مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (3) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (3) 2012

تدوير نواتج هدم الأبنية لاستخدامها في إنشاء الطرق المحلية في مدينة اللاذقية

الدكتور رامي حنا*
فاطر ميا**

(تاريخ الإيداع **13 / 11 / 2011**. قُبِل للنشر في **28/ 5 / 2012**)

□ ملخّص □

نظراً لتوفر كميات لابأس بها من مواد نفايات هدم الأبنية في المدن من حطام مادتي البيتون والبلوك،ولأسباب فنية واقتصادية وبيئية/مثال:مدينة اللاذقية/،**فان تدويرها** ومعالجتها،وتكسيرها لإنتاج حصويات بتدرج حبي مناسب لتستخدم في النهاية في رصف الطرقات والشوارع المحلية (طبقتا الأساس وما تحت الأساس) أو بغرض استعمالها كردميات عادية أو لتحسين تربة المسار وتقويتها. أظهرت الأبحاث في معظم دول العالم الجدوى الاقتصادية والبيئية من عملية التدوير الذي تركز بحثنا عليه بغرض وضع أسس عملية علمية لإنتاج الحصويات المناسبة لأعمال الطرق كافة

أظهر المخطط التجريبي لنواتج هدم عدة أبنية في محافظة اللاذقية ، صلاحية استخدامها الأولي بأعمال الردم وطبقات الرصف(ما تحت الأساس)، زد على ذلك إن المواد الناتجة من طحن بقايا البيتون والبلوك تؤمن بديل عن مواد الرصف الطبيعية المنشأ أو الصناعية، من بقايا مقالع وحجر كلسي مكسر(جماش).

توفر دراستنا آلية جديدة في توفير المساحات الهامة من الأرض التي كانت معدة للتخلص من النفايات الضخمة (كمكبات نهائية) وخففت من آثارها السلبية ومنعكساتها البيئية السيئة على المدن.

تندرج هذه الدراسة ضمن إطار الأبحاث الجارية حالياً في العديد من بلدان العالم لمحاولة بيان الخصائص المحلية للحصويات المدورة ووضع المواصفات اللازمة لاستخداماتها الإنشائية المختلفة.

الكلمات المفتاحية : الحصويات المدورة– نواتج هدم الابنية– طبقات الرصف – طبقة الأساس– طبقة ما تحت الأساس –إنشاء الطرق.

* **أستاذ مساعد – قسم النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية.**
** **طالب دراسات عليا – قسم النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (3) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (3) 2012

Recycling of C & D Waste Materials to Reuse in constructing local roads and streets [case study: city of Lattakia]

Dr. Rami Hanna*
Fater Maya**

(Received 13 / 11 / 2011. Accepted 28 / 5 / 2012)

□ ABSTRACT □

Because of the large quantities of the buildings demolition waste materials (bdwm) i.e.(concrete materials) that are produced from demolition of buildings, conducted in the city of technical and economical problems (city of Lattakia, for example) and in order to reuse the (bdwm) in road construction pavements (base and sub-base layers), backfill, sub grad developing and enhancing materials, a necessary recycling process is needed.

This recycling process may be considered a very economical, environmental visibility project, because it may be an alternative material instead of the natural local roads in our country, and this is what can help to save a wide area of very good land, needed as sites of large quantities of demolition wastes, reducing its damage on the environment in the city.

This study is one of many researches run around the world trying to investigate the local properties and to put suitable characteristics of these new recycled aggregates to reuse it in constructing the local roads .

Key Word: Recicling, C&D Waste Materials, Reuse, Roads,Lattakia

*associate prof., department of traffic and transporting engineering, faculty of civil engineering, tishreen university, lattakia, Syria.
**postgraduate student, department of traffic and transporting engineering, faculty of civil engineering, tishreen university, lattakia, Syria

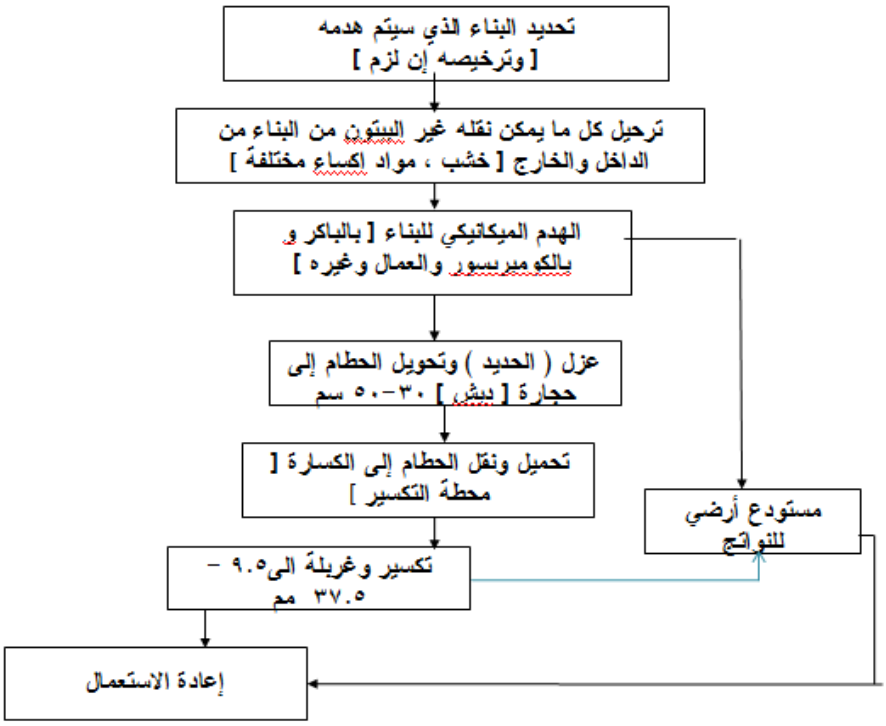
مقدمة:

يعدّ هدم المباني القديمة في المدن وإعادة بنائها احد الأنشطة الدائمة في العمل البلدي ،في المدن السورية وأحد الأساليب المعروفة والتقليدية في صناعة البناء بغرض تجديد الأبنية القديمة واستبدالها بالحديثة.

تهدم الابنية السكنية والصناعية في المدن السورية عامة ومنها (مدينة اللاذقية)، في الأحوال العادية لأسباب مختلفة،منها فنية ومنها اقتصادية، إذ تشكل المواد البيتونية ،المكون الرئيس لعناصرها الانشائية،

وبإجراء مراجعة سريعة لسجلات رخص هدم الابنية في مجلس مدينة اللاذقية، نقدر كميات حطام (مادة البيتون والبلوك)،الناتجة عن الهدم، بحوالي 50الف متر مكعب سنويا ، وتتكون على نحو تقريبي بنسبة 55% بيتون، 45% بلوك .زد على ذلك أن الكميات السابقة المذكورة أعلاه من المحتمل أن تزيد نتيجة الكوارث المحتملة، واحتمالات تجديد مناطق السكن العشوائي.....الخ.

حطام الهدم هذا يصنف باتجاه آخر ،كنفايات وهناك تقنيات خاصة ،لاستخلاص الشوائب من أسياخ حديد وخشب ومواد بلاستيكية وسواها من مواد البناء /التالفة/،لنحصل على مانسميه بالركام أو (الدبش)،ونورد فيما يأتي مخطط هيكلي،يوضح (مراحل عملية تدوير بيتون الابنية والمنشآت المقرر هدمها واعادة استعمالها عن طريق تحويلها إلى حصويات بمواصفات مناسبة) ،الشكل(1).



