الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبيـــة
وزارة التعليم العـــالي و البحث العـــلمـــي
جـــامـــعة قاصـــــدي مربـــاح –ورقـــلـــــة–
كـــــلية العـــــلوم التطبـــيقـــــــيـــة
قســـم: الـــــري و الهـــــندســـــة المـــدنيـــة

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة الماستـــر

مجال : الهندسة المدنية

تخصص : دراسة و مراقبة المباني و الطرق

C :.....

R :.....

العنـــوان

دراسة تجريبية لتأثير إعادة تدوير حصى الخرسانة الإسمنتية على رص الخرسانة الزفتية بإستعمال تجربة القص الدائريPCG

مقدمة من طرف :

- ربوح مبروكة
- بن عاطي أمينة

المناقشة مكونة لجنة من السادة:

زنخري عبد الرزاق	أستاذ محاضر "ب"	جامعة ورقلة	رئيسا
أبي ميلود يوسف	أستاذ محاضر "ب	جامعة ورقلة	مناقشا
بن طاطة عيسى	أستاذ مساعد "أ"	جامعة ورقلة	مشرفا

السنة الجامعية : 2021/2020

شكـــــــر وتقدير

نحمد الله عز وجل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث العلمي والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة فالحمد لله حمدا كثيرا .

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ المؤطر بن طاطة عيسى لكل ما قدمه من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا في جوانبها المختلفة كما نتقدم بجزيل الشكر إلى عمال مخبر الأشغال العمومية بالجنوب ورقلة , إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة دون نسيان مديري ومعلمي ومتعلمي التعليم الثانوي ومديرية التربية والتعليم لولاية ورقلة .

ونشكر جزيل الشكر أساتذة الهندسة المدنية و الري كل بإسمه .

الاهداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا

هذه ثمرت الجهد والنجاح بفظله تعالى مهداة إلى روح أبي وأمي

الطاهرة رحمة الله عليهما وجعلى مثواهما الجنة .

إلى كل عائلة الكريمة التي ساندتني ولا تزال من إخوتي وأخواتي وخاصة أخي العيد

إلى رفيقة في المذكرة أمينة بن عاطي وزميلي كماسي محمد ياسين خاصة وسهام .

إلى كل قسم الهندسة المدنية والري .

جامعة قاصدي مرباح –ورقلة –

إلى كل من كان لهم أثر على حياتي وإلى كل من أحبهم قلبي ونسيهم قلمي .

أهدي لكم هذا العمل.

الى من ساندتني في صلاتها ودعائها .....الى من سهرت الليالي تنير دربي الى من تشاركني افراحي وآهاتي الى نبع العطف والحنان الى اجمل ابتسامة في حياتي الى اروع امرأة في الوجود:امي الغالية.

الى من علمني ان الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة الى الذي لم يبخل عليا بأي شيء الى من سعى من اجل راحتي الى اعظم واعز رجل في الكون:ابي العزيز.

الى الدين ظفرت بهم هدية من الاقدار الى اخوتي وأخواتي الاعزاء وسندي في الحياة كل وباسمه وفاء،محمد علي،اسماعيل،عبد الرحمان وابنائهم: حاتم،فاطمة،براءة والى زوجاتهم وأزواجهم : ايمان،نسيبة،تهامي وكل افراد العائلة الموسعة و الى عائلي الثانية ابي محمد الطيب وأمي فطيمة ادامكم الله ذخرا لنا و الى قرة عيني حفظك الله ورعاك عبد الستار واخص بالذكر قطعة من روحي وقلبي ابني حبيبي وسيم حفظك الله ورعاك

والى كافة زملاء الدراسة وخاصة دفعة cs و رفقائي في الاقامة والى كل من ساعدني ودعمني من قريب وبعيد وشكر خاص باديس،نصرو،دلال والى اساسدتي الكرام والى كل من سقط سهوا من قلمي وليس من قلبي

وفي الاخير ان احسنت فهادا من توفيق الله لي وان اخطاءت فمن نفسي والشيطان "ربنا وفقنا لما تحب وترضى "

ملخص :

يعتبر إستخدام مخلفات البناء في إنتاج خرسانة جديدة مهما،فهو يهدف إلى إزالة كميات كبيرة من النفايات الخرسانية ،كما يهدف إلى توفير مصادر رخيصة لركام الخرسانة . تم في هذا البحث إستخدام النسب 0% ,10% ,20% ,40% من الركام الخشن المعاد تدويره كبديل عن الركام الخشن الطبيعي في الخلطة الخرسانية الإسفلتية ،وتمت دراسة قابلية الرص والتشكيل والتي يتم إختبارها بتجربة مكبس القص الدوراني .حيث قمنا بإدخال النسب المختلفة من الركام المعاد تدويره من أجل معرفة إلى أي مدى يمكن أن يحسن من قابلية الرص للخرسانة الإسفلتية . ومن خلال هاته الدراسة التجريبية فإن النتائج المتحصل عليها تعتبر بشكل عام خارج مجال المقبول لنسب الفراغ وهي ما بين 4 و9% للخليط 0/14 وهذا راجع في نظري لكون الخليط متشبع بالرابط الهيدروكربوني وهذا الأخير يملأ الفراغات ويجعلها غير قابلة للرص.

الكلمات المفتاحية : الخرسانة الإسفلتية ، الكثبان الرملة ، PCG ، الركام المعاد تدويره .

Résumé :

L’utilisation de déchets de construction dans la production de béton neuf est importante ,car elle vise à éliminer de grandes quantités de déchets de béton et vise égalment à fournir des sources bon marché de granulats de béton .

Dans cette recherche, les ratios 0 %, 10 %, 20 %, 40 % du granulat grossier recyclé ont été utilisés comme substitut du granulat grossier naturel dans le mélange de béton bitumineux, et la capacité de compactage et de mise en forme a été étudiée, ce qui est testé par l'expérience de la presse rotative à cisaillement de granulats recyclés afin de savoir dans quelle mesure elle peut améliorer la compactabilité du béton bitumineux. A travers cette étude expérimentale, les résultats obtenus sont généralement considérés en dehors de la plage acceptable des taux de vide, qui sont compris entre 4 et 9% pour le mélange 14/0, et cela est dû à mon avis au fait que le mélange est saturé en liaison hydrocarbonée, et cette dernière comble les vides et les rend incompactables.

Mots clés : béton bitumineux, dunes de sable, PCG, granulat recyclé.

فهرس المحتويات

المحتوى	الصفحة
الاهداء	
التشكرات	
الملخص .	
فهرس العناوين	
قائمة الجداول	
قائمة الصور	
قائمة الأشكال	
مقدمة عامة	
الفصل الأول (الجانب النظري)	
المحور الاول :الرصف الطرقات	
تمهيد	1
تعريف الرصف	1
انواع الرصف	1
أ-الرصف المرنة	2
ب-الارصفة الشبه الصلبة	2
ج- الارصفة الصلبة	2
مكونات الارصفة المرنة	3
مكونات الطريق	5
خصائص المواد المستعملة في طبقات السير	7
خاتمة المحور	10
المحور الثاني : رص طبقات السير	
1- تمهيد	12
2- تعريف رص الطريق	12
3- الهدف من الرص	12
3-1-فوائد رص الطريق	13
4- العوامل المؤثرة على الرصيف	13
5- العتاد والاليات المستعملة في رص طبقات السير	14
6-الملاحظات	17

8- خاتمة المحور	18
المحور الثالث: اعادة تدوير الحصى واستعماله في الطرقات.	
1-تمهيد	20
2-مصادر الحصى المعاد تدويره	21
3-الطرق و الوسائل المتبعة في تدوير الحصى	22
4- اهمية البحث واهدافه	23
5- فوائد اعادة استعمال الركام الخرساني المدور	24
6- بعض الابحاث في اعادة تدوير الحصى في مجال الطرقات	24
7- خاتمة المحور	27
الفصل الثاني : الجانب التطبيقي	
المحور الرابع :اختبار المواد المستعملة	
تمهيد	29
تحديد المواد المستعملة	29
نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات	29
اختبار المواد	31
ملخص نتائج الاختبار	36
خاتمة المحور	37
المحورالخامس :اختبارات ال PCG على الاسفلت المصنع	
تمهيد	39
تحديد محتوى الرابط	39
تجربة مكبس القص الدوراني ال PCG (NF EN 12697-31)	39
مبدا التجربة	40
نتائج التجربة	41
التركيبة الاولى GR %0	41
التركيبة الثانية GR %10	42
التركيبة الثالثة GR %20	43
التركيبة الرابعة GR %40	44
مناقشة النتائج المتحصل عليها	45
خاتمة المحور	45
خاتمة عامة	47
المراجع	50

فهرس الصور

رقم	عنوان	الصفحة
1	الطريق	1
2	حصويات	8
3	البودرة (الفيلر)	9
4	مادة البيتومين	9
5	نموذج من المداحل الملساء	14
6	نموذج من المداحل بعجلات مطاطية	15
9.8.7	تبين نماذج من مداحل أرجل الغنم	15
11.10	تبين نماذج من مداحل إهتزازية	16
12	تبين حصى معاد تدويره	21
13	آلة تكسير المواد	22
14	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية GR %0	32
15	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة GR %10	33
16	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة GR %20	34
17	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة GR %40	35
18	جهاز ال PCG	40

فهرس الأشكال

رقم	العنوان	الصفحة
1	رسم توضيحي لمكونات الأرصفة المرنة	5
2	رسم توضيحي لمكونات الطريق	5
3	رسم توضيحي لجانب وقارعة الطريق	6
4	كمية النفايات الخرسانية التي يتم تدويرها في بعض دول العالم (pual .2011)،{1}	20
5	دورت حيات مواد الإنشاء	21
6	ADR :Advanced Dry Recovery	23
7	يمثل النسب المؤوية للمواد المكونة للتركيبات	30
8	منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التحليل الحبيبي	31
9	منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية 0%ضمن الحزمة النظامية المطلوبة	32
10	منحنى التحليل الحبيبي للخلطة 10 % ضمن الحزمة النظامية المطلوبة	33
11	منحنى التحليل الحبيبي للخلطة 20 % ضمن الحزمة النظامية المطلوبة	34
12	منحنى التحليل الحبيبي للخلطة 40 % ضمن الحزمة النظامية المطلوبة	35
13	مبدأ تجربة القص الدوراني	41

فهرس الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1	يوضح المواد المستعملة في الدراسة والفئة التي تنتمي اليها	29
2	قيم منحى الحزمة النضامية المطلوبة في التدرج الحبيبي .	31
3	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية 0% GR	32
4	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 10% GR	33
5	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة GR%20	34
6	نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة GR%40	35
7	نتائج اختبارات على الركام	36
8	نتائج اختبارات على الاسفلت	37
9	نتائج اختبار كيمائي للغضار	37
10	نتائج تجربةPCGعلى التركيبةGR0%	42
11	نتائج تجربةPCGعلى التركيبة%10GR	43
12	نتائج تجربةPCGعلى التركيبة%20GR	43
13	نتائج تجربةPCGعلى التركيبة%40GR	44

مقدمة عامة

مقدمة عامة :

تعد خدمات الطرق و الجسور من ضرورات رفع مستوى إقتصاديات أي بلد عن طريق النقل المباشر للأشخاص والبضائع وحل المشكلات المتعلقة بالدفاع عن الوطن وتسهيل مهمة إمدادات المجتمع بالخدمات المتنوعة مثل الصحة والتعليم والإتصالات والأمن ومكافحة الأوبئة والأمراض وتشجيع الإستيطان والإستقرار وإستغلال المناجم ومصادر الثروة الطبيعية والإصطناعية.

