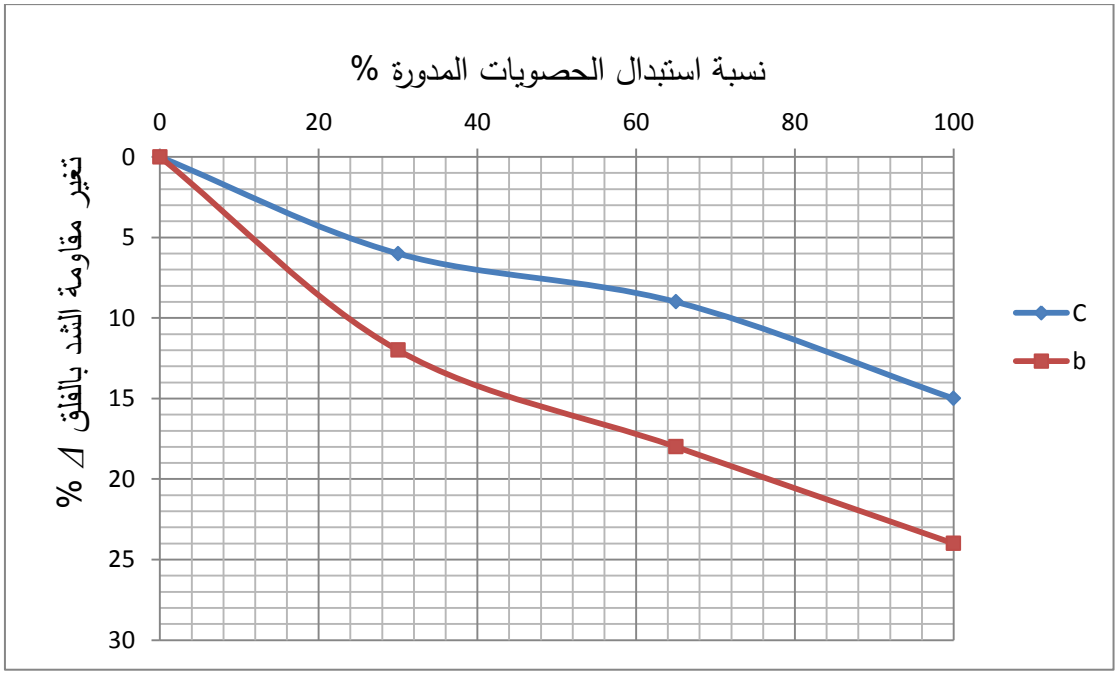
الشكل رقم (4) تغير مقاومة الضغط بعمر 56 يوم باختلاف نسب الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها

RFCA : C , RFBA : b



الشكل رقم (5) تغير مقاومة الشد بالانعطاف باختلاف نسب الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها

RFCA : C , RFBA : b



الشكل رقم (6) تغير مقاومة الشد بالفلق باختلاف نسب الاستبدال للمواد الناعمة المدورة ووفق مصدرها

RFCA : C , RFBA : b

من قراءة الأشكال والجداول نجد ان استخدام المواد الناعمة المدورة يحتم انخفاض في مؤشرات المنتج البيتوني الجديد وفقا لتغير نسب الاستبدال ولاختلاف مصدر الحصويات حيث اظهرت النتائج في الشكل 2انخفاض الكثافة الطازجة بنسبة تتراوح بين % (7.7 و 3.6) وفي الشكل 3 انخفاض مقاومة الضغط بعمر 28 يوم بنسبة تتراوح بين%(22.6 و 36.3) ويظهر الشكل 5 انخفاض مقاومة الشد على الانعطاف بنسبة تتراوح بين %(34 و21). اما في الشكل 6 فيظهر تغير قيم

انخفاض الشد على الفلق بنسبة تتراوح بين %(15...و24) وذلك عند نسب استبدال تصل ل%100 ، حيث يلاحظ الانخفاض الاكبر عند استخدام البلوك الاسمنتي المطحون بالمقارنة مع العناصر البيتونية الانشائية المطحونة ، كما يظهر الشكل 1 اختلاف قيم الهبوط لمخروط إبرامز حيث يسجل انخفاض بقيمة الهبوط بعد 30 دقيقة ، يُعذى ذلك للفعل الفيزيائي للمواد الناعمة المستبدلة ، فعند زيادة النسبة ل %100 يكون الامتصاص لماء الخلطة اوضح وبالتالي انخفاض بقيمة هبوط المخروط ، وبمقارنة ذلك عند استخدام البلوك الاسمنتي المطحون نظرا لتركيبه المنخفض الجودة عن العناصر البيتونية المطحونة من حيث (نسبة الاسمنت الداخلة بالتركيب ، نوع الحصويات الام المستخدمة وكثافة المنتج الام) ، بينما يظهر الاثر الكيميائي للمواد الناعمة (المطحونة) المستخدمة الشكل 3 و 4بتقليص الانخفاض بالمتانة على الضغطعن البيتون المرجعي مع التقدم بعمر التصلب 28 و56 يوم ، حيث نجد ان المواد الناعمة المدورة من عناصر بيتونية انشائية سجلت مقاومة افضل من البيتون بمواد ناعمة مدورة من البلوك الاسمنتي وخاصة عند نسبة استبدال 65% ويمكن تفسير ذلك لنوع الاسمنت وكميته بالمادة الام بالإضافة لنوعية وكثافة المونة الملتصقة والمتصلبة الموجودة بها ، و لجودة الحصويات المستخدمة بحالة العناصر البيتونية عن البلوك الاسمنتي ومما يفسر تزايد متانة البيتون على الضغط بعمر بين 28 و56 يوم والذي يعود لنمو أثر الإسمنت المتبقي بدون تفاعل (اماهة) والداخل بتركيب المواد المدورة (كتل متصلبة ومونة ملتصقة) بعد الطحن وتخفيف الاثر الفيزيائي للمواد الناعمة على الخلطة ونتائجها