الشكل (1): المخطط الهيكلي [لمراحل عملية تدوير بيتون الأبنية والمنشآت المقرر هدمها]، [1]

مجال البحث:إن هذا البحث يندرج ضمن إطار أعمال بناء الطرق والمواصلات ويهدف إلى إيجاد مواد رصف طرقي (لطبقتي ما تحت الأساس والأساس حتى أعمال الردميات الطرقية) بديلة للمواد ذات المصدر الطبيعي وذلك كمصدر أساس من مواد هدم إنشاءات البيتون التي يمكن إعادة استخدامها وتدويرها بشروط مناسبة. وقد أجريت

الدراسة على ورش هدم الأبنية السكنية في مدينة اللاذقية وضمن إطار التعاون مع موردي مواد رصف الطرق ومنتجيها والشركات المتخصصة بإنشاء الطرق في محافظة اللاذقية.

أهمية البحث وأهدافه:

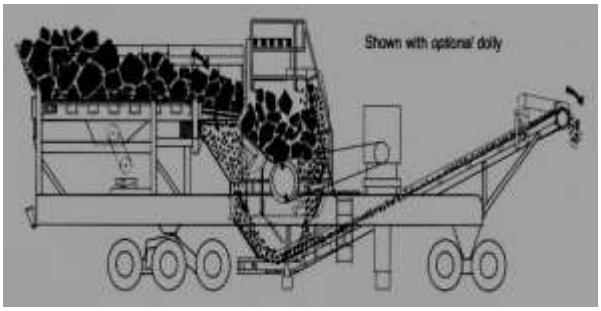
إن الغاية من هذه الدراسة :هو اختبار مدى إمكانية تدوير وإعادة استخدام الدبش الناتج عن تكسير نفايات (أنقاض الهدم والإنشاءات c&d) وتصنيعه محلياً ضمن الشروط والمواصفات الفنية اللازمة لذلك وصولاً لإنتاج حصويات تستخدم في إنشاء طبقات رصف الطرق المحلية في مدينة اللاذقية ، بدلاً من التخلص العشوائي من هذه النفايات العديمة الفائدة ، وربما قد يسبب خسائر وأضراراً حتميةً .

طرائق البحث ومواده:

لمحة موجزة عن عمليتي الهدم والتدوير وتصنيع الحصويات المدورة و استخدامها :

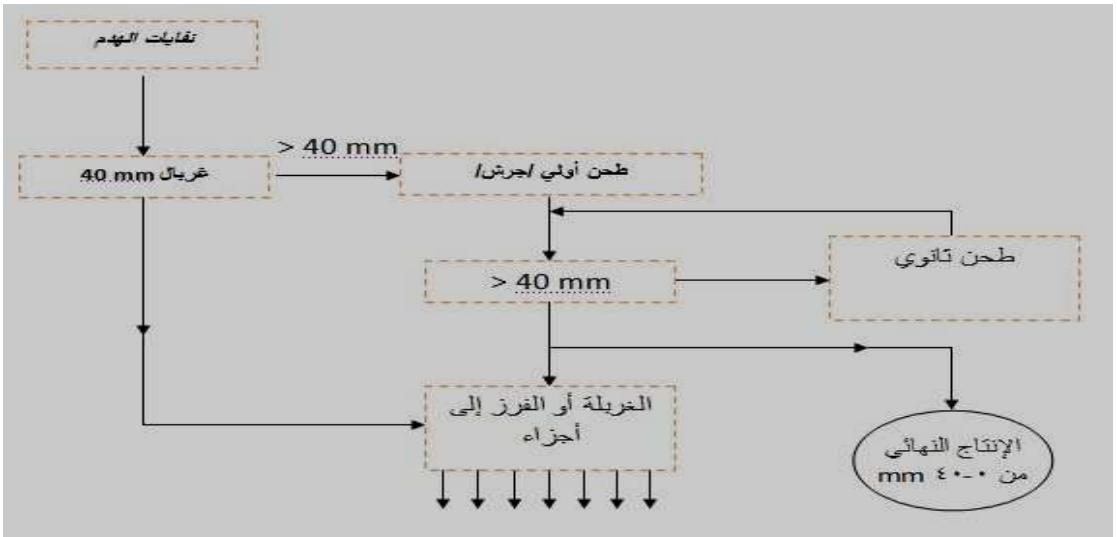
اولا: الطرق المختلفة للهدم: الهدم اليدوي للأبنية، الهدم بالتفجير، الهدم بالالات، الهدم بالكرة.

ثانيا: نموذج محطة تدوير مواد الهدم (الكسارة والغربلة):الشكلان (2)،(3)،المرجع[2].



شكل رقم (2) :محطة تدوير متكاملة **شكل رقم(3) كسارة نموذجية ضمن محطة تدوير متكاملة**

ويمكن أن نوضح بالشكل(4) مخطط عمل محطة تدوير لإنتاج الحصويات من نواتج الهدم المرجع[2]:



الشكل(4) المخطط الهيكلي لمحطة تدوير نموذجية خاصة بإنتاج تدرج حبي من0-40mm.

ورغم اختلاف تقنيات البناء حول العالم ،واختلاف النسب التي تدخل فيها مادة البيتون (القرميد–أسقف الهوردي والقواطع والجدران)،في تركيب الإنشاءات فهناك اهتمامٌ كبيرٌ في السنوات الأخيرة لإجراء أبحاث حول تدوير واعادة استخدام الحصويات المدورة الناتجة في قطاعات إنشائية مختلفة ، منها، إنشاء الطرق الذي هو مجال بحثنا. ففي الولايات المتحدة ،تقدر وكالة حماية البيئة الامريكية (EPA) ،ان ما ينتج عن صناعة الانشاءات لوحدها يقدر بحوالي 136 مليون طن ،فقط من نفايات الانشاءات والهدميات(C&D) سنويا. كما تقدر جمعية تدوير مواد الإنشاءات الأمريكية(CMRA) كمية البيتون المدور كل عام بمقدار 100 مليون طن/سنة، [1].

وفيما يتعلق باعتبار نواتج هدم الابنية نفايات يجب التخلص منها ، فان إدارة النفايات تعتمد اليوم (التدوير) كافضل الخيارات لتقليص كمية النفايات الواجب التخلص منها من جهة ،ومن جهة اخرى ،للاستفادة من نواتج التدوير وكما تؤكد أبحاث إدارة النفايات بأنه يمكن تدوير نسبة تصل الى 90% من مواد النفايات (فصل مواد النفايات القابلة للاسترجاع وتدويرها) ومنها إنتاج الحصويات المدورة وأحد مجالات استخدامها في إنشاء طبقات رصف الطرق باعتبارها، بنية متعددة الطبقات مكونة من بلاطة اوغطاء (اسفلتي اوبيتوني) تتوضع على نظام اساسات تتالف من عدة طبقات :الاساس ،ماتحت الاساس، وتربة المسار.

مراجعة نظرية لتجارب بعض الدول في توصيف الحصويات المدورة وإعادة استخدامها:

1– في بريطانيا: إن المواصفات الخاصة بأشغال الطرق العامة تسمح باستعمال البيتون المكسر(نواتج هدم الأبنية والإنشاءات البيتونية المدورة) لعدة أغراض في الهندسة المدنية ، تعتمد على خاصية الإنتاج المدور الهام للبيتون المطحون،منها التطبيقات التالية : **أعمال الدريناج / التصريف/** ، **الأعمال الترابية** و**الإنشاءات الطرقية** : بعض الأصناف من مواد طبقة ما تحت الأساس في الطرق ، من ذلك، استخدام الحصويات المدورة لتعمل في طبقة الحصويات غير المحدودة في الرصف الليَن للطرق ، **إن الحصويات المدورة** يمكن أن تؤمن طبقة أكثر قساوة من الحصويات التقليدية لأنها تمتلك خاصية (السمنتة الذاتية وهي إمكانية إعادة نشاط مادة الاسمنت المتبقية والمتشكلة في الكسارة في أثناء تحطيم مواد الهدم،ولو جزئياً ،حيث ستعمل في أثناء الرص والتنفيذ كملاط رابط) التي تظهر في غضون

(بضعة) أسابيع بعد وضعها في طبقة الرصف[2].