بسبب التزايد السريع لعدد السكان والإنشاءات تتولد في البلد ملايين الأطنان من مخلفات الإنشاءات والهدم وإن هذه المخلفات تتزايد طبقا إلى معلومات المتوفرة من البلديات ووزارة الأشغال العمومية ويجب التخلص منها وإن السماح لهذه المواد التي من الممكن إعادة إستخدامها وتدويرها أن تذهب إلى المدافن ليس فقط فقدان في الموارد وإنما زيادة الإنفاق في الأموال ،البناءون والمقاولون ينفقون مرتين مرة عندما يجهزون المواد والأخرى عندما يزيلون الأنقاض للتخلص منها . بالرغم من كفاءة وخبرة البناءون في إستخدام المواد فإن هنالك زيادة في كلفة التخلص من مخلفات الهدم مما تتطلب الحاجة لوضع خطة فعالة لإدارة المخلفات بإستخدام خيارات التقليص وإعادة التدوير.

نطمح أن نقدم في هذه الدراسة إهتمام مميز في إدارة مخلفات البناء والهدم مع معلومات عن كفاءة التقليل وإعادة الإستخدام و التدوير في الموقع . إن الدراسة لم تعرض كل الحلول وإنما محاولة إستغلال في إنشاء الطرق والأرصفة وأماكن ركن السيارات لذلك نحاول من تحسين السلوك الميكانيكي للخرسانة الإسفلتية بإستغلال الركام المدور الخشن بخلطها مع مكونات الخرسانة الإسفلتية بواسطة تجربة الPCG.

السؤال الذي يطرح نفسه: هل يؤثر الركام المعاد تدويره الخشن على رص الخرسانة الإسفلتية بواسطة تجربة ب PCG ؟

تتكون هذه الرسالة من جزئين هما : الجزء النظري والجزء التطبيقي .

الجزء النظري يتكون من ثلاثة محاور وهي:

المحور الأول ويعرض لنا رصف الطرقات وذلك بأنواع الرصف ،مكونات هيكل الطريق وخصائص المواد المستعملة في طبقات السير .

المحور الثاني : رص طبقات السير تعريفه وأهدافه والعتاد والآليات المستعملة في الرص .

المحور الثالث : إعادة تدوير الحصى وإستعماله في الطرقات .

الجزء التطبيقي ويتكون من محورين وهما :

المحور الرابع ويعرض إختبار المواد المستعملة من ركام مدور وحصى وإسفلت .

المحور الخامس نتطرق فيه إلى إختبار الخلطات الإسفلتية بتطبيق تجربة الpcg .

حيث نختتم هذه الرسالة بخاتمة عامة نلخص فيها ما توصلنا إليه ، مشيرين في النهاية إلى أهم التوصيات.

الجانب النظري

المحور الأول

رصف الطرقات

1. تمهيد:

نتطرق فى هذا المحور إلى رصف الطرقات و مكونات الطرق من حيث الجانب الجيومترى او الجانب الجيوتقنى. و هذا من أجل التعرف الى خصائص المواد المستعملة في طبقات الرصف وأهميتها فى بناء الطرق.

2. تعريف الطريق:

الطريق هو مسلك بري للمواصلات يسمح بربط بين مختلف مناطق البلاد مهما كانت حضرية أو ريفية ,وهو السبيل الوحيد الذي يحقق النقل الاقتصادي للمنتجات والنقل العمومي للمنتجات.

الصورة.1 الطريق

3. أنواع الرصف:

حيث هناك ثلاثة انواع من الأرصفة وهي :

أ ــ الأرصفة المرنة:

يعتبر هذا النوع من الرصف الأكثر استخداما ويعرف أيضا بالرصف الإسفلتي وهو مكون من الإسفلت والركام حيث يتكون جسم الطريق من عدة طبقات توضع على سطح الأرض الطبيعية الواحدة فوق الأخرى.

من مميزاتها:

- يصمم ليتحمل المرور المستقبلي الذي يزيد سنويا .
- يتكون من طبقات متعددة تنشأ فوق التربة الطبيعية .
- انتقال الأحمال تدريجيا عبر الطبقات بالاعتماد على نقاط التماس بين الحبيبات .
- سهولة التصميم والإنشاء وإمكانية التنفيذ.
- خواص المواد المستخدمة تتغير بتغير الظروف والبيئة .
- مقدار الأحمال متغيرة من خفيفة الى ثقيلة .

ب ــالأرصفة شبه صلبة:

هي الأرصفة الغير مرنة التي تنجز من الارصفة مجرية تدعى أحجارا التبليط وتستعمل فقط في الطرق ذات كثافة عالية للمواصلات .

ج ــ الأرصفة الصلبة:

وتعرف أيضا بالرصف الخرساني حيث يتكون من بلاطات خرسانية يتراوح سمكها مابين 15و30سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية. [3]

1.3. مكونات الأرصفة المرنة:

تكون الرصيف المرن من:

❖ **الطبقة السطحية :**

تكون من أفضل نوعية من مواد من حيث القدرة على التحمل ينتقل تأثير الحمولات المرورية من خلال هذه الطبقات إلى التربة الطبيعية التي يفترض أن تكون قدرتها على التحمل عالية نسبياً حيث يتم دمكها بشكل جيد لتحسين مواصفاتها.

تتكون من خليط من الحصى و الإسفلت السائل وتوضع فوق طبقه الأساس والهدف منها هو:

- توزيع الأحمال بشكل الجيد.
- تقليل نفاذ الماء إلى الطبقات السفلية .
- تأمين السطح لكي يكون مقاوم للتزحلق.
- تأمين سطح انسيابي أثناء مرور السيارات والشاحنات.
- تأمين عدم تشقق السطح.
- مقاومة تأثير الحث البري من مرور السيارات والشاحنات.
- تأمين ثبات عالي تحت تأثير مختلف الظروف المناخية والمرورية.

❖ **الطبقة الأساسية:**

وهي الطبقة التي يرتكز عليها سطح الطريق وتتولى بشكل رئيسي نقل وتوزيع الأحمال الناتجة عن المرور إلى الطبقات السفلة كما أنها تساعد على حماية سطح الطريق من الخراب الناتج عن انتفاخ وهبوط التربة الأصلية وعن تسرب المياه الجوفية لذا يجب أن تتمتع هذه الطبقة بخواص جيدة من حيث المتانة و المقاومة وكلما زاد الترابط و الاحتكاك بين حبيباتها كلما زادت قوة تحملها على توزيع الأثقال ولكي يتحقق هذا بشكل جيد يشترط في طبقة الأساس المواصفات التالية :

- لا تحتوي على المواد الناعمة و المواد اللينة الزائدة على الحد.
- تحتوي على تدرج حبيبي جيد.
- لا يتجاوزحد الميوعة فيها25% ومعامل اللدونة6%.
- ان لا تزيد نسبة المار من الغربال رقم200 على 10%.
- ان لا تتجاوز نسبة التآكل للحبيبات على50%.
- تدمك دمكا جيدا.

❖ **الطبقة ما تحت الأساس:**

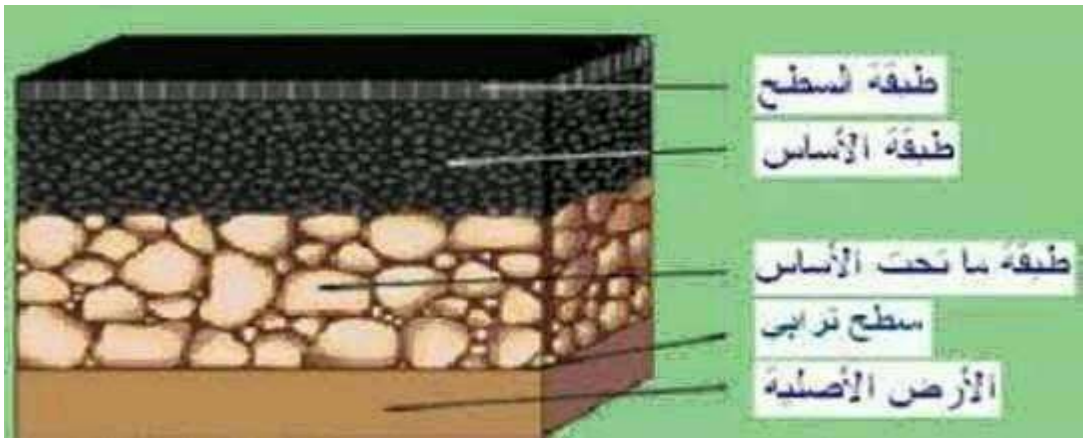
و هي الطبقة التي توضع بين الأساس و التربة الأصلية و تتكون عموما من مواد ذات خواص و مواصفات اقل جودة من مواد الأساس و أعلى جودة من التربة الأصلية و تساعد هذه الطبقة على تقوية التربة الاصلية و على نقل الاحمال إليها و كذلك على حماية طبقة الأساس من تدفق المياه الجوفية إليها و يشترط في طبقة الأساس المواصفات التالية :

- ان تكون نسبة المواد الناعمة و المواد اللينة فيها قليلة.
- ان تحتوي على تدرجحبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة.
- ان لا تتجاوز حد الميوعة فيها25% ويكون معامل الليونة قليل.

- ان لا تتجاوز نسبة التآكل للحبيبات فيها على50%.

الهذف منها:

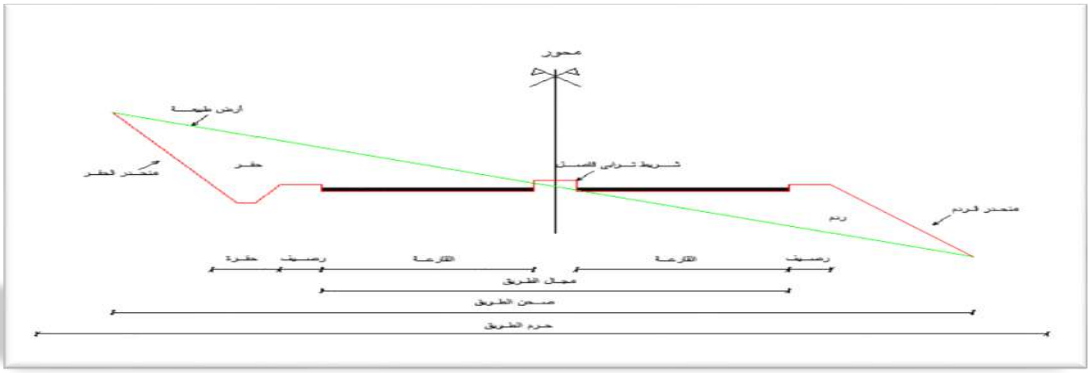
- حماية طبقة السطح الترابي من تأثير المياه والثلج والرطوبة و..الخ.
- توزيع الأحمال التي يتعرض لها سطح الطريق والطبقات السفلية كمرور المركبات
- التوفير في التكاليف مواد الرصف المستخدمة اذ هي أقل جودة وارخص ثمنا من المواد التي تعلوها.
- تمنع امتزاج مواد سطح الترابي مع مواد طبقة الأساس.
- اعطاء قوة للسطح الترابي خاصة بعد دمكه جيدا.[4] [3]



الشكل . 1رسم توضيحي لمكونات الأرصفة المرنة

4. مكونات الطريق:

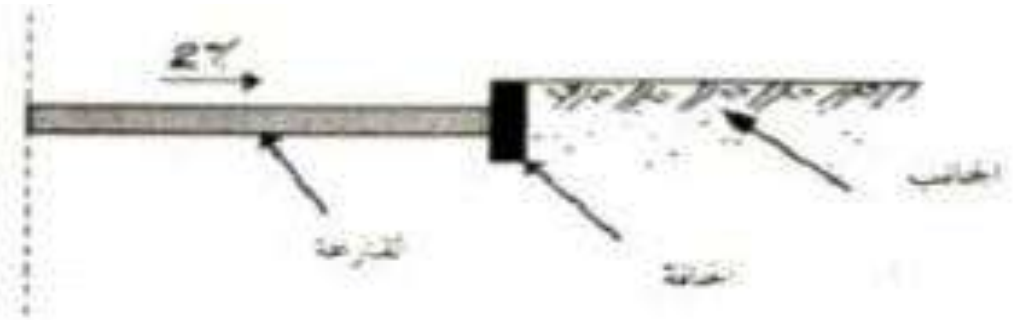
يتكون الطريق من عناصر عامة وأخرى خاصة(ثانوية)



الشكل .2 رسم توضيحي لمكونات الطريق

ـ العناصر العامة:

- حرم الطريق (emprise) :هوا لعرض الكلي للأرض المستعملة للطريق.
- صحن الطريق (assiette): هو جزء من حرم الطريق خاص بإنجاز الطريق.
- مجال الطريق(plate forme) :هي مساحة الأرض التي تحتوي على القارعة التي تمر عليها السيارات و الجوانب و الشريط الفاصل التربة في حالة طريق مزدوجة.
- القارعة(chaussée) : هي الجزء الأساسي من مجال الطريق حيث تكون مهيأة ومعبدة خصيصا لسير السيارات وتحمل أثقالها.
- الجوانب (accotements) :يوجد في أطراف القارعة شريطين غير معبدين مهيأين لسير المارة وأحيانا لاستقبال السيارات وإيقافها بشكل مؤقت في حالة الضرورة.
- حاجز الأمان (glissière de sécurité):هو عبارة عن قسم مترفع يوجد في الحد الخارجي للجانب نجده دائما في حالة الردم دوره حماية مستخدمي الطريق. يوضع خاصة لما ترتفع القارعة على الأرض بمسافة تفوق 1.50 متر .يكون مكون من عناصر معدنية مقاومة تتصدى للسيارات في حالة انزلاقها.