مما سبق نجد ان إستخدام المواد المدورة الناعمة يرتبط بنسب الإستبدال المستخدمة و بتغير مصدر الحصويات لجهة استخدام البلوك الاسمنتي والقواطع المطحونة او العناصر البيتونية الانشائية

النتـائج :

1- استخدام الحصويات المدورة الناعمة يؤدي الى انخفاض مؤشرات البيتون الناتج من حيث الكثافة الطازجة والمقاومة للمنتج وخاصة مع تزايد نسبة الاستبدال ل 100% او بتغيير مصدر الحصويات المدورة (عناصر بيتونية ، بلوك اسمنتي) مقارنة مع البيتون المرجعي .

2- يشكل استخدام انقاض الابنية والمنشآت من عناصر بيتونية انشائية وبلوك اسمنتي كمواد بديلة لإنتاج حصويات مدورة ناعمة تدخل بتحضير خلطات بيتونية ، عنصر مهم لتحقيق التنمية المستدامة من خلال حفظ الموارد الطبيعية وتامين الاستثمار الأفضل لمكبات نفايات الأبنية والمنشآت .

3- امكانية استخدام الحصويات المدورة كمواد ناعمة وخاصة عند توفر المصدر الجيد من العناصر البيتونية الانشائية وبنسب مأمونة لغاية 65% في حالة المباني الهامة وحتى 100% في حالة المنشآت الاقل اهمية .

4- إمكانية استخدام البلوك الاسمنتي المطحون كمواد ناعمة لإنتاج خلطات بيتونية ذات استخدام أقل أهمية من العناصر الانشائية وذلك حسب المقاومة المطلوبة على الضغط وبنسب لاتتجاوز 65% .

التوصيات :

1-توطين صناعة تدوير الأنقاض وبقايا المباني المتهدمة لاستخدامها كمصدر أساسي لحصويات البناء والأعمال الهندسية .

2-إصدار تشريعات مالية كحوافز وتسهيلات لتشجيع المستثمرين والهيئات المبادرة باستخدام وتسويق هذه الانقاض .

المراجع العلمية :

1-Mehta.P.K ,Reducing the environmental impact of concrete ,Concrete International, .23,No:10,oct2001,pp-61-66 .

2-Dhir,R.K.,Henderson,N.A.,Limbachiya,M.C,Proceedings of the International Conference on the Use of Recycled Concrete Aggregate,Thomas Telford,UK.1998 .

3-Khatib,J.M.,Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate,Cement and Concrete Research 35,Issue4 .2005,763-769 .

4-Robinson ,G.R.,Menzie,W.D.,Hyun,H.,Recycling of Construction Debris as Aggregate in the Mid AtlanticRegion,USA,Resources,Conservation and Recycling,42,Issue3,2004,275-294.

5-Poon, C.S.,Chan, D.,The use of RecycledAggregate in concrete in Hong Kong. Resources Conservation&Recycling,50,Issue3,2007,293-305.

6-Watanabe, T., Nishibata, S., Hashimoto,C., Ohtsu, M., Compressive Failure in Concrete of Recycled Aggregate by Acoustic Emission . Construction and Building Materials 21,2007,470-476 .

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

8-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)

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

10-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 .

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

12-Ajdukiewicz A,Kliszczewicz A. Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. CemConcr Comp 2002;24: 269-79

13-Leite MB. Evaluation of the mechanical properties of concrete made with aggregates recycled from construction of demolition waste. Porto Alegre 2001:390].

14-Task Force of the Standing Committee of Concrete, Draft of Spanish regulations for the use of recycled materials in buildings and structural concrete. Use of recycled materials in buildings and structures In:RILEM proceedings40,Barcelona,2004..511-25

15-Portland Cement Association.Recycled aggregate for reinforced concrete, ConcrTechnol Today2002:5-6. .

16-Kasai Y. Guidelines and the present state of the reuse of demolished concrete in Japan. Demolition and reuse of concrete and masonry. In:RILEMprocceedings 23,Odense,1993, .93-104 .

17-L.Evangelista , J.de Brito,. Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates .Cement&Concrete Composites29;2007,397-401.

18-G.Murali, B.Mohan, Utilisation of treated recycled aggregate concrete ,Inter.Journal of Emerging trends in Engineering and Development ,Issue2,4,2012,623-626.

19-R. Kumutha, K. Vijai ,Strength of concrete incorporating aggregates recycled from demolition waste,ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 5,No5,2010,64-71.

20-S.H.Adnan, I.A.Rahman, L.Y.Loon, Performance of Recycled Aggregate Concrete Containing Micronised Biomass Silica,Inter.Journal of Sustainable Construction Engineering&Technology ,1,No2,2010,1-10.

21-A.F.Correa,S.V.Alves, Mwchanical Behaviour of Concrete with Incorporation of Recycled Ceramic Fine Aggregates,TecnicoLisboa 2013.

22-N.K.Deshpande,S.S.Kulkarni,H.Pachpande, Strength Characteristics of Concrete With Recycled Aggregates and Artificial Sand , Inter.Journal of Engineering Research and Applications,Issue 5,2012,38-42.

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