- **جونز وبيسيسكو** ،ناقشا التناقص في وظائف طبقة ما تحت الأساس المشكلة من مواد مدورة، فرص المواد لدرجة تكون فيها أكثر كثافة يعطي طبقة أكثر صلابة، أيضا هذا لايتلاءم مع ما تحتاج اليه طبقة ما تحت الأساس لأن تكون (طبقة دريناج) ذات نفاذية عالية ، والتي لها ميزة جيدة في انخفاض الارتفاع الشعري الذي بدوره يقلل إمكانية التجمد(ارتفاع التجمد) ضمن طبقات الرصف .

- **لا يوجد معايير في بريطانيا** لتعريف كل من مواد (البيتون الناتج عن الهدم، أو المواد الأخرى المدورة) كما ان كل مواد النفايات تقريباً تحتوي مركبات مختلفة بالإضافة إلى البيتون والقرميد .

- **ولكنه،في الاحوال كلها،** سمحت الهيئات المختصة باستعمال البيتون المحطم ،كمادة لإنشاء طبقة ما تحت الأساس. وما حصل مؤخراً في بريطانيا حتى يكون هناك حدود فيما يخص التلوث وحدود فيما يخص الكمية الدنيا للبيتون المكسر والتي يجب تقديمها،لمحطات التدوير والكسارات، ؛ أن عدداً من (متعهدي أعمال الهدم) قد بادروا إلى

شراء كسارات وغرابيل لتدوير نفايات الإنشاءات ، وهذا ما سيؤهلهم للنجاح في تجنب الكلف العالية لطمر النفايات وتفادي صعوبات التخلص من موادها المتنوعة .[2].

- **بعض المنتجات المدورة تتوافق مع المعايير الموجودة المتوفرة للحصويات التقليدية** ولكن المنتجات الأخرى لا تحقق ذلك. لذلك فان مهندسي المواد وزبائن هذه المواد، ليس لديهم الثقة الكافية، بهذه المواد بسبب الاختلاف الكبير/عدم الاستقرار أو الثبات/ في المنتجات،وبالتالي فانه لكي يتم تحقيق احترام أو قبول أكثر من قبل المهندسين لهذه المواد المدورة يستلزم استقدام **محطات رفيعة المستوى** لإنتاج مواد اقل تنوعاً كما انه إذا تم **وضع المعايير** والتي تشمل حدود التلوث والتي على متعهدي الهدم أن يجتهدوا لجعل موادهم متطابقة مع هذه المعايير من الممكن أن الوصول الى مرحلة متميزة لتدوير ركام الهدم **في بريطانيا** ، خاصة **بسبب الرسوم المفروضة** على الشوارع العامة في المدينة وبسبب الكلف العالية **لأعمال الطمر**، فإن الحكومة البريطانية قد غدت أكثر اهتماماً بأعمال التدوير .[2].

بينت اميليا كراي عموماً أن **عملية التدوير الخاصة بنفايات مواد البناء** لم تأخذ الأهمية الفعلية حتى الان في **بريطانيا** ،الا ان اهميتها تزداد وان بشكل بطيء ، وبالتالي فان استبدال المواد الاولية الطبيعية والاستعاضة عنها بأخرى مدورة ما زال محدودا. [4].

2- في هولندا: ونظرا للظروف الطبيعية الخاصة بهذه البلاد،إذ لا يتوفر فيها احتياطي كافٍ من المقالع و**الحصويات الطبيعية** ،فقد أصبحت بالتالي أكثر اعتماداً على المواد المدورة لتأمين حصويات طبقات رصف الطرق غير المحددة ، فان التدوير يتم تمويله في هولندا بمعظمه من قبل الدولة وبالتالي فإن المواد المدورة قد أصبحت مصدراً هاماً للحصويات لصناعة الإنشاءات هناك. وفي السنوات العشر الماضية ، فان عدداً من الطرق قد تم إنشاؤها باستخدام طبقة أساس(غير محددة).**الا انه كان هناك بعض الاخفاقات** من خلال بعض الشك فيما يتعلق بالمعرفة التجريبية المعروفة آنئذ وفيما أذا كان تصميم الطرق باستخدام هذه (المعرفة) يجب الاستمرار فيها.إذ بدأ في عام 1983 كمحاولة مشتركة بين جامعة **ديلفت للتقانة وقسم هندسة الطرق والهيدروليك في ريجيك سواتر شتات** لاختبار خواص الحصويات المدورة والحصويات التقليدية .**وكان البرنامج البحثي** : يتألف من اختبارات حقلية ومخبرية ،إذ وجد بأن السبر أو التحقيق البصري لتركيب المواد كان هاماً بسبب تأثير مقاومة الحبيبات الحصوية وصلابتها في سلوك طبقات ما تحت الأساس غير المحددة ،و تأسيساً على نتائج هذا المشروع البحثي الذي تم وصفه وتوثيقه من قبل(بيننغ/ Penningعام 1989) ؛ فقد تم اصدارمواصفات إضافية عن طريق (Centre Row عام 1988) للمواد الثانوية التي تشمل البيتون المحطم ؛ المجبول المحطم وحطام الهدميات .[2]..

– عندما يتم استعمال المواد المدورة كحصويات لطبقة ما تحت الأساس يجب أن تتوافق مع اختبارات الصلابة الهولندية(لوس انجلوس) و (حدود التدرج الحبي) الواردة في المواصفات الهولندية لحصويات طبقة ما تحت الأساس التقليدية(**ريجيك سواتر شتات** 1978). [2].

3-في الولايات المتحدة الامريكية: بسبب استنزاف مكامن الرمل الطبيعي والحصى والحجارة في بعض المناطق في الولايات المتحدة فقد ازداد الاهتمام بالبيتون لإعادة تدويره واستعماله كحصويات بديلة في الجديدة الجديدة،(ماظر/Mather/1980).(مارك/Marek/1972)، ولتحسين الجودة الضعيفة لهذه الحصويات المدورة ،فان أحد نتائج هذا التقريرقد بيّنت، بأنه يلزم المزيد من الأبحاث لوضع المواصفات المناسبة لها، قبل استعمالها بدلاً من الحصويات الطبيعية.

- نصح كلٌ من (ميلر ؛ كولينز عام 1976) باحداث {وكالة مركزية} قوية تعطى الصلاحية للقيام بتنسيق الأبحاث والتنمية المتعلقة بمواد النفايات ولتأمين الدعم والتشجيع لمنتجات التدوير الناتجة .[2].
- **كتب سادلر** 1973 تقريراً عن التدوير في مينوسوتا،بين فيه أنه وعلى الرغم من أن ما دخل إلى محطة التدوير كان خليطاً عشوائياً من نفايات الحطام ؛ فان الحصويات المدورة التي تم إنتاجها ؛كانت تمتلك درجة عالية من الانسجام المناسب **للاستعمال كمادة للأساس في الرصف الطرقي** ،إذ اكتشف بأنه عندما تم رص الحصويات في وضع رطب فإن الاسمنت الموجود في الحصويات يقوم بربط والتحام الجزئيات الحادة الزاوية والخشنة مع بعضها بعضاً .
- **وفي كاليفورنيا**،عام1971، **تم استعمال الدبش المدوّر** في مشروع بقيمة 9.4مليون دولار في طبقة ما تحت الأساس،واستعملت الحصويات المدورة في هذا المشروع على نحو جيد وقد عزي نجاحه أيضاً، إلى وجود **ظاهرة السمنتة**(عودة خاصية الاسمنت كمادة رابطة جزئية للظهور) في الدبش البيتوني والذي أصبح على شكل رابط عندما تم خلط الحصويات بالماء [2].
- كما ذكر **تشينيChini** بأنه تم استعمال RCM/مادة البيتون المدور/ كمادة لإنشاء **طبقة الأساس وما تحت الأساس** في أعمال رصف المطارات في/ فلوريدا/بالولايات المتحدة[5]0

الشكل (5):صورة الدبش المدور.