الشكل .3 رسم توضيحي لجانب وقارعة الطريق

- **العناصر الثانوية:**

- الخندق (fosse):هي قناة تكون على طول كل جوانب الطريق(في حالة الحفر) ويستعمل لتصريف مياه الأمطار.
- المنحدر (talus):هو خط التوازن للتربة، ميل المنحدر غالبا يساوي في حالة الحفر 1/1 وفي حالة الردم 3/2.
- الحافات (bordures):هي عبارة عن فاصل مصنوع من الخرسانة أو من حجر مفصل يوضع على طول القارعة.
- المنزلقة الأمنية : تتكون من صفيحة فولاذية مجنبة سمكها يتراوح بين 3 مم و 4 مم مثبتة في قوائم معدنية دورها منع خروج العربات من القارعة في حالة وقوع حوادث أو انزلا قات.
- الإيقافات هي فراغات مهيأة على الجوانب وهذا إما لتجنب تلاقي سيارتين في الطريق أو لتحرير سير السيارات و إيقافها بشكل مؤقت أو لتفادي خطورة التجاوز.
- القنوات العرضية : هي عبارة عن قنوات تكون على عرض الطريق لتسهيل عملية تصريف المياه.
- غرفة المياه : عبارة عن حفرة مبنية من الخرسانة تحت الخنادق مخصصة لجمع المياه ثم إفراغها عن طريق القنوات العرضية.[2] [1]

5. خصائص المواد المستعملة في طبقات الرصف :

1.5 خواص المواد الحصوية:.

ـ **الصلابة :** ان تكون مقاومة للتكسر و للتفتت أثناء الخلط ويدعى اختبار الصلابة باختبار التآكل وتجربة تأكل لوس أنجلوس هي أكثر استخداما وكلما كانت قيمة معامل لوس صغيرة كلما كانت الحصى المستعملة ذو مقاومة أعلى و تنص المواصفات على أنه يجب أن لا تزيد قيمتها عن 25 % بالنسبة لطبقة السطحية.

ـ **النظافة** : أن يكون الحصى خالي من المواد الطينية او مواد غريبة.

ـ **المتانة:** مقاومة التفتت بسب تغير العوامل البيئية (تعاقب دورات الرطوبة و الجفاف و دورات الحرارة و البرودة)، ويدعى اختبار المتانة بتجربة الصدم .

ـ **شكل الحبيبات** : تتنوع أشكال الحبيبات الحصوية بين الطويلة أو الرقيقة أو المكعبة أو المستديرة و في أعمال الطرق يتم استبعاد الحصى الرقيقة والطويلة و المستديرة و يتم استعمال الحصى حادة الأطراف المكعبة لتأمين الاحتكاك و تنص المواصفات على ألا تتجاوز قيمة دليل التطاول و دليل التسطح15 % .

ـ **الملمس:** التضاريس الدقيقة لسطح حبيبات الركام. يحدد الملمس معامل الاحتكاك الداخلي المطلوب للثبات كما يحدد معامل الاحتكاك الخارجي المطلوب لمقاومة الانزلاق. [6]

ـ

الصورة.2 الحصويات ــ

2.5. البودرة (فيلر):الحبيبات الدقيقة او الغبار المار من الغربال(0.075 ملم) .

الصورة.3 البودرة(الفيلر)

3.5. الرابط الإسفلتي: مادة لزجة شبه صلبة أو سائلة من أصل نفطي. يتم تصنف الرابط الإسفلتي شبه الصلب حسب درجة صلابته إما بمقاومة الغرز (Penetration) أو باللزوجة (Viscosity)أو بدرجة الأداء(Performance) عند ظروف تحميل و حرارة و معالجة بيئية محددة أما الرابط الإسفلتي السائل فيصنف بدرجة اللزوجة أو بالتدفق (Flow) وسرعة التصلب و نوع المذيب. [5]

الصورة.2 مادة البيتومين

1.3.5.خواص الرابط الإسفلتي: بالرغم من أن الرابط الإسفلتي لا يشكل سوى حوالي 5% من وزن الخلطات الإسفلتية و 10% من حجمها ، فإنه يلعب دوراً أساسياً في أداء تلك الخلطات. الدور الرئيسي

للرابط الإسفلتي في الخلطات الإسفلتية هو ربط حبيبات الركام بعضها ببعض و منحها القدرة على مقاومة قوى الشد و القص الناتجة عن التأثيرات الخارجية و عزل حبيبات الركام بمنع وصول الماء و المواد الضارة إليها.

تشمل خواص الرابط الاسفلتي في:

- الزحف : القابلية للحركة تحت الضغط و يعتمد على درجة الحرارة و فترة التحميل.
- اللزوجة : نسبة ضغط القص إلى سرعة القص عند درجة حرارة معينة.
- المرونة : القابلية للسحب دون الانفصال.
- اللدونة الحرارية : تتغير اللزوجة بتغير الحرارة(علاقة عكسية).
- التصلب: تغير التركيب الكيميائي بسبب التأكسد عند التعرض للحرارة و الهواء أو فقدان المذيب.
- الاسترخاء: القدرة على تقليص الإجهاد الداخلي بالاستطالة أو الانفعال.

4.5.المواد المضافة : هي عبارة عن مواد معدنية أو لدائن بلاستيكية أو أحماض أمينية تستعمل لتحسين خواص الرابط الإسفلتي أو تحسين التصاقه بالركام و منع التقشر و التأكسد . [5]

6.خاتمة :

تطرقنا في هذا المحور الى الكثير من تفاصيل الخرسانة البيتومينية والمواد المشكلة لأهم طبقات الرصف وكذلك الطريق وما يحتويه من عناصر ومكونات ، ومن أهم أنواع الرصف هي المرنة من حيث التكلفة .

المحور الثاني:

رص الطبقات السير

1.تمهيد:

نتطرق في هدا المحور الى مفهوم الرص أو ما يعرف بالدمك وأهداف الرص في طبقات السير ومعرفة واهم الوسائل والعتاد المستعمل في رص طبقات السير .

2. تعريف رص الطريق (الحدل) :

تستخدم وسائل الحدل لرص التربة وزيادة كثافتها عن طريق طرد الهواء من الفراغات وإعادة ترتيب أو ضغط حبيبات التربة حيث يزداد سطح التلامس بينها وبين بعضها البعض ويعمل الماء على تسهيل انزلاق الحبيبات على بعضها مادامت نسبة الرطوبة في التربة أقل من نسبة الرطوبة القصوى.

من الجدير بالذكر ان طرد الهواء من التربة المسامية يكون اسهل من باقي انواع الترب التي تتطلب جهدا كبيرا ولذلك يفضل حدل التربة الطينية على طبقات حتى تسهل عملية طرد الهواء من الفراغات.

يتم اجراء اختبارات التحقق من نسب الحدل لمطلوبة موقعيا باستخدام تجربة المخروط الرملي.

3. الهدف من الرص(الضغط):

الأهداف الرئيسية التي تم تحقيقها خلال تنفيذ أعمال الطرق ، والطبقات الأرضية الفرعية وقواعد الطرق ودورات ارتداء الطرق هي :

- ✓ زيادة الخصائص الميكانيكية.
- ✓ إزالة التشوهات اللاحقة.
- ✓ ضمان العزل المائي
- ✓ هناك انخفاض في الحجم ، يبقى وزن المواد الصلبة كما هو تزداد الكثافة الظاهرية [7]

1.3. فوائد رص الطريق :

- ✓ يكشف عن نقاط الضعف في الميدان.
- ✓ يحسن الاكتناز
- ✓ زيادة الرفع
- ✓ يتجنب التشوهات اللاحقة
- ✓ ويزيد من قوة الشد
- ✓ يقلل الانضغاطية .

4. العوامل المؤثرة على الرص:

- الإضافات:
- شكل الحبيبات.
- نوعية الاسفلت.
- العوامل الحرارية.
- نسبة الرابط الاسفلتي.
- سمك الطريق.
- آلة الدمك.

5.العتاد والآليات المستعملة في الرص في طبقات السير :

تختلف معدات دمك التربة في الموقع من حيث طريقة استخدامها ، فمنها ما يعتمد على الضغط ومنها ما يعتمد على الاهتزاز. و من أهم هذه المعدات ما يلي:

- ❖ مداحل اسطوانية ملساء : وتعرف أيضا بهراسات العجلات الثلاثة ويوجد منها أوزان مختلفة من 8الى 12 طن ويفضل استخدامها في دمك التربة المفككة مثل التربة الرملية والحصى بكفاءة أعلى من دمك التربة الطينية المتماسكة . والعجلة الأسطوانية لهذه المدحلة تغطي التربة التي تحتها بالكامل وتستخدم أيضا في فهو السطح العلوي للطبقة بعد دمكها .

الصورة:5 يبين نموذج من المداحل الملساء

- ❖ مداحل بعجلات مطاطية : تتكون هذه المداحل من عدة إطارات مطاطية منفوخة تغطي ما نسبته 80% من التربة التي تحتها ويختلف وزنها فمنها ماهو صغير يستخدم في فهو السطح العلوي والثقيلة قد يصل وزنها الى 200 طن تستخدم في دمك التربة الأصلية وطبقات الأساس . كما أن عجلاتها ممكن أن تولد ضغطا على التربة يصل 700 m/nk² .

الصورة:6 يبين نموذج من المداحل بعجلات مطاطية

❖ مداحل أرجل الغنم : وتعرف بهذا الاسم لأنها تحتوي على بروز في عجلاتها تشبه أرجل الغنم تغطي ما نسبته 12% من التربة التي تحتها ، وتولد ضغطا على التربة يتراوح من 1400 الى 7000 m/nk^2 ويستخدم هذا النوع من المعدات بكفاءة في دمك التربة المفككة . ويتطلب استخدام هذه المعدة أن يكون هناك مسارات متكررة حتى يمكن تغطية الفراغات على طبقة التربة نتيجة البروز الموجود على هذه العجلات .

الصورة :7 و8 تبين نموذج من مداحل أرجل الغنم .

الصورة:9 يبين نموذج من مداحل أرجل الغنم

❖ مداحل اهتزازية : وهي معدات صغيرة نسبيا تعمل ذاتيا بمحرك يحدث حركات اهتزازية متكررة على سطح الأرض ، وتستخدم عموما في دمك التربة والإسفلت في الأماكن التي لا تتسع للمعدات الكبيرة ويفضل استخدامها في رص التربة المفككة ورص الأحجار .

الصورة :10 تبين نموذج من المداحل الإهتزازية.

الصورة:11 يبين نموذج من مداحل الاهتزازية

6. ملاحظات عامة حول عملية الحدل:

- ❖ لا يتم حدل مواد التعلية الترابية إلا عندما تكون نسبة الرطوبة ضمن الحدود المقررة
- ❖ يجب ان لا تقل نسبة الحدل لكل طبقة من طبقات التربة للإملائيات الترابية للحفريات الانشائية عن 95 %من الكثافة المخبرية العظمى حيث يتم اجراء فحص التحقق من نسبة الحدل المطلوبة موقعيا باستخدام تجربة المخروط الرملي.
- ❖ "%يجب ان لا تقل نسبة الحدل للطبقة الترابية الاخيرة والأكتاف التي بعمق 30 سم عن السطح النهائي عن95 من الكثافة العظمى وتعتبر التربة التي تكون كثافتها القصوى الجافة اقل من 1.7 غم/سم 3 الى سمك 30 سم من سطح الطبقة النهائية العليا ويجب استبدالها بتربة مطابقة للمواصفات.