- **وكذلك** قامت وكالة الطرق العامة الفيدرالية FHWA بالاشتراك مع [جمعية تدوير المواد الانشائية] بإجراء مراجعة على مستوى الولايات المتحدة حول الحصويات المستخرجة من البيتون المدور **RCA**.والغاية من إجراء هذه المراجعة الشاملة هي نشر التقنيات المتطورة وتعميمها والمتقدمة لاستعمال مادة RCA ونقل الخبرة والمعرفة للولايات كافة .وقد شمل ذلك : تحديد استعمالات وتطبيقات نوعية مع بيان السلبيات والإيجابيات ، توثيق ونشر المواصفات والتطبيقات الإنشائية العملية والصعوبات المتعلقة بها ، من خلال [دليل فني ، دليل مواصفات ، دورات تدريبية] .
- استعملت مادة R C A في الولايات المتحدة في البداية كردميات تحت طبقات ما تحت الأساس في انشاء الطرق وبشكل أقل كحصويات في طبقات الرصف الجديدة و الشكل(5) :يبين صورة الدبش المدور.
- تستهلك الشركات الإنشائية 70%من R C A بينما يأخذ المتعهدون والوكالات الحكومية الباقي فقط 30%[DEAL / 1997] ، [1] .
- وفي هذا المجال: يمكن استعمال حصويات مادة R C A كطبقة أساس حصوية وكذلك لطبقة ما تحت الاساس وقد أثبت عدد من التطبيقات والتجارب أنه في هذا المجال كانت أفضل من الحصويات الطبيعية حيث قدرت نسبة الكمية المستعملة منه في هذا المجال بـ 85% وذلك بسبب تكاليف النقل المنخفضة،إضافة إلى المواصفات الفيزيائية الجيدة مقارنة مع الحصويات الطبيعية المقلعية . وهناك أكثر من44 ولاية أمريكية تسمح باستخدام R C A في أعمال طبقة أساسات الطرق [ويلبورن ، جونان عام 1998] مع العلم بأن المواصفات الخاصة بهذه التطبيقات قد تم تطويرها على نحو مختلف تبعاً لتغير الظروف المناخية المحلية وإمكانات المنتج لأن مواصفات المواد المدورة تختلف من موقع لآخر وضبطها أمر صعب إلى حدٍ ما.[1].

نتائج التجارب المخبرية وتوصيف المواد المحلية المدورة بمدينة اللاذقية (المحضرة من نواتج هدم البيتون والخفاف)ومناقشتها:

1- تحضير العينات المختارة /من نواتج هدم أبنية سكنية/ونقلها إلى المخبر إذ تم الحصول عليها بكميات كافية لسير برنامج التجارب المخبرية ،من ورشات هدم المباني (القديمة المراد إعادة ترخيصها وبنائها في مدينة اللاذقية)، قمنا بفرز كل من مادتي البيتون،والخفان على حدة وتنظيفها يدويا من أسياخ الحديد والشوائب الأخرى وتحويلها إلى دبش مشابه لما في الصورة المبينة في الشكل (5)، ونقلت هذه (الحجارة أو الدبش)إلى مخبر الجامعة ، وباستخدام كسارة مخبر (الجيوتكنيك)، تم الحصول على حصويات أقطارها بين(50mm-0,074 ، 0,074- 7.5mm)،و لكل مادة من المادتين المختبرتين، ثم قمنا بإجراء عليها سلسلة من التجارب المخبرية المقررة حسب المواصفات الفنية[7].ومن ثم مناقشتها وتقييمها بالمقارنة مع[8].

النتائج والمناقشة:

- شملت تجارب **الخواص الفيزيائية** على الحصويات المدورة من نواتج هدم البيتون والبلوك(من المباني السكنية)كل من (التحليل الحبي ،حدود اتربرغ، المكافئ الرملي ،الوزن النوعي،الامتصاص،بروكتور المعدلة).
- أما تجارب تحديد **خواص المقاومة** فشملت (نسبة التحمل الكاليفورنية CBR-اهتراء لوس انجلوسLA-الكسر المكعبي على الضغط الحر).

اولا: تجارب الخواص الفيزيائية على المواد المدورة :

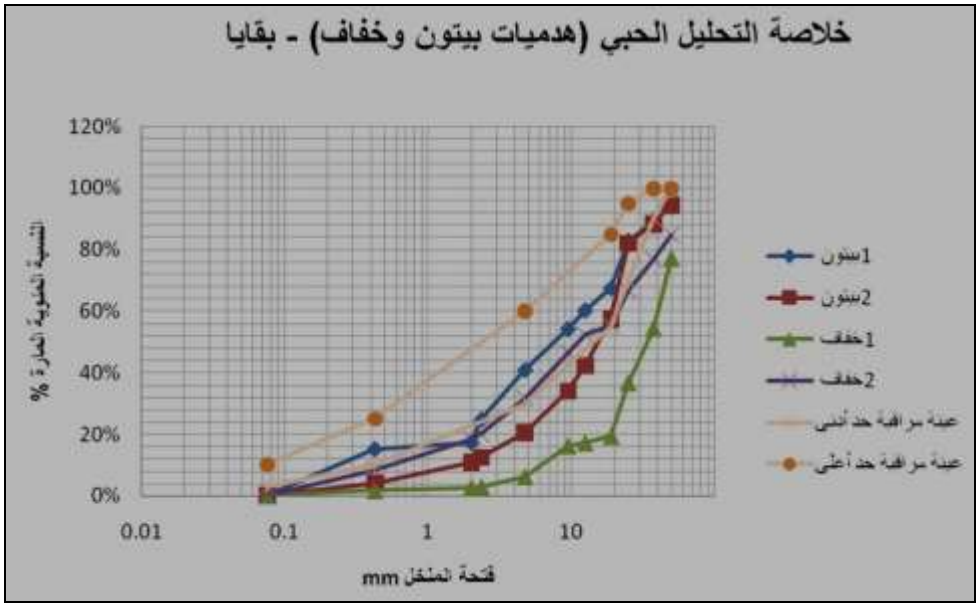
1-تجربة التحليل الحبي:

نلخص النتائج في الجدولين الآتيتين:الجدول رقم (1)، كمواد(لطبقة ما تحت الأساس) والجدول رقم (2) كمواد (لطبقة الأساس)كما نبين على المنحنيين الآتيتين:الشكل رقم (6) والشكل رقم(7)التحليل الحبي للعينات المدورة والحزمة المرجعية للمواد الحصوية (بقايا مقالع، حجر مكسر كلسي،على التوالي)،للمقارنة.[8].