- ❖ تحدل التعلية الترابية الخاصة بالميول والأكتاف ذات المنسوب دون 3 متر من سطح التعلية الى نسبة حدل لا تقل عن % 93 من الكثافة المخبرية العظمى.
- ❖ تحدل التعلية الترابية الخاصة بالميول والأكتاف ذات المنسوب 3 متر عن السطح الى نسبة حدل لا تقل عن 94% من الكثافة المخبرية العظمى.
- ❖ يجب ان تتم عملية الحدل على شكل طبقات لا يتجاوز سمك الطبقة الواحدة–20 سم .
- ❖ يتم اخذ عينات من التربة المحدولة لفحص درجة الحدل على الاقل نموذجين لكل 2000 متر مربع أو حسب توجيهات المهندس المشرف.
- ❖ يجب ان لا يتم فرش طبقة اخرى قبل التأكد من أن الطبقة التي قبلها قد حصلت على نسبة الحدل المطلوبة وللحصول على نسبة الحدل المطلوبة يجب مراعاة التالي: ضمان توزيع نسبة الرطوبة على اجزاء الطريق بالكامل.

7. الخاتمة :

تعتبر عملية رص الطريق من أهم الأعمال في إنشاء طبقة السطح لأنها تزيد في كثافة الخلطة وتقلل من الفراغات فيها وتكسبها مقاومة وثباتا أكثر.

المحور الثالث

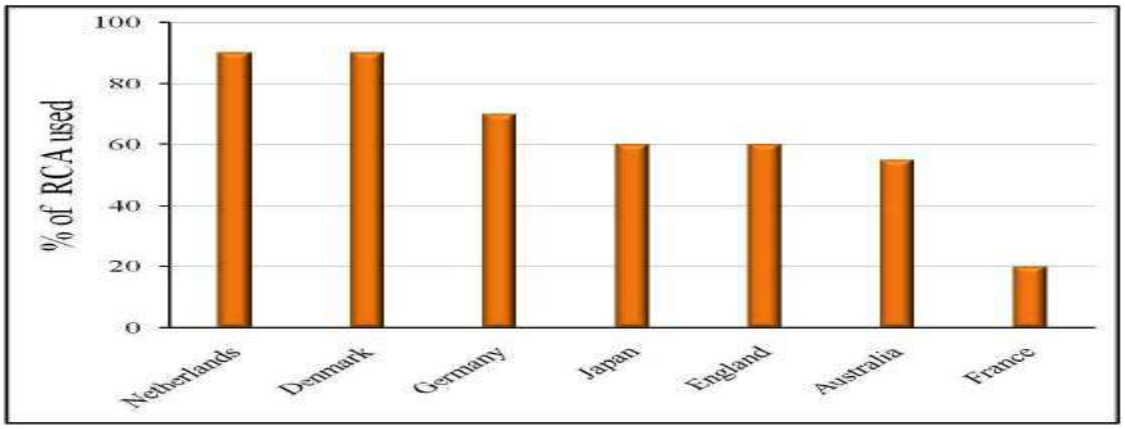
إعادة تدوير الحصى و استعماله في الطرقات

1.تمهيد:

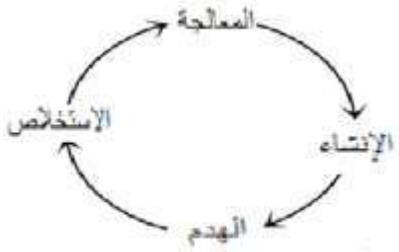
تعتبر الخرسانة من أهم مواد البناء لما لها من ميزات إيجابية ولا سيما كونها مادة بناء رخيصة ومحلية وفي نهاية العقد الأخير من القرن العشرين تزايدت حركة هدم وإعادة اعمار المباني بغرض ملائمة أغراض جديدة أو بسبب انتهاء العمر التصميمي للمباني مما أدى إلى تراكم كميات كبيرة من المخلفات التي تشكل الخرسانة جزءاً كبيرا منها ، فأصبح ذلك تحدياً جديداً للبيئة والمجتمع.

ازداد الوعي البيئي عالمياً في الآونة الأخيرة وأصبح إعادة استخدام أو تدوير مخلفات الهدم والبناء أحد أهداف التنمية المستدامة التي لها أثر إيجابي كبير على الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

أصبحت عملية إعادة التدوير سياسة تعتمدها وتصر عليها كثير من الدول المتقدمة وتعتبر نيوزيلندا والدانمارك رائدة فيها كما يظهر في الشكل (4) ، وتتلخص هذه العملية بتجميع نفايات الهدم والبناء ومعالجتها وإعادة استخدامها من جديد أي إعادتها إلى دورتها الحياتية وجعلها مادة صالحة للاستعمال لنفس الغرض أو لأغراض أخرى الشكل(5). وهذه الطريقة مفيدة بيئياً كونها تقلل حجم النفايات المتولدة وبالتالي توفر مساحة الأرض المستغلة كمكب للنفايات كما أنها تساهم في الحفاظ على المصادر الطبيعية الأصلية.



الشكل 4: كمية النفايات الخرسانية التي يتم تدويرها في بعض دول العالم (Pual,2011){9}



الشكل 5: دورة حيات مواد الإنشاء

2. مصادر الحصى المعاد تدويره :

تم الحصول على الركام الخرساني المدور من أعمال هدم مبنى قديم بولاية ورقلة . وقد تم أخذ عينات خرسانية من ناتج تكسير روافد وأعمدة أرضيات في المبنى , وتراوحت العينات الخرسانية في حجمها 50–20 سم وتم نقل العينة الى المخبر حيث تم إدخالها إلى آلة التكسير وأخذ نتائج التكسير لفصل حجم الركام 15/8 المطلوب للخلطة الإسفلتية .

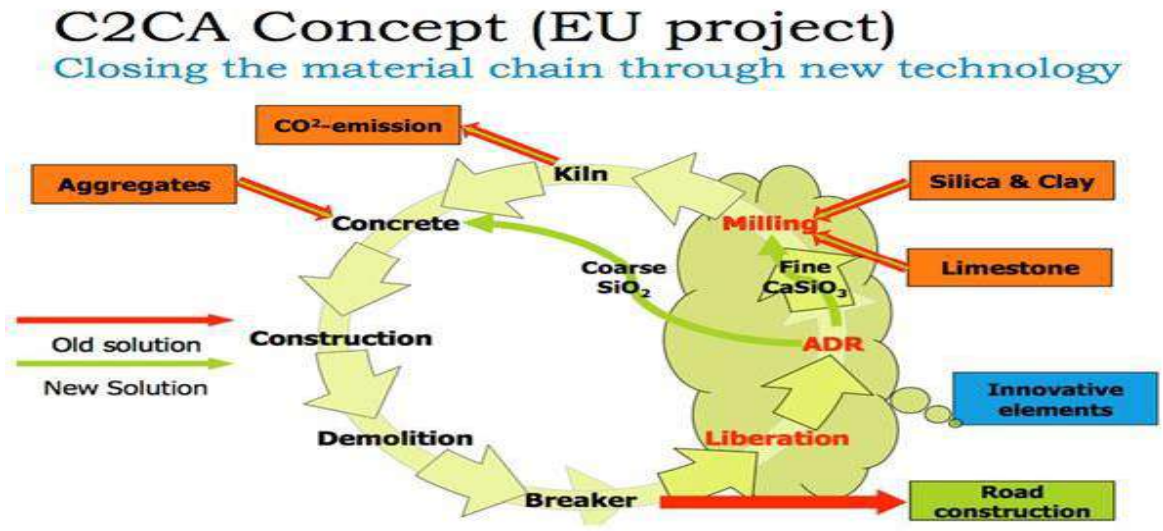
الصورة:12 توضح حصى معاد تدويره .

3. الطرق والوسائل المتبعة في تدوير الحصى:

من طرائق إعادة استخدام هذه المخلفات المتبعة حاليًا هو استخدامها بدل الركام الاعتيادي جزئيًا أو كليًا لإنتاج خرسانة جديدة وذلك بتكسير الكتل النظيفة غير الحاوية على قطع الخشب أو قضبان التسليح أو مخلفات المنتجات الجبسية إلى أحجام مشابهة لحجم حبيبات الحصى ثم غسلها وتدريجها أي فصلها على غرابيل إلى أحجام مختلفة وهي بهذا تكون مصدرًا رخيصًا لركام الخرسانة خاصة في الدول التي لا تحتوي على الحصى أو الحجارة المكسرة المناسبة للخرسانة طبيعيًا .كما يقلل استخدام هذا النوع من الركام عمليات استخراج طبقات ا لحصى أو تكسير الصخور لتهيئة الركام الطبيعي ، إذ أن هذه العمليات تسبب اتلاف مساحات واسعة من البيئة الطبيعية في العالم.

كما ذكر "عادل و عماد في مذكرتهما (إعادة تدوير مخلفات الخرسانة ...) إن هناك ثلاث عمليات رئيسية لتقنيات إعادة تدوير الكيميائية الميكانيكية العضوية عند استخدام تفاعل كيميائي لمعالجة النفايات على سبيل المثال لفصل مكونات معينة تسمى هذه العملية بإعادة التدوير الكيميائي وعند تحويل النفايات بإستخدام آلة على سبيل المثال لطحن أو تكسير تسمى إعادة التدوير الميكانيكية أما إعادة التدوير العضوي يمكن بعد التسميد أو التخمير من إنتاج الأسمدة و الوقود مثل الغاز الحيوي[8]

-الصورة: 13 صورة لآلة تكسير المواد



الشكل:**6 مراحل عملية إعادة التدوير**ADR: Advanced Dry Recovery

4. أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر الخرسانة في الجزائر من مواد البناء الأكثر استخدام، وبالتالي فإن هدم المباني القائمة في ظل الظروف الراهنة نتج عنه كم هائل من النفايات الخرسانية التي يجب العمل على الاستفادة منها، حتى يتحقق النفع البيئي والاقتصادي والاجتماعي معاً .ويتم ذلك من خلال إجراء أبحاث علمية تبين مدى إمكانية الاستفادة من هذه والنفايات وبالتالي يتوفر بيانات ومعطيات قد تشجّع الحكومة مستقبلاً على تقديم التسهيلات والتجهيزات اللازمة لاستخدام الركام المعاد تدويره واستغلال النفايات الخرسانية بالشكل المفيد والصحيح.

يهدف هذا البحث إلى دراسة كفاءة الخرسانة المنتجة من الركام الخشن المعاد تدويره عند استخدامه كبديل جزئي عن الركام الخشن الطبيعي من خلال تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لها وكالضغط الشد بالفلق ومعامل المرونة.

5. فوائد إعادة استخدام الركام الخرساني المدور :

إن إعادة تدوير المخلفات لها فوائد اقتصادية وبيئية واضحة وعديدة . وإعادة استخدام الركام الخرساني تحديدا في الخلطات الإسفلتية لها فوائد منها :

- تقليل الحاجة الى مساحات ردم النفايات ، وذلك لأن نسبة كبيرة من مخلفات هدم المباني يتم إعادة استخدامها وهذا من شأنه توفير هذه المساحات لأغراض أخرى وحماية البيئة من آثار هذه المخلفات.
- توفير بديل محلي أقل تكلفة من الركام الجديد .
- توفير فرص عمل واستثمار من خلال إنشاء مصانع إعادة تدوير المخلفات الخرسانية وبالإضافة الى ذلك فإن إعادة تدوير حديد التسليح قد يزيد من الجدوى الاقتصادية لهذه المصانع .
- إذا صار الطلب على المخلفات الخرسانية أكبر من مخلفات المباني المهدمة، فإنه يمكن فتح مناطق الردم القديمة وإعادة تدوير المخلفات الخرسانية فيها وذلك من شأنه المساعدة على إعادة تأهيل هذه المناطق .