جدول رقم(1) يمثل نتائج التحليل الحبي على عينات محضرة من كسر البيتون والخفان ومقارنتها بالحزم المطلوبة بالمواصفات الفنية(بقايا مقالع لطبقة ماتحت الأساس)

عينة مراقبة بقايا حدود عليا للحزمة	عينة مراقبة بقايا حدود دنيا للحزمة	خفاف 2	خفاف 1	بيتون 2	بيتون 1	فتحة المنخل mm
النسبة المئوية المارة%						
100	100	84.62	77.15	94.58	95	50
100	90	76.69	54.34	88.45	89.36	37.5
85.00	55.00	66.64	36.69	82.04	82.59	25
80.00	50.00%	55.33	19.34	57.60	67.29	19
		52.19	17.16	42.27	60.09	12.5
70.00	40.00	46.24	16.25	33.96	54.08	9.5
60.00	30.00	31.70	6.25	20.54	40.75	4.75
50.00	20.00	20.02	2.88	12.47	24.74	2.36
		18.40	2.58	10.77	17.24	2
30.00	10.00	8.41	1.66	4.04	15.11	0.425
15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.075

ونمثل على الشكل رقم 2-1 منحنيات التحاليل الحبية لعينات البيتون المكسر والخفان المكسر لطبقة ماتحت الأساس.

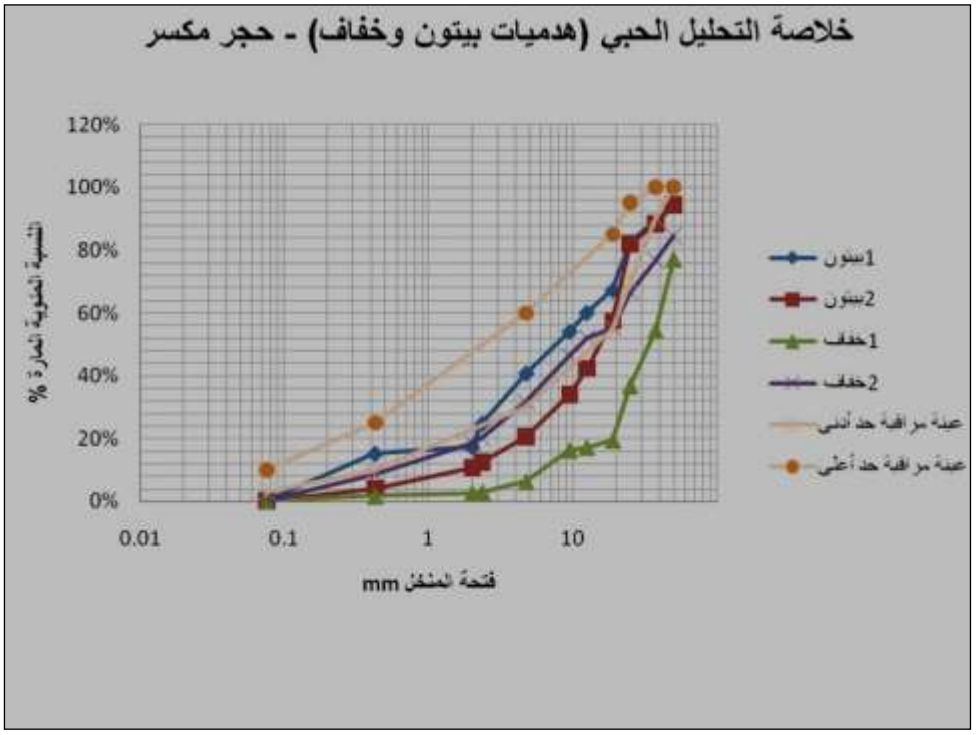


الشكل(6) :منحني التحليل الحبي لهدميات الخفاف والبيتون /بالمقارنة مع حزمة مواد بقايا المقالع لطبقة ماتحت الأساس.

- بغية مقارنة نتائج التجارب مع حزم مواد طبقة الأساس نبين في الجدول الآتي المقارنات الآتية:

الجدول(2):خلاصة تجارب التحليل الحبي لهدميات البيتون والخفاف بالمقارنة مع مادة حجر مكسر لطبقة الأساس

عينة مراقبة حجر مكسر	عينة مراقبة حجر مكسر	خفاف 2	خفاف 1	بيتون 2	بيتون 1	فتحة المنخلmm
النسبة المئوية المارة%						
100	100	84.62	77.15	94.58	95	50
100	90	76.69	54.34	88.45	89.36	37.5
95.00	70.00	66.64	36.69	82.04	82.59	25
85.00	55.00	55.33	19.34	57.60	67.29	19
		52.19	17.16	42.27	60.09	12.5
		46.24	16.25	33.96	54.08	9.5
60.00	30.00	31.70	6.25	20.54	40.75	4.75
		20.02%	2.88	12.47	24.74	2.36
		18.40	2.58	10.77	17.24	2
25.00	10.00	8.41	1.66	4.04	15.11	0.425
10.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.075



الشكل(7): :منحني التحليل الحبي لهدميات الخفاف والبيتون /بالمقارنة مع حزمة مواد الحجر المكسر لطبقة الأساس

- وإذا ما دققنا في الشكلين السابقين واللذين يبينان منحنيات التحليل الحبي (توزيع الحجوم الحبية)الناتجة عن التحليل المنخلي مع الغسل وفق مواصفات التجربة للمواد والعينات من(هدميات البلوك/الخفاف/ و هدميات البيتون) المستخدمة في هذا البحث،فسنجد كمية لابأس بها من المواد الخشنة

والمتوسطة الحجم اكثر مما هي في مادة الحجر المكسراوبقايا المقالع المستخدمة عموماً في تأسيس الطرق في **مدينة اللاذقية** وقد اخترنا أن نأخذ الحزمة المستخدمة في الشروط الفنية الخاصة لمشروع انشاء الطرق في المنطقة الصناعية كعينة **للمقارنة او المراقبة** ،وقد يعزى ذلك إلى طريقة التكسير المستخدمة لإنتاج مواد الهدميات المدورة/كحصويات بديلة/،ولكنها يمكن أن تعزى أيضاً إلى اختلاف خواص المواد،وبالتالي يمكننا اجراء التجارب اللازمة لتحسين إحضار الحصويات الطرقية.

2- اختبارات حدود اتربرغ :أشارت نتائج الاختبار إلى أن المواد المدورة من (بلوك هدم،بيتون هدم) ليست لدنة،وكانت النتائج كلها تشير إلى أن حد السيولة أعطى القيمة LL=NLL وحد اللدونةPL=NPL وهذا يثبت نقاوة الحصويات الأصلية المستخدمة في البيتون أو البلوك وخلوها من التربة الناعمة والطينية. [5].

3-تجربة المكافئ الرملي: قمنا بإجراء التجربة على ثلاث عينات عشوائية من مادة هدميات البيتون ،وعلى ثلاث عينات عشوائية من مادة هدميات الخفاف،المأخوذة من مواقع ورش الهدم نفسها المشار إليها أعلاه وذلك وفق المراحل المذكورة في المواصفات(AASHTO-T176-73)، والمرجع (الأسس العلمية لإنشاء الطرق- د.م.مروان عاصي،وآخرون) ، رقم المرجع [6] ، وقد تم تلخيص النتائج في الجدول التالي رقم (3):

الجدول(3): خلاصة نتائج تجربة المكافئ الرملي لمواد هدميات الخفاف والبيتون،مع مواد المقارنة.

العينة	ارتفاع الراسب/الرملh2cm	ارتفاع العوالق/النواعمh1cm	المكافئ الرملي100*h2/h1=SE	الوسطي %
هدميات بيتون	8.8	11.0	80	81.6
	9.0	11.2	82	
	9.0	10.8	83	
هدمبات خفاف	9.4	13.0	72	70.3
	9.6	13.4	72	
	9.0	13.4	67	
طبقة الأساس الحصوي/من مادة الحجر المكسر				min:45
طبقة ما تحت الأساس الحصوي/من مادة بقايا المقالع				min:30

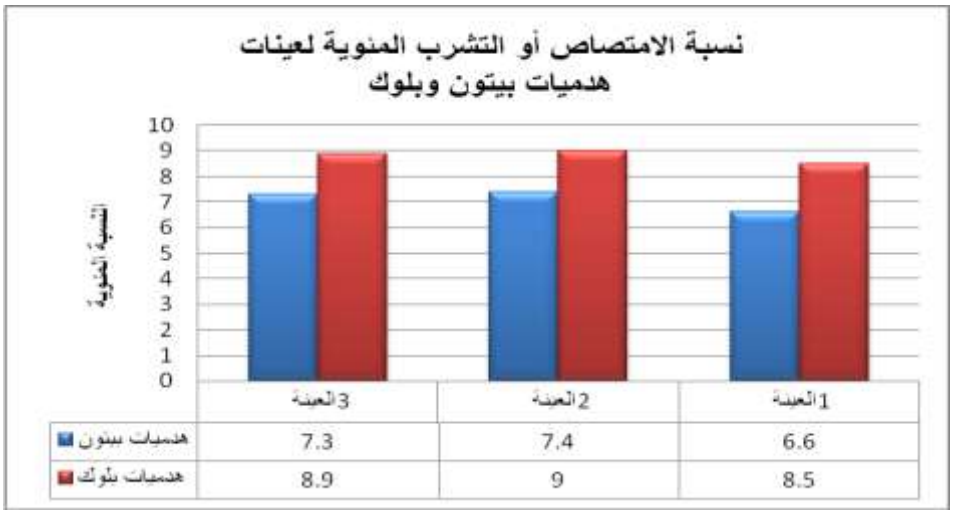
وسطي المكافئ الرملي لهدميات البيتون SE=81.6، وسطي المكافئ الرملي لهدميات الخفاف SE=70.3، وبالمقارنة مع القيم المرجعية للمكافئ الرملي المطلوبة ،لكل من طبقتي الاساس وما تحت الاساس وكما في الجدول اعلاه،نجد ان المادتين تحققان شروط الاستخدام كحصويات بديلة.

4- تجربة الامتصاص والوزن النوعي:

اولا :تجربة الامتصاص او التشربWater absorption: ويحسب[كنسبة مئوية%= (الوزن المشبع لمدة 24 ساعة-الوزن الجاف بالفرن لمدة 24 ساعة)/الوزن الجاف *100]. ملخصة في الجدول(4)، والشكل(8):

الجدول(4)خلاصة نتائج تجربة الامتصاص والوزن النوعي للهدميات

المادة	هدميات البيتون	هدميات بلوك
نسبة الامتصاص%		
عينة1	6.6	8.5
عينة2	7.4	9
عينة3	7.3	8.9



الشكل (8) خلاصة نتائج تجربة الامتصاص لمواد هدميات الخفاف والبلوك

ونلاحظ بأن قيم الامتصاص التي تم الحصول عليها في هذا البحث هي بالنسبة لنواتج هدم البيتون جيدة أما بالنسبة لنواتج هدم الخفان فهي تدفع لاستخدمها فقط كردميات محسنة أو كطبقة فلتر في الرصف الطرقي وهي تنسجم مع النتائج التي حصل عليها الباحثون،كما أن الامتصاص يزداد بشدة مع تناقص حجوم الحصويات [5].

5- تجربة الكثافة الحجمية: نبين فيما يلي نتائج الكثافة الحجمية في الجدول الآتي رقم (5) :

الجدول رقم (5) :خلاصة نتائج تجربة الكثافة الحجمية لمواد هدميات البيتون والخفاف.

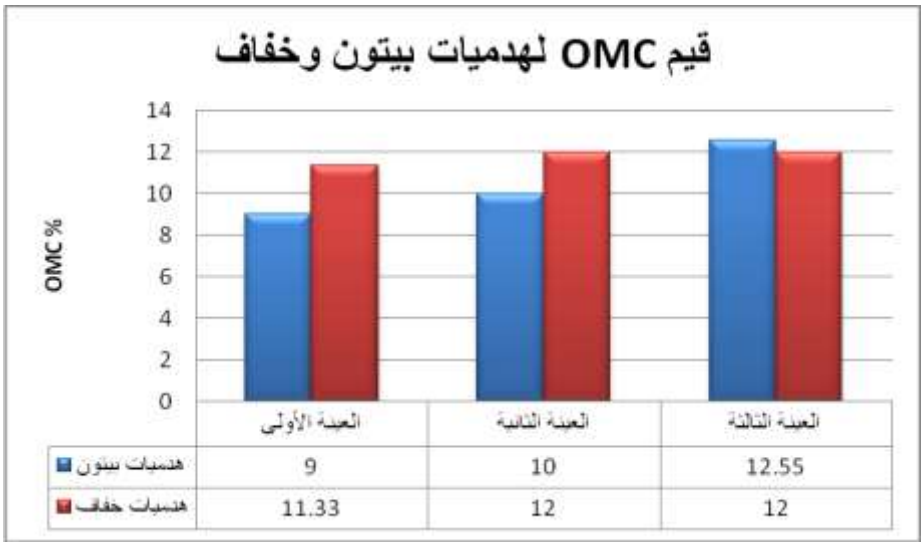
العينة	الكثافة الحجمية
هدميات بيتون 1	2.23
هدميات بيتون 2	2.30
هدميات بيتون 3	2.25
الوسطي	2.26
هدميات خفاف 1	1.95
هدميات خفاف 2	2.02
هدميات خفاف 3	1.96
الوسطي	1.98

من الجدول أعلاه نستنتج: وسطا الكثافة الحجمية لهدميات البيتون(2.26)، وسطا الكثافة الحجمية لهدميات الخفاف(1.98) والتي تمثل الوزن النوعي الظاهري والتي هي دائما اكبر من الوزن النوعي الحجمي(bulk)،في خلائط البيتون وذكرت في أغلبية الأبحاث،التي تعالج RCM ،وهو يتراوح في تجارب بعض الباحثين ضمن المجال (2.2-2.52)، هانسن Hansen واخرون [5].

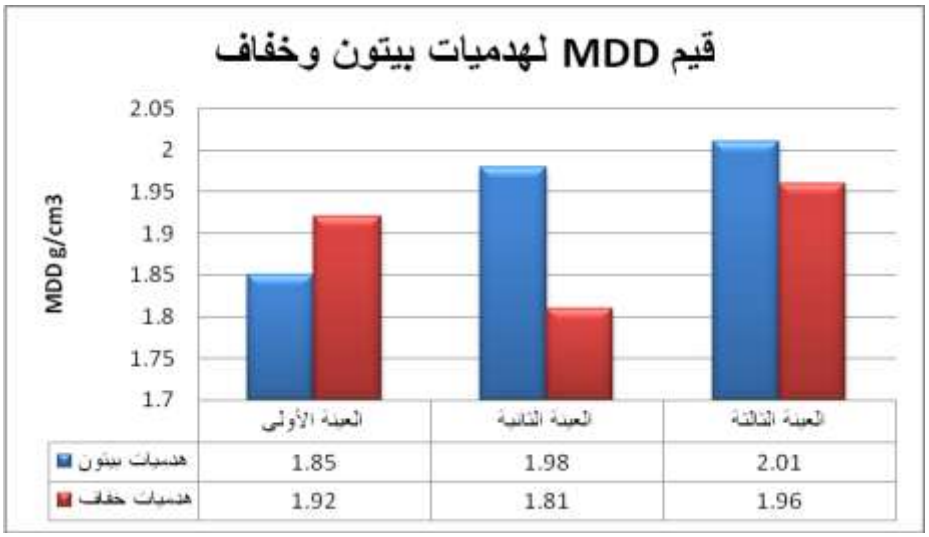
6- تجربة بروكتور المعدلة: قيم OMC وMDD: التي تم استنتاجها واشتقاقها من منحنيات العلاقة بين الكثافة الجافة والرطوبة (تجربة بروكتور المعدلة)، تبين الأشكال رقم (9)ورقم (10) والجدول (6)نتائج تجارب بروكتور المطبقة على مادة هدميات البيتون وهدميات الخفاف(البلوك)، :