6. بعض الأبحاث في إعادة تدوير الحصى في مجال الطرقات:

قامت دراسات عدة بالبحث في خواص الركام المعاد تدويره وخصائص الخرسانة المنتجة منه وقد توصل الكثير من الباحثين ([10] Murali et al., 2012; [11] Maslesve et al., 2010) الى ان الركام المعاد تدويره يختلف عن الركام الطبيعي بنواحي عدة أهمها أن الكثافة أقل , امتصاص أكبر للماء وفاقد الإهتراء أعلى وذلك بسبب المرونة الإسمنتية القديمة التي تبقى ملتصقة على سطح GR.كما أوضح ([12] Jankovic et al., 2011; [13] Tam et al., 2005) أن الاختلاف

في الشكل والحجم والملمس بين الركام الطبيعي والركام المعاد تدويره يؤثر على المنطقة الانتقالية الرابطة بين الركام والعجينة الاسمنتية وبالتالي يؤثر على المقاومة .

حاول (Montgomery , 1998 [14]) علاج الركام المعاد تدويره وذلك بطحنه في مطحنة دوارة لإزالة العجينة الإسمنتية القديمة من على سطحه ، ووجد ان الركام الأكثر نظافة يعطي خرسانة بجودة أعلى . إضافة الى ذلك أوضح (Maslesve et al., 2010 [11]) في دراستهم ان جودة الركام المعاد تدويره ومصدره عامل هام جدا يؤثر بشكل كبير على جودة الخرسانة المنتجة من حيث اعتماد نفايات المخبر في دراستهم والتجارب التي أجروها .

عمل كثير من الباحثين (Murali et al., 2012 [10]; Tam et al., , 2007 [15]) على تحسين الركام المعاد تدويره بمحاولة إزالة العجينة الإسمنتية الملتصقة على سطحه من خلال نقعه بمحاليل كيميائية ، حيث قام (Murali et al., 2012 [10]) بنقع الركام المعاد تدويره بالماء ، أو بمحاليل

الأحماض كحمض الكبريت 24 ساعة ومن ثم تجفيفه وإستعماله في صب العينات , وبينت النتائج أن مقاومة الضغط عند استخدام الركام المعالج زادت عن مقاومت الضغط للركام المعاد تدويره غير المعالج بنسب تتراوح بين 4.93% حتى 11.88% .

أوضح (Poon et al. , 2004 [16]) أن قوام الخرسانة المنتجة من الركام المعاد تدويره تتأثر برطوبة الركام المعاد تدويره ، فعند استخدام ركام مجفف في الفرن نلاحظ زيادة في هبوط المخروط بسبب ارتفاع كمية المياه التي استخدمت لتعويض الامتصاص العالي للركام المعاد تدويره .

أما في ما يخص الخصائص الميكانيكية لهذا النوع من الخرسانة فقد توصل الكثير من الباحثين (Katz et al., 2003 [17]; Rahal, 2004 [18]; Xiao et al., 2005 [19]) الى أ، مقاومة الضغط ومعامل المرونة للخرسانة المنتجة من ركام معاد تدويره أقل بالمقارنة مع قيمها في الخرسانة

التقليدية وخاصة عندما تكون نسبة الاستبدال للركام الطبيعي بالركام المعاد تدويره 100% . اما عندا نسب استبدال منخفضة لا تتجاوز 30% فقد تبين أنها لا تؤثر بشكل كبير على الخواص الميكانيكية للخرسانة (Oikonomon, 2005 [20]).

أجريت دراسات متعددة حول أثر نسبة الركام المعاد تدويره كما في دراسة ([21] Akbari et al.,2011) التي تم فيها اعتماد تدوير نفايات المخبر وأخذ نسب الاستبدال التالية (0% ، 15% ، 30% ، 50%) للركام المعاد تدويره كبديل عن الركام الطبيعي ، أظهرت النتائج أن المقاومة على الضغط تقل كلما زادت نسبة الركام المعاد تدويره ، وتم تسجيل انخفاض في المقاومات من أجل نسب استبدال 50% قدرت ب (25% ، 23% ، 26%) في المقاومة على الضغط ، الانعطاف والشد بالفلق على التالي .

قام (Paul, 2011 [9]) بدراسة الخصائص الخصائص الميكانيكية ل GR كمقاومة الضغط ، معامل المرونة ، التقلص والزحف . كما درس ديمومتها وذلك من أجل نسبة (0% ، 30% ، 100%)من GR ، بينت الدراسة إمكانية الحصول على خرسانة من منتجة من ركام معاد تدويره بموصفات الخرسانة التقليدية تقريبا عندما يتم استخدام نسبة 30% من GR .

توصل أيضا ([22] Etxeberria et al., 2007) أنه من أجل نسبة استبدال كاملة للركام الطبيعي بالركام المعاد تدويره تكون مقاومة الضغط أخفض ب 20–25% عن حالة الخرسانة التقليدية ، في حين أن معامل المرونة يكون أقل بحوالي 16%.تم التأكد في هذا البحث أن استخدام نسبة 25% من GR بدلا عن طبيعي لا يؤدي إلى تغير يذكر على الخصائص الميكانيكية وكوسيلة لتحسين أداء GR أوضحت الدراسة أنه عند اعتماد نسبة إستبدال تتراوح بين 50–100% فيجب أن تزايد كمية

الإسمنت بنسبة 4–10% وتخفض W/C بمقدار 5–10% توصل الباحث أيضا من خلال بحثه أن مقاومة الشد لا تتأثر كثيرا عند استخدام GR في الخلطة الخرسانية .

أكد في هذا الصدد أيضا (Konin and Kouaido, 2011 [23]; Park, 1999 [24]) أن زيادة الإسمنت لها أثر جيد على تحسين مقاومة الضغط للخرسانة في حالة استخدام الركام المعاد تدويره حيث بين (Konin and Kouaido, 2011 [23]) أن استخدام كمية للإسمنت أعلى من 300 كغ/م² تحسن مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة من ركام معاد تدويره لتصبح شبيهة بالخرسانة المنتجة من ركام طبيعي.

يعتبر الامتصاص العالي للماء للركام المعاد تدويره من أهم الأسباب التي تعطي جودة منخفضة للخرسانة لذلك قام([18] Rahal, 2007) بدراسة تجريبية على الخواص الميكانيكية ل GR واستخدام الركام المعاد تدويره وهو في الحالة المشبعة جافة السطح وذلك من أجل التخلص من مشكلة الامتصاص العالي له . أظهرت النتائج أن مقاومة الضغط GR عند استخدام 100% من الركام المعاد تدويره حققت ما يقارب 90% من مقاومة الضغط للطبيعي ، وفيما يخص تطور المقاومة والديمومة كانت النتائج متقاربة بين كلا الخراستنيين .

7. الخاتمة :

من أجل إعادة مخلفات المباني إلى سلسلة الإستهلاك يتم إعادة تدويرها وكذلك أخذ البحوث و الدراسات التي تهتم بالبعد البيئي و البعد الاقتصادي لمشاريع التنمية بعين الاعتبار لان زيادة حركة التنقيب عن الصخور الصحراوية المحلية تشكل تهديدا أخر للبيئة و الموارد المحلية.

الجانب التطبيقي

المحور الرابع

خصائص المواد المستعملة

1.تمهيد

نتطرق في هذا المحور الى دراسة خصائص المواد المستعملة في دراستنا وتحديد صيغ الخرسانة الإسفلتية وذالك بتحديد المواد المكونة (الركام البيتومين ,الخرسانة المحطمة) مع تصنيف الخرسانة المحطمة وتحديد الفئة التي تنتمي لها .

2.تحديد المواد المستعملة:

تشمل الدراسة التجريبية للمغلف الإسفلتي عدة تجارب تتطلب مواد طبيعية يتم قلعها و أخرى نفطية يتم معالجتها و كذلك خرسانة محطمة لإعادة استعمالها كمواد مشكلة لتصميم الخلطات الإسفلتية للطرق يوضح الجدول كل المواد المستعملة في الدراسة و الفئة التي تنتمي إليها و الكمية اللازمة لتجربة هذه الدراسة مع تحديد المواقع الصادرة منها.

المواد	رمل	حصى	حصى	حصى الخرسانة المحطم	إسفلت
الفئة	3/0	8/3	15/8	15/8	-
الوزن (كلغ)	50	15	20	35	7
الموقع	"بن براهيم" ورقلة	"بن براهيم" ورقلة	"بن براهيم" ورقلة	خرسانة محطمة	شركة total ورقلة

الجدول:1 يوضح المواد المستعملة في الدراسة والفئة التي تنتمي إليها

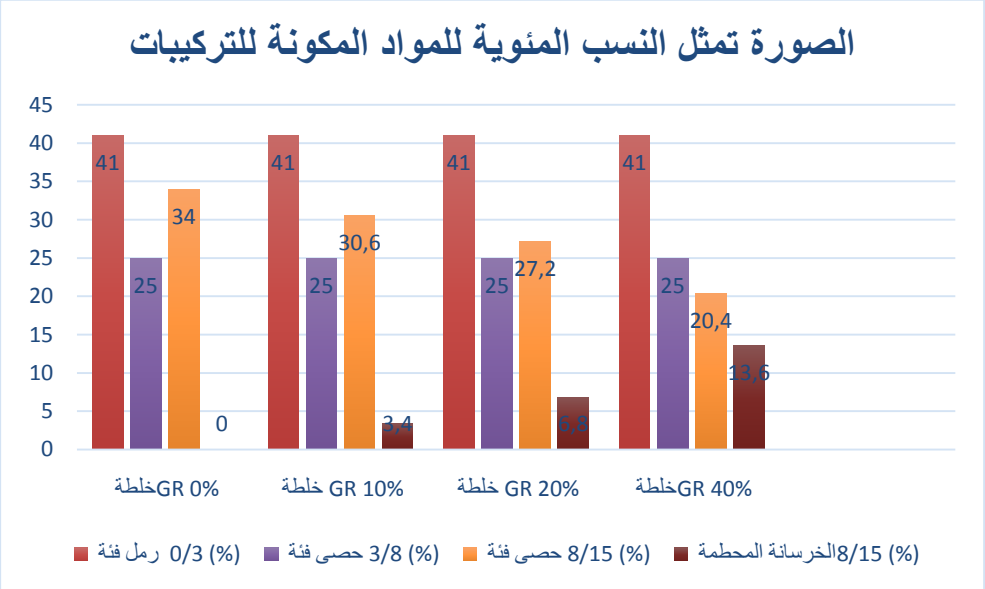
3. تجربة التدرج الحبيبي:

نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات:

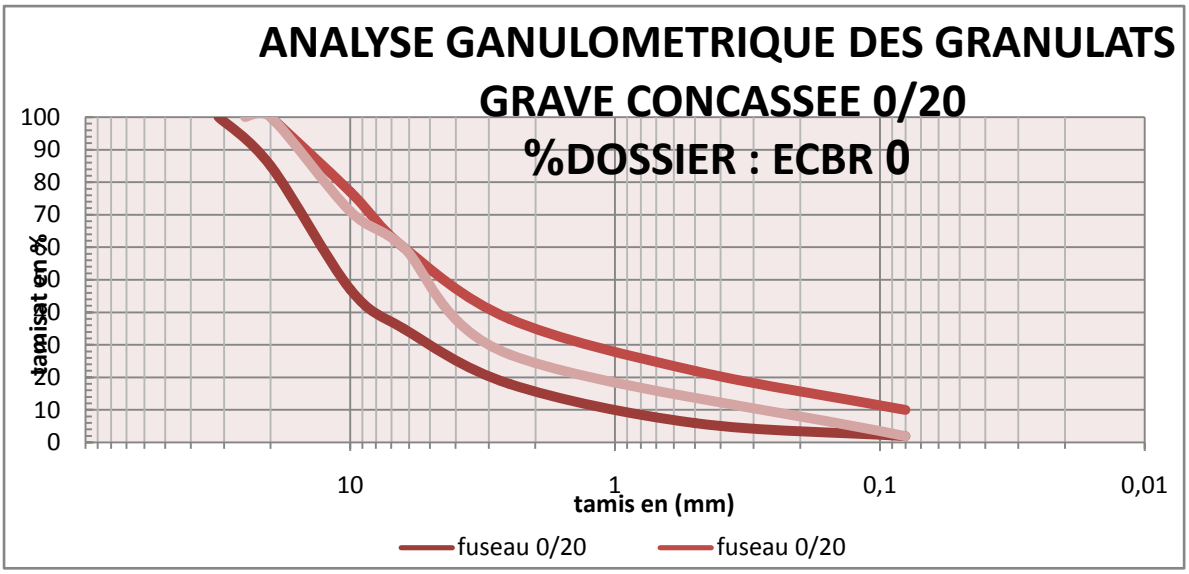
لدراسة طبقة الخرسانة البيتومينية العادية "BB" ذات خلطة تحتوي على نسب مختلفة من الخرسانة المحطمة وضعنا التركيبات التالية:

- ✓ التركيبة المرجعية رقم (1): الرمل (S 0/3) بـــ 41% + الحصى(G 3/8) بـــ 25% + الحصى(G 8/15) 34% + الخرسانة المحطمة(8/15) بـــ 0%.
- ✓ التركيبة رقم (2): نستبدل جزء من الحصى (G 8/15) بنسبة 10% بالخرسانة المحطمة.
- ✓ التركيبة رقم (3): نستبدل جزء من الحصى (G 8/15) بنسبة 20% بالخرسانة المحطمة.
- ✓ التركيبة رقم (4): نستبدل جزء من الحصى (G 8/15) بنسبة 40% بالخرسانة الحطمة.