الجدول رقم (6):خلاصة نتائج قيم الرطوبة المثالية والكثافة الجافة العظمى لهدميات البلوك والبيتون

العينات	العينة الأولى		العينة الثانية		العينة الثالثة	
الواحدة	gr/cm3	%	gr/cm3	%	gr/cm3	%
الكثافةالعظمى/الرطوبةالمثالية	MDD	OMC	MDD	OMC	MDD	OMC
بيتون	1.81	8.8	2.01	10	2.01	12.55
	1.81	9.2	1.94	10		
	1.94	9				
المتوسط الحسابي	1.85	9.00	1.98	10.00	2.01	12.55
خفاف	1.91	12	1.83	12	1.96	12
	1.93	10	1.78	12		
	1.92	12				
المتوسط الحسابي	1.92	11.33	1.81	12.00	1.96	12.00



االشكل رقم(9): خلاصة نتائج قيم الرطوبة المثالية لهدميات البلوك والبيتون



الشكل رقم (10): خلاصة نتائج قيم الكثافة الجافة العظمى لهدميات البلوك والبيتون

أما الجدول (7) فيبين القيم العملية المحتملة لخواص منحني الرص تبعا لمجموعات تصنيف AASHTO ودرجة صلاحية هذه المجموعات لرصف الطرق وردمها (اقتصرنا على ادراج المواد الحبيبية–كحصويات، بغرض أعمال رصف الطرق (طبقات الرصف–للأساس وما تحت الأساس التي نحن بصددها في هذا البحث) [6].

الجدول (7) : يبين القيم العملية المحتملة لخواص منحني الرص.

تصنيف اشتو	Mdd gr/cm3	Omc %	الصلاحية للردم	الوصف
A -1-a	2.27-1.84	15-7	جيدة-ممتازة	حبيبية خشنة
A -1-b	2.27-1.84	15-7	جيدة-ممتازة	حبيبية خشنة
A -2-4	2.16-1.76	18-9	مقبولة-ممتازة	حبيبية
A -2-5	2.16-1.76	18-9	مقبولة-ممتازة	حبيبية
A -2-6	2.16-1.76	18-9	مقبولة	حبيبية
A -2-7	2.16-1.76	18-9	مقبولة	حبيبية

ومنها يتبين مايأتي: حصويات مدورة من بيتون الهدم ، بقطر أعظمي 7.5cm وقطر أعظمي 5cm (صالح للاستخدام كمادة لطبقة ماتحت الأساس/كبديل عن مادة بقايا المقالع)، او للاستخدام كطبقة أساس/كبديلٍ عن مادة الحجر المكسر) لها OMC من % (9–12.55) ،MDD من g/cm3 (1.85–2.01) أما بالنسبة لمادة مدورة من **هدميات الخفاف** قطر أعظمي 7.5cm وقطر أعظمي 5cm فتكون نتائجها على التوالي:OMCمن % (11.33–12) ، MDDمن g /cm3 (1.81–1.96). وبالمقارنة مع الجدول المرجع أعلاه، يتبن بأنها قيم **جيدة جدا**. [7 /المواصفات الفنية لوزارة المواصلات].

ثانيا: تجارب خواص المقاومة(قدرة تحمل وصلابتها الحصويات Strength or stiffness of ggregate)،والمقاومة المكعبية للبيتون الخام (نواتج الهدم قبل التكسير)وتشمل:

- مقاومة التآكل/L.A/لوس أنجلوس، تجربة CBR نسبة تحميل كاليفورنيا ، **كسر مكعبات بيتونية (من نفايات المواد الخام المطلوب تدويرها) على الضغط الحر .**

7- تجربة CBR نسبة تحميل كاليفورنيا California bearing ratio test:

ونلخص في الجداول والمنحنيات التالية نتائج التجارب على العينات العشوائية التي قمنا باخذها من مواقع الهدم المشار اليها بالتفصيل سابقا:

الجدول (8) : نتائج اختبارات CBR على خمس عينات هدميات خفاف وثلاث بيتون

نتائج CBR					
رقم العينة	1	2	3	4	5
خفاف	85.34	71.43	74.91	63.6	55.6
بيتون	67.17	49.77	55	0	0

وسطي CBR لمادة هدميات الخفاف : 73.82 ، وسطي CBR لمادة هدميات :57.31

الشكل (11) : نتائج اختبارات CBR على ثلاث عينات هدميات خفاف وبيتون(اختراق5)

وبالمقارنة مع القيم المرجعية المبينة في الجدول 2-1 ، نجد أن مادة هدميات البلوك/أو الخفاف وهدميات البيتون كلاهما تحققان وبكفاءة اشتراطات الجودة الخاصة ب CBR.

8 - **تجربة لوس انجلوس** :اجريت التجربة على عينات مختلفة وتم تلخيص النتائج في الجدول التالي،رقم(9):

الجدول رقم (9) :خلاصة نتائج تجربة لوس انجلوس لمواد هدميات البيتون والخفاف.

وصف المادة/العينة، المختبرة	تاريخ الاختبار	نسبة الاهتراء%LA
هدميات بلوك ،قطر 5cm	ك1/2009	63.6
هدميات بلوك ،قطر 7.5cm	ك1/2009	62.45
هدميات بلوك ،قطر 7.5cm	شباط/2011	62
هدميات بيتون،قطر 5cm	ك2/2010	40.65
هدميات بيتون،قطر 7.5cm	ك1/2009	40
هدميات بيتون،قطر 7.5cm	شباط/2011	39.6

من الجدول أعلاه نستنتج ما يلي: وسطا LA لمادة هدميات بلوك 62.68 ، وسطا LA لمادة هدميات البيتون 40.08

-مناقشة نتائج تجربة لوس أنجلوس:من مراجعة النتائج ،نجد أن قيمة الفاقد تتراوح بين (62-63.60)لمادة مدورة من تحطيم البلوك، وبين (39.6-40.65) لمادة مدورة من تحطيم البيتون. وبالتالي فان نتائج تجربة **لوس انجلوس، (L.A):** وبالمقارنة مع **القيم/المرجعية-المقارنة/ الواردة في المواصفات الفنية الصادرة عن المؤسسة العامة للمواصلاتى الطقية دمشق 2002** ،الذي ،يبين أن الحد الاعلى لقيمة لوس أنجلوس لمواد طبقة الأساس يجب أن يكون LA≤45% ولطبقة ماتحت الاساس،كحد اعلىLA≤50%،

ومن ذلك نجد بأنه يمكننا استخدام مادة هدميات البيتون بأمان أكثر من مادة هدميات الخفاف .

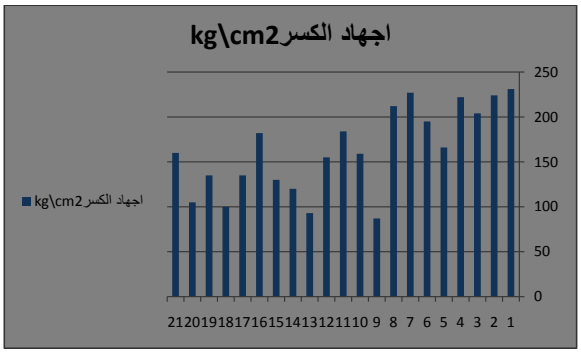
بعد انتهاء التجربة نلاحظ ان الحصويات المدورة قد تعرت من الاسمنت الملتصق بها ،إذ تظهر الحصويات نظيفة (عارية)، كما توضحها الصورة في الشكل (12):

الشكل (12) : حالة الحصويات بعد تجربة LA

وعندما يتم تكسير جزيئات المواد المدورة، وتحطيمها فان ذلك يؤدي إلى تكشف الإسمنت المفصول(عند صنع المجبول البيتوني سابقاً)، وبإمكانه أن يتفاعل مجددا،وأن يتصلب أيضاً.وهذه العملية التي يقوم بها الاسمنت الجديد المكتشف ،إذاً هي الأساس في عملية السمنتة الذاتية(عودة خاصية مادة الإسمنت كمادة رابطة للظهور) التي تظهرها الحصويات المدورة.

9- تجربة الكسر المكعبي بالضغط البسيط:بغية معرفة المقاومة المكعبية للبيتون المعد لإنتاج الحصويات منه فقد تم إجراء تجربة كسر مكعبات بابعاد(10*10*10)cm تم إعدادها وصنعها في احد مناشر الرخام وأحجار البناء في مدينة اللاذقية،

بلغت **قيمة المتوسط الحسابي على 21 مكعب 163 kg/cm2** ،الشكل(13):



الشكل(13): التمثيل البياني لقيم إجهاد الكسر المكعبي لمادة عدميات البيتون.

- التقييم النهائي للمواصفات الفنية للمادتين المدورتين موضوع البحث: نلخص فيما يأتي القيم الوسطية لمواصفات المواد المدورة من هدميات البيتون والخفاف ومقارنتها بمواصفات المواد من ناتج طبيعي أو صناعي ، بالجدول الآتي رقم (10) :

الجدول (10-اولا) : خلاصة التقييم النهائي للتجارب المجراة على المواد المدورة من مواد هدم البينون والبلوك(الخفاف) ، من ورش هدم الابنية بمدينة اللاذقية. [7].

متطلبات/معيار الجودة	القيمة	مواصفات مادة مدورة من هدميات الخفاف(وسطي)	مواصفات مواد مدورة من هدميات البيتون(وسطي)
أولا:طبقة الأساس الحصوي/من مادة الحجر المكسر			
النقص بسبب الاهتراء LA(-AASHTO T96-77)	كحد أقصى45	62.68	40.08
المكافئ الرملي(AASHTO-T176-73)	كحد أدنى 45	70.3	81.6
حد السيولة(AASHTO-T89-80)	كحد أقصى25	-	-
قرينة اللدونة(AASHTO-T90-80)	كحد أقصى6	-	-
نسبة تحمل كاليفورنياCBR(AASHTO D1883)	كحد أدنى65	73.82	57.31
خليط 50% خفاف 50%بيتون CBR=55.6			

الجدول (10-ثانيا) : خلاصة التقييم النهائي للتجارب المجراة على المواد المدورة من مواد هدم البينون والبلوك(الخفاف) ، من ورش هدم الأبنية بمدينة اللاذقية. [7].

ثانيا: طبقة ما تحت الأساس الحصوي/من مادة بقايا المقالع		مواصفات مادة مدورة من هدميات الخفاف(وسطي)	مواصفات مواد مدورة من هدميات البيتون(وسطي)
المكافئ الرملي(-AASHTO T176 73)	كحد أدنى30	70.3	81.6
قرينة اللدونة(AASHTO-T90-80)	كحد أقصى6	لايوجد	لايوجد
النقص بسبب الاهتراء (AASHTO-T96-77)LA	كحد أقصى40	62.68	40.08
نسبة تحمل كاليفورنياCBR(AASHTO D1883)	كحد أدنى50	73.82	57.31
خليط 50% خفاف 50%بيتون CBR=55.6			

الاستنتاجات والتوصيات:

1. إن أية مادة جديدة يجب أن تدعم باختبارات شاملة ومراقبة مستمرة لأداء الرصف خصوصاً ما يتعلق بالديمومة ،مع ضرورة نشر التجارب الناجحة والترويج لها وتشجيعها،ومما لاشك فيه فان ذلك سيشجع الآخرين ليبنوا عليها.
2. إن المواد المدورة ذات قيمة ،و**مشروع هدم وتجديد الأبنية والمنشات البيتونية** بالتأكيد يعطي صناعة التدوير الفرصة لاثبات مقدرتهاعلى انتاج منتج جديد بجودة متماسكة،وتقييم خواص ومواصفات أصناف

مختلفة من المواد المدورة ،إذ سيتم الحصول على نماذج لتراكيب حبية من الحصويات الناتجة من طحن البيتون الناتج عن الهدم ،تصلح للاستخدام الطرقي.

3. إن الهدف الأصلي من/ هذا البحث/هو إثبات إمكانية استبدال مادة **الحجر الكلسي المكسر في طبقة الاساس،اومادة بقايا المقالع الكلسية ايضا ،بهذه المواد المدورة**.وعلى اية حال بعد استكمال إنتاج رصف طريق واحد على الاقل ،سيكون هناك إمكانية لإنشاء طرق اخرى .
4. وضع منهجية واقعية لإدارة موادالهدم المدورة بالتنسيق مع القطاعات الانتاجية في محافظة اللاذقية.

المراجع:

1. Reuse Of Concrete Materials From Building Demolition.
   Public Works Technical Bulletin 200-1-27,14septembe 2004 By The U.S.Army Corps Of Engineers,Washington ,Dc.
   Www.Wbdg.Org/Ccb/Army Coe/Pwtb/Pwtb_200_1_27 Pdf
2. Recycling Of Materials In Civil Engineering
   By: Margaret Mary O'mahony A Thesis Submitted To The Univercity Of Oxford For The Degree Of Doctor Of Philosophy
   New College Trinity Term 1990
   Www.Civil.Eng.Ox.Ac.Uk/Publications/Theses/O_Mahony.Pdf
3. Feasible Use Of Recycled Concrete Aggregates And Crushed Clay Brick As Unbound Road Sub-Base
   Chi Sun Poon,Dixon Chan
   Department Of Civil And Structural Engineering ,The Hongkong Polytechnic University,
   Www.Elsevier.Com/Lokate/Conbuildmat
4. Alifecycle Assessment And Evaluation Of Construction And Demolition Waste
   By: Amelia Craigh Ill[1,2] And Jane C.Powell[2]
   [1]research Fellow, Swindon Contractors,
   Great Western Way, Swindon And [2]centre For Social And Economic Research On The Global Environment University Of East Anglia, And University College London.Cserge.Ac.Uk/Sites/Default/Files/Wm_1999_03.Pdf .Www
5. Characterization Of Recycled Concrete For Use As Pavement Base Arterial
   By/ Brandon James Blankenagel
   A Thesis Submitted To The Faculty Of Brigham Young University For The Degree Of Master Of Science Department Of Civil And Environmental EngineeringDecember 2005Http://Contentdm.lib.byu.edu/ETD/image/et001.pdf

6. الأسس العلمية لإنشاء الطرق-م.مصطفى طه،د.م.مروان عاصي،م.محمد منلا علي-دار عبد المنعم حلب-كانون الثاني2001)،281صفحة .
7. الشروط والمواصفات الفنية العامة لاعمال الطرق والجسور في الجمهورية العربية السورية-وزارة المواصلات –دمشق عام2002 ، 924صفحة.