الآن لدينا اربع خلطات تقسم نسبها كالتالي:



الشكل :7 يمثل النسب المؤوية للمواد المكونة للتركيبات.



الشكل:8 – منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التحليل الحبيبي –

4.اختبار المواد:

1.4–التحليل الحبيبي:

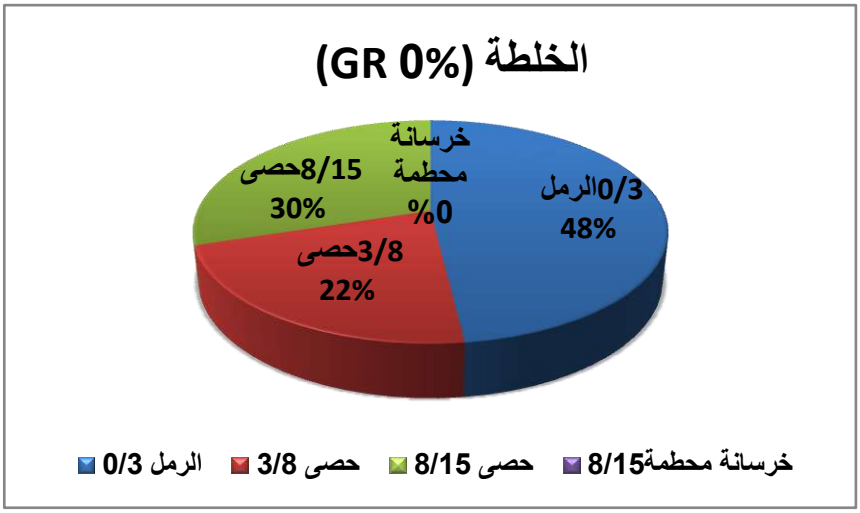
منحنيات لحجم جسيمات مختلف الخلطات في الجداول التالية:

غربال (مم)	نسبة المار (%) من F1 إلى F2
16	من 94 إلى 100
12,5	من 84 إلى 90
10	من 72 إلى 84
6,3	من 50 إلى 66
2	من 28 إلى 40
0,08	من 7 إلى 10

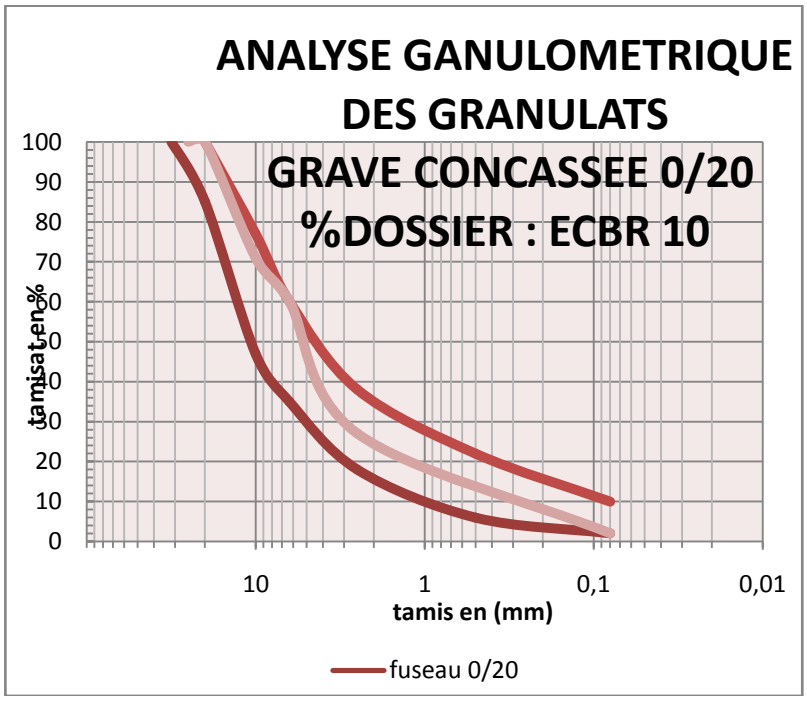
- جدول 2 : قيم منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التدرج الحبيبي –

جدول 3: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%" –

نسبة المار (%)	غربال (مم)
95	16
56	14
73	12,5
67	10
62	8
56	6,3
49	5
41	4
26	3,15
17	2,5
11	2
4	1
3	0,63
3	0,315
4	0,16
2	0,08



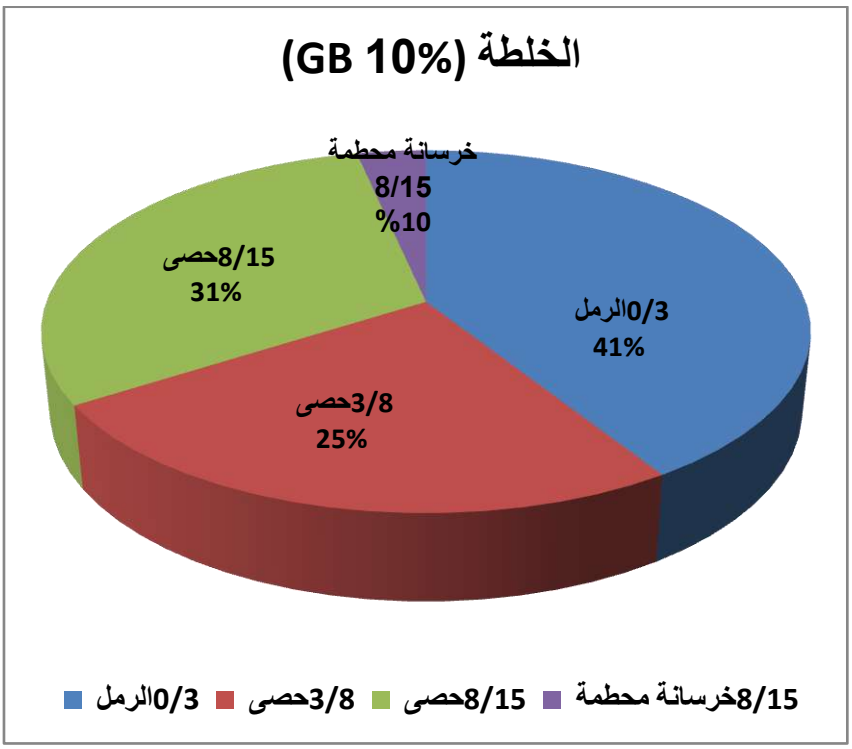
الصورة:14 – نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR – 0%"



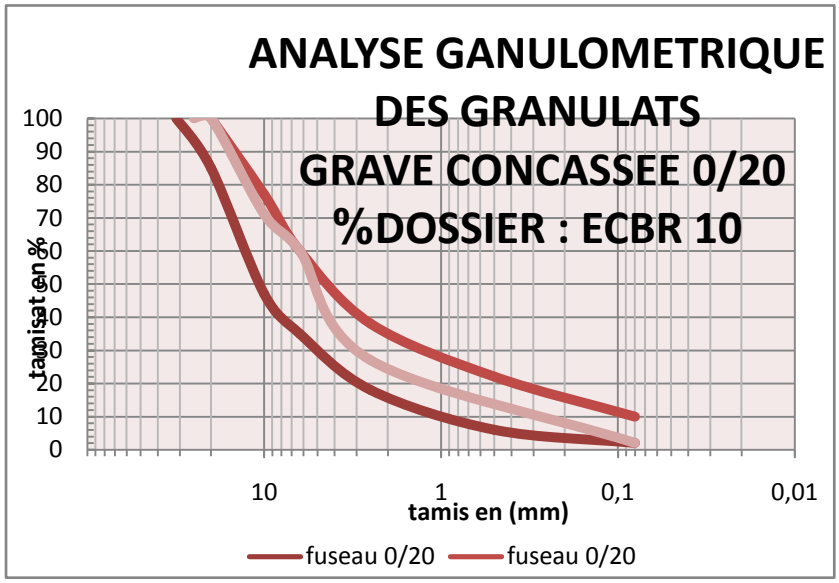
الشكل رقم (9) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة-

جدول:4 نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10%"–

نسبة مار (%)	غربال (مم)
97	16
81	14
72	12,5
67	10
60	8
53	6,3
46	5
39	4
27	3,15
20	2,5
14	2
7	1
5	0,63
4	0,315
4	0,16
3	0,08



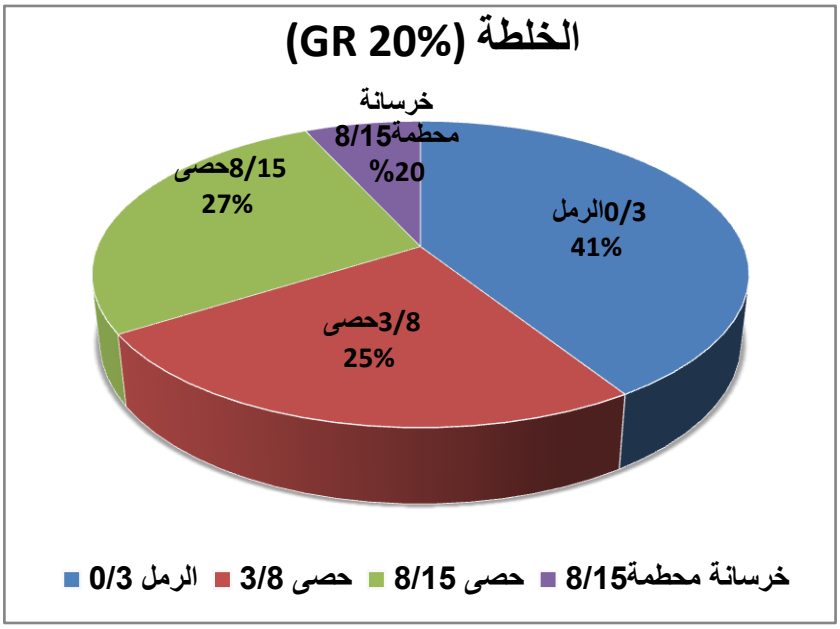
الصورة : 15 – انتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10 %"–



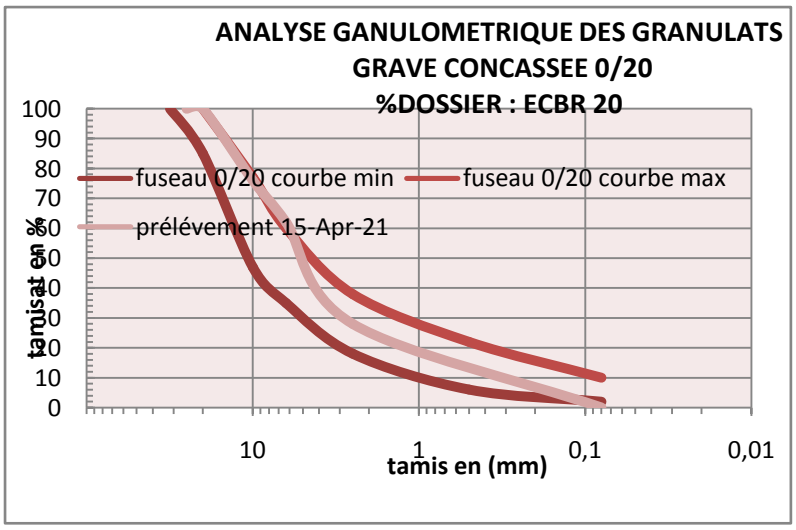
الشكل (10) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 10%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

الجدول :5 – نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 20%" –

غربال (مم)	نسبة مار (%)
16	99
14	87
12,5	76
10	68
8	62
6,3	55
5	47
4	41
3,15	28
2,5	22
2	16
1	10
0,63	8
0,315	7
0,16	5
0,08	2

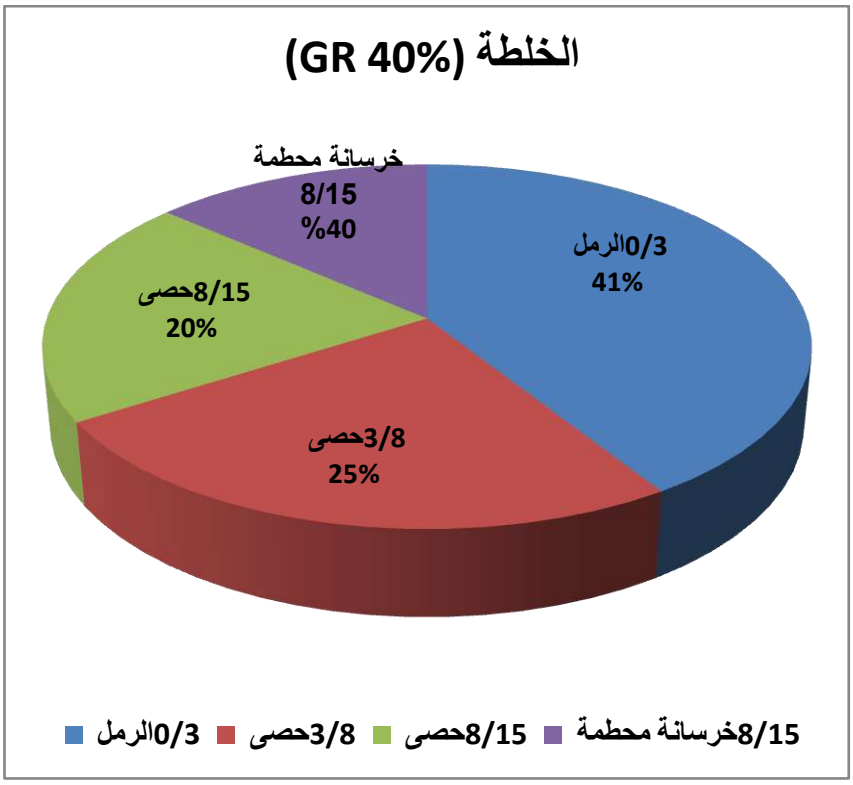


الصورة (16) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 20%" -



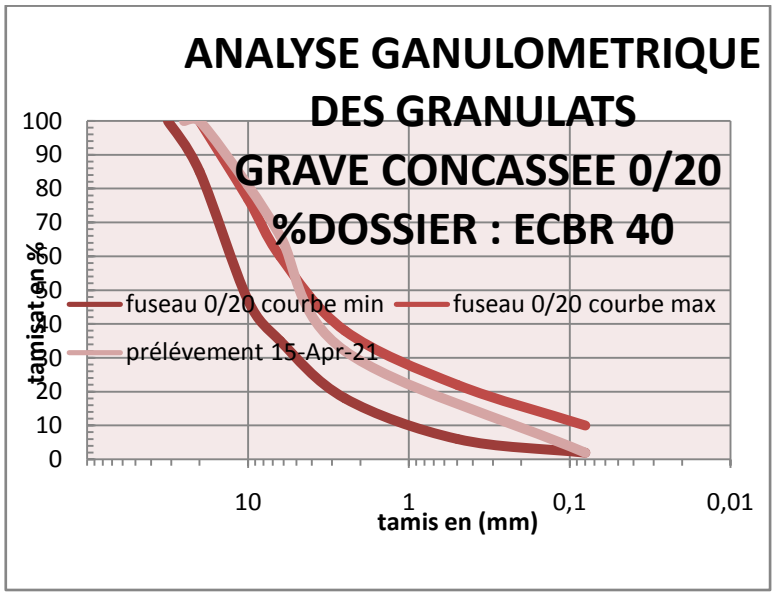
الشكل رقم (11) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 20 %" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

– جدول رقم (6) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 40%" –



نسبة مار(%)	غربال (مم)
100	16
94	14
81	12,5
72	10
66	8
58	6,3
50	5
43	4
32	3,15
25	2,5
19	2
11	1
9	0,63
7	0,315
5	0,16
3	0,08

- الصورة (17) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 40%" -



الشكل: 12 – امنحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 40%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة-

ملاحظة : تظهر منحنيات التدرج الحبيبيي للتركيبات الاربعة عدم خروج المنحى عن الحزمة النظامية المطلوبة مما يبين ان كل الخلطات لها تدرج جيد لإحجام الجسيمات الحصوية رغم إضافة الخرسانة المحطمة.

ملخص نتائج الاختبارات:

اختبارات	حصى من فئة 8/15 و 3/8		رمل 0/3	النتائج	التوصيات
اختبار النظافة	0.54	0.93	-	P %	**% أقل من 2**
اختبار التسطيح	19.22	21.55	-	A %	**% أقل من 20**
اختبار لوس انجلس	24.02		-	فئة10/14 %	**%أقل من 25**
اختبار ميكرودوفال	23.51		-	فئة10/14%	**%أقل من 20**
مكافئ الرمل	-		49.4	% 10 في عينة	**% أكثر من 45**
اختبار أزرق الميثالين	-		0.64	V_B	**أقل من 1**
الكثلة الحجمية	2.62	2.61	2.55	المطلق (ط/م^3)	–
	1.40	**1.32**	**1.43**	**الظاهرة (ط/م^3)**	

– الجدول رقم (7) نتائج اختبارات على الركام–

اختبار	وحدة	إسفلت	التوصيات
إختراق	مم 10/1 في °C25	43.25	**من 40 إلى 50**
نقطة التليين	°C	54.85	**من 47 إلى 60**
الكثافة	**في 25 °C نسبيا**	**1.04**	**من 1,00 إلى 1,10**

– الجدول رقم (8) نتائج اختبارات للإسفلت –

تحاليل كميائية	رمل فئة 3/0	حصى فئة 8/3 و 15/8
نسبة عدم تتحلل في الماء (%)	32.5	17.6
(SO3) نسبة الكبريتات (%)	0.89	0.75
نسبة الكربونات (%)	56	77
نسبة الكلوريدات (%)	0.009	0.009

– الجدول رقم (9) نتائج اختبار كميائي للغضار –

5. خاتمة المحور:

تناولنا خلال هذا المحور مجموعة الاختبارت على المواد المستعملة في تصميم خلاطات الإسفلتية المراد دراستها بداية بتدرج الحبيبي لمزيج الركام ثم نتائج تجارب اختبار البيتومين

الفصل الخامس

الدراسة التجريبية للعينات

1.تمهيد:

نقدم في هذا المحور الى إختبار سلوك الضغط بإستخدام مكبس القص الدوراني ، وكذلك عرض النتائج لكل الاختبارات على التركيبات الأربعة المختلفة.

2. تحديد محتوى الرابط:

يتم استخلاص محتوى الرابط من مساحة سطح محددة تقابل معامل الثراء الذي k اختياره وفقًا لكمية الحركة

$$\text{محتوى الرابط} = \alpha \cdot K \sqrt[5]{\Sigma}$$

$$\alpha = 2.65/MVR_g$$

MVR: الكثافة الفعلية للركام.

K:وحدة الثروة.

$$\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f$$

Σ: مساحة سطح تقليدية محددة.

G:نسبة العناصر الأكبر من 6.3مم.

S:نسبة العناصر بين 6.3 و 0.315مم.

: نسبة العناصر بين 0.315 و0.08 مم . s

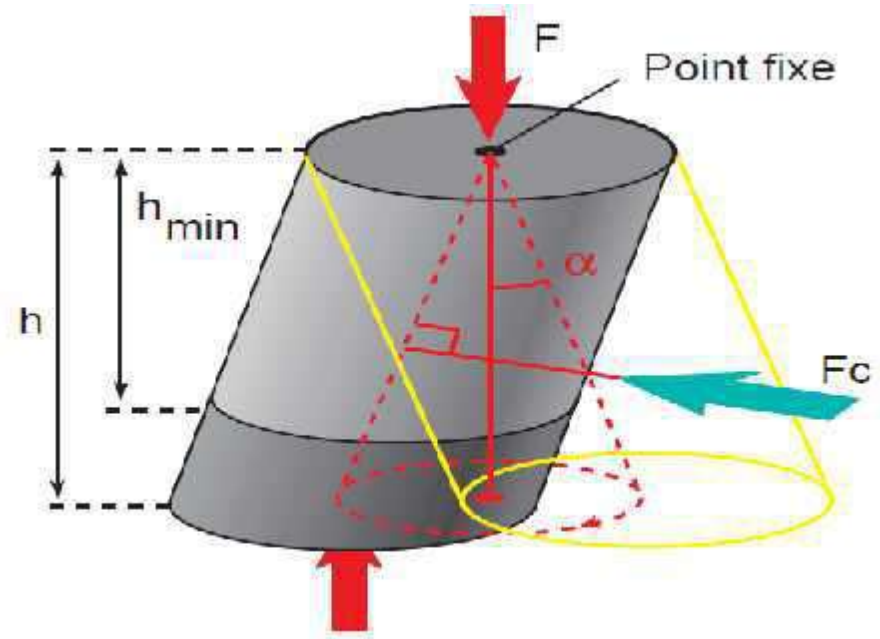
3. تجربة مكبس القص الدوراني (pcg) (NF EN 12697-31):

يعتبر ضغط المخاليط الاسفلتية عملية مهمة في تكنولوجيا الطرق ، لأنها تضم متانة الطلاء وتؤثر على خصائصه الميكانيكية ومقاومته للعوامل الفيزيائية في المخبر.

الصورة 18.جهاز PCG

1.3.مبدأ التجربة:

تم وضع خليط الهيدروكربون المحضر في المختبر وتمديده وعند درجة حرارة الاختبار (130 درجة مئوية إلى 160 درجة مئوية تقريبًا) في قالب أسطواني بقطر 150 مم أو 160 مم. يتم تطبيق ضغط رأسي قدره 0.6 ميجا باسكال على الجزء العلوي من قطعة الاختبار. في الوقت نفسه ، تميل العينة بزاوية منخفضة من 1 درجة (خارجية) أو 0.82 درجة (داخلية) وتخضع لحركة دائرية. هذه الإجراءات المختلفة تمارس الضغط عن طريق العجن. نلاحظ زيادة في الاكتناز (انخفاض في نسبة الفراغات) كدالة لعدد الدورمع كل دوران ، تنضغط المادة وتنخفض في الحجم. لمتابعة ضغط المادة ، يكفي قياس وتسجيل ارتفاع قطعة الاختبار ، وعدد التحولات ، وتطور قوة الإمالة F اللازمة للحفاظ على الزاوية ثابت .يتوقف الاختبار تلقائيًا بعد 200 دوران. وفي تجربتنا تم التوقف بعد80دورة



الشكل 13.مبدأتجربة القص الدوراني

H_{min}: الحد الأدنى لارتفاع الفراغ بنسبة 0%.

H: الارتفاع الواضح للدوران.

F: القوة المحورية.

Fc:قوة القص.

α: زاوية الميل.

4. نتائج التجربة:

1.4. التركيبة الاولى GR 0%

Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0,82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K selon **NF EN 12697-10**
2400	**100**	**100**	**1,884**	**2,532**

Eprouvette N°	**1**	**2**	**3**	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température							
Girations	Hauteur (mm)						
5	114,728	114,555		114,6	2093,5	12,77	0,11
10	111,949	111,987		112,0	2143,5	10,69	0,02
15	110,505	110,573		110,5	2171,2	9,53	0,04
20	109,433	109,57		109,5	2191,8	8,68	0,09
25	108,636	108,807		108,7	2207,5	8,02	0,11
30	107,975	108,117		108,0	2221,3	7,45	0,09
40	107,037	107,244		107,1	2240,0	6,66	0,14
50	106,408	106,511		106,5	2254,4	6,07	0,07
60	105,885	105,989		105,9	2265,5	5,60	0,07
80	**105,081**	**105,219**		**105,2**	**2282,5**	**4,90**	**0,09**
100	104,517	104,587		104,6	2295,5	4,35	0,05
120	104,062	104,131		104,1	2305,6	3,94	0,05
150	103,536	103,605		103,6	2317,3	3,45	0,05
200	102,9	103,005		103,0	2331,2	2,87	0,07

الجدول.10 نتائج تجربةPCGعلى التركيبة%GR0

2.4.التركيبة الثانية:%GR10

Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2490	100	100	1.955	

Eprouvette N°	**1**	**2**	**3**	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	160	159	160				
Girations	Hauteur (mm)						
5		129.89	130.49	130.2	1912.6	23.2	0.32
10		126.56	127.43	127.0	1960.7	21.3	0.48

15		124.59	125.53	125.1	1991.0	20.0	0.53
20		123.19	124.26	123.7	2012.6	19.2	0.61
25		122.11	123.22	122.7	2029.9	18.5	0.64
30		121.27	122.38	121.8	2043.9	17.9	0.64
40		119.82	121.07	120.4	2067.3	17.0	0.73
50		118.67	120.06	119.4	2086.0	16.2	0.82
60		117.83	119.28	118.6	2100.3	15.6	0.87
80		116.50	118.13	117.3	2122.5	14.8	0.98
100		115.55	117.18	116.4	2139.9	14.1	0.99
120		114.73	116.57	115.6	2153.1	13.5	1.13
150		113.77	115.85	114.8	2168.8	12.9	1.28
200		112.64	114.69	113.7	2190.6	12.0	1.28

الـ

3.4.التركيبة الثالثة:GR20%

Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2490	100	100	1.955	

Eprouvette N°	**1**	**2**	**3**	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	160	159	160				
Girations	Hauteur (mm)						
5	129.62	129.12	128.03	128.9	1931.4	22.4	0.63
10	125.70	125.73	124.83	125.4	1985.4	20.3	0.41
15	123.32	123.76	122.95	123.3	2018.7	18.9	0.33
20	121.77	122.31	121.57	121.9	2042.9	18.0	0.31
25	120.50	121.27	120.53	120.8	2061.8	17.2	0.36
30	119.55	120.36	119.69	119.9	2077.3	16.6	0.36
40	118.03	118.94	118.33	118.4	2102.4	15.6	0.39
50	116.87	117.93	117.28	117.4	2121.7	14.8	0.45
60	115.92	117.04	116.46	116.5	2137.8	14.1	0.48
80	114.52	115.79	115.21	115.2	2162.0	13.2	0.55
100	113.50	114.83	114.29	114.2	2180.3	12.4	0.59
120	112.67	114.04	113.53	113.4	2195.5	11.8	0.61
150	111.78	113.16	112.57	112.5	2213.3	11.1	0.61
200	110.68	112.06	111.57	111.4	2234.5	10.3	0.63

الجدول 12.نتائج تجربةPCGعلى التركيبةGR20%

4.4.التركيبة الرابعة:40GR%

Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2490	100	100	1.955	

Eprouvette N°	**1**	**2**	**3**	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	160	159	160				
Girations	Hauteur (mm)						
5		134.37	132.50	133.4	1866.1	25.1	0.99
10		131.51	129.69	130.6	1906.6	23.4	0.99
15		129.33	128.03	128.7	1935.1	22.3	0.71
20		127.76	126.80	127.3	1956.3	21.4	0.54
25		126.56	125.96	126.3	1972.1	20.8	0.33
30		125.60	125.20	125.4	1985.7	20.3	0.23
40		124.13	124.06	124.1	2006.6	19.4	0.04
50		122.92	123.22	123.1	2023.3	18.7	0.17
60		122.01	122.62	122.3	2035.7	18.2	0.35
80		120.56	121.40	121.0	2058.1	17.3	0.49
100		119.45	120.56	120.0	2074.9	16.7	0.66
120		118.60	119.92	119.3	2087.8	16.2	0.78
150		117.55	119.11	118.3	2104.3	15.5	0.93
200		116.33	118.23	117.3	2123.1	14.7	1.15

الجدول 13.نتائج تجربةPCGعلى التركيبة40GR%

مناقشة النتائج:

من خلال فحص النتائج المعدة من الخلطة الخرسانية الإسفلتية التي تحتوي على ركام خشن من فضلات الخرسانة الإسمنتية تم الحصول على النتائج التالية :

هناك إرتفاع كبير في نسبة الفراغات في كل التركيبات مع زيادة عدد الدورات .

عند الدورة80:

بالنسبة للتركيبات (10% ,20%, 40%)مقارنة مع التركيبة الأولى (المرجعية) نلاحظ ان هناك إرتفاع كبير في نسبة الفراغات .

عند الدورة200:

بالنسبة للتركيبات (10%, 20%, 40%) هناك إرتفاع كبير في نسبة الفراغات مقارنة مع التركيبة المرجعية .

خاتمة المحور: توصلنا من خلال هذا المحور إلى ان إضافت الركام الخشن المدور يزيد في نسبة ملأ الفراغات

خاتمة عامة

خاتمة عامة:

تطرقنا في هذا البحث إلى دارسة تأثير إستخدام الركام المعاد تدويره من الخرسانةالإسمنتية في الخلطة الخرسانية الإسفلتية وبنسب متفاوتة على الخصائص الميكانيكية للخلطة الخرسانية حيث تبيّن ما يلي:

من خلال هذه الدارسة التجريبية تبين أن كثافة الخلطة المنتجة من ركام معاد تدويره وقابلية تشغيلها أقل من الخلطة التقليدية، كذلك ظهر من الخصائص الميكانيكية التي تم دارستها أن مقاومة الضغط، الشد ومعامل المرونة تنخفض مع زيادة محتوى الركام المعاد تدويره.

كانت قيمة ا لامتصاص للخرسانة ذات الركام المعاد أعلى منها للخرسانة ذات الركام الاعتيادي ولكنها مقبولة.

الهذف من دراستنا قياس تغير نسبة الفراغات بالمقارنة بتغير قوى القص للتركيبات الاسفلتية.

نسبة الرص المطلوبة تختلف من نوع إسفلت الى آخر في حالتنا نسبة الفراغات المسجلة عند دورة 80 يجب ان تكون مابين 4-9% أي نسبة الرص 91-96%.

اذا تم تسجيل نسبة الرص أعلى من 9% فهذا يعني ان الخليط صعب الرص في الورشة وقد يحتاج الى الزيادة في الحمولة.

اذا إنخفضت تحت 4% فهذا يعني ان الخليط سهل الرص ولا يحتاج الى حمولة كبيرة.

بالنسبة لعملنا إنخفظت قابلية الرص بالمقارنة مع التركيبة الأولى (المرجعية) يعني ان اضافة ركام خشن معاد تدويره من الخرسانة الإسمنتية له تأثيرعلى الخلطة الخرسانية الزفتية.

وفي نهاية الدراسة نستطيع القول ان:

يمكن القول أن النتائج تعتبر بشكل عام خارج مجال المقبول لنسب الفراغ و هي ما بين 4 و 9 بالمئة للخليط 14/0 على مستوى عدد دورات 80 دورة ، هذا الأخير في وجهة نظري راجع لكون الخليط متشبع بالرابط هيدروكربوني وهذا الأخير يملأ الفراغات و يجعلها غير قابلة لرص .

قائمة المراجع

المراجع

1. كتاب السنة الثالثة ثانوي شعبة الهندسة مدنية

2. https ://ww.almarif.ahlmontada.com//
3. http://www.startimes.com//
4. http://www.facebook.com/engineerclub/

5. المهندس المدني المجاز"أراس عبدالله صابرعثمان"،بحث وتصميم الخلطات الإسفلتية للطرق

6. نتاري عادل وبلعموري عماد الدين،"2013"دراسة وإعادة تدوير مخلفات الخرسانة .

7. Httds://corina.fr/technologie/les.fondament-aux-du-compactage-des-chaussee/

8. مذكرة الأسس النظرية والتطبيقية لتصميم الخلطات الإسفلتية ,حسين كمال علبة و اياد امير صقور,2016.

9- PAUL, S. Mechanical Behaviour And Durability Performance Of Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate. Master's Thesis .The Department Of Civil Engineering Of The University Of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa, 2011, 128.

10- MURALI, G.; VIVEK, C.M.; RAJAN, G.; JANANI, N. Experimental Study On Recycled Aggregate Concrete. International Journal of Engineering Research and Applications, Vol 2, 2012, 407 -410.

11- MALEŠEV, M.; RADONJANIN, V., MARINKOVIĆ, S. Recycled Concrete as Aggregate for Structural Concrete Production. Sustainability, Vol. 2, 2010, 1204-1225.

12- JANKOVIĆ, K.; NIKOLIĆ, D.; BOJOVIĆ, D.; LONČAR, L.; ROMAKOV, Z. The Estimation Of Compressive Strength Of Normal And Recycled Aggregate Concrete. Architecture and Civil Engineering, Vol. 9, No 3, 2011, 419 – 431.

13- TAM, V.W; GAO, X. F.; TAM, C.M. Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach. Cement and Concrete Research, Vol 35, 2005, 1195–1203.

14- MONTGOMERY, D. G. Workability and compressive strength properties of concrete containing recycled concrete aggregate. SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1998, 287-296.

15- TAM, V.W; TAM, C.M.; LE, K. N. Removal Of Cement Mortar Remains From Recycled Aggregate Using Pre-Soaking Approaches. Resources, Conservation and Recycling, Vol 50, 2007, 82–101.

16- POON, C. S., SHUI, Z. H., LAM, L. and KOU, S. C. Influence Of Moisture States Of Natural And Recycled Aggregates On The Slump And Compressive Strength Of Hardened Concrete. Cement and Concrete Research, 2004, 31–36.

17- KATZ, A. Properties Of Concrete Made With Recycled Aggregate From Partially Hydrated Old Concrete. Cement and Concrete Research, Vol 33, 2003, 703-711.

18- RAHAL, Kh. Mechanical Properties Of Concrete With Recycled Coarse Aggregate. Building and Environment, Vol 42, 2007, 407-415.

19- XIAO, J.; LI, J.; ZHANG, Ch. Mechanical Properties Of Recycled Aggregate Concrete Under Uniaxial Loading. Cement and Concrete Research, Vol 25, 2015, 1187-1194.

20- OIKONOMOU, N. Recycled Concrete Aggregates. Cement & Concrete Composites, Vol 27, 2005, 315–318.

21- AKBARI Y. V.; ARORA, N. K.; VAKIL, M. D. Effect On Recycled Aggregate On Concrete Properties. International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol 04,

22- ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARÍ, A., BARRA, M. Influence Of No.6, 2011, 924-928. Amount Of Recycled Coarse Aggregates And Production Process. Cement and Concrete Research, Vol 37, 2007, 735-742.

23- KONIN, A.; KOUAIDO, D. Influence Of Cement Content On Recycled Aggregates Concrete. Modern Applied Science, Vol. 5, No. 1, 2011, 23-31.

24- PARK, S. Recycled Concrete Construction Rubble As Aggregate For New Concrete. Building Research Association of New Zealand, No. 86, 1999, 1-20.