الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -

كلية العلوم التطبيقية

قسم الهندسة المدنية و الري

مذكرة التخرج لنيل شهادة الماستر مهني

شعبة: الهندسة المدنية

تخصص: دراسة ومراقبة العمارات والطرق

بعنـــــــــــوان:

دراسة تجريبية لتأثير الزجاج المعاد تدويره على رص الخرسانة الإسفلتية بواسطة استعمال تجربة القص الدائري (PCG)

من إعداد:

- لهذب يحي
- هيزوم عطاالله فاروق

لجنة المناقشة المكونة من السادة :

✓ قبائلي نبيل	أستاذ محاضر "أ"	(جامعة ورقلة)	رئيسا
✓ أبي مولود يوسف	أستاذ محاضر "ب"	(جامعة ورقلة)	مناقشا
✓ بن طاطه عيسى	أستاذ مساعد "أ"	(جامعة ورقلة)	مشرفا

السنة الجامعية: 2022/2021

شكـــــــر وتقدير

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على أداء هذا الواجب ووفقنا إلى انجاز هذه المذكرة, في مثل هذه الأوقات تتبعثر الأحرف عبثا أن نحاول تجميعها في سطور كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا قليلا من الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا إلى جانبنا

فواجب علينا شكرهم و وداعهم و نحن نخطو خطوتنا الأولى في غمار الحياة ونتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من أشعل شعلة في درب عملنا والى من وقف على المنابر و أعطانا من حصيلة فكره لينير دربنا..

ثناء وشكر معتبر إلى كل من أفادنا في انجاز هذه المذكرة من قريب أو بعيد

نقدم هذا العمل مع جزيل الشكر للجميع ونسأل الله لهداية والتوفيق.

الإهداء

احمد الله عز و جل على منه و عونه لإتمام هذا البحث.

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله, إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى إلى الذي سهر على تعليمي بتضحيات جسام مترجمة في تقديسه للعلم

إلى مدرستي الأولى في الحياة.

أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره

إلى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء و الحنان, إلى التي صبرت على كل شيء,

التي رعتني حق الرعاية و كانت سندي في الشدائد, و كانت دعواها لي بتوفيق, تتبعتني خطوة بخطوة في عملي, إلى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها في وجهي نبع الحنان أمي اعز ملاك على القلب و العين جزاها الله عني خير جزاء في الدارين.

إليهما اهدي هذا العمل المتواضع لكي ادخل على قلبهما شيئا من السعادة, إلى إخوتي و أخواتي الذين تقاسموا معي عبئ الحياة.

كما اهدي ثمرة جهدي لأستاذي الكريم الدكتور: بن طاطه عيسى الذي كلما سألت عن معرفة زودني بها و كلما طلبت كمية من وقته الثمين وفره لي بالرغم من مسؤولياته المتعددة, إلى كل أساتذة قسم الهندسة المدنية

و إلى كل من يؤمن بأن بذور نجاح التغيير هي في ذواتنا و في أنفسنا قبل أن تكون في أشياء أخرى...

قال الله تعالى: [إن الله لا يغير بقوم حتى يغيروا ما بأنفسهم]

الآية 11 من سورة الرعد

إلى كل هؤلاء اهدي هذا العمل

هيزوم عطاله فاروق

الإهداء

الحمد لله الذي أعاننا بالعلم ووفقنا فيه و أكرمنا بالتقوى و أجملنا بالصحة و العافية

أتقدم بإهداء عملي المتواضع إلى

الدرع الواقي و الكنز الباقي, إلى من جعل العلم منبع اشتياقي, إلى والديا العزيزين

إلى إخوتي و أخواتي و أحبائي الأعزاء

إلى كل العائلة الكريمة تقديرا و احتراما لهم.

إلى كل أستاذ جعله الله سببا لي في وصولي إلى هذا المستوى

إلى السيد عوام صاحب مخبر استيك

و إلى السيد عبد الحق قاشي موظف بمخبر البناء و السكن بورقلة و الدكتور محمد بوشربة

اهدي هذا العمل لكم جميعا.

لهذب يحي

الملخص

تعتبر الخرسانة الاسفلتية من أهم العناصر المكونة لطبقة السير ونظرا لهذه الأهمية فان أغلب الأبحاث و الدراسات التجريبية ترتكز بنسبة كبيرة على دراسة خصائص هذه المادة من أجل تحسينها و من أهم هذه الخصائص خاصية قابلية الرص و التشكيل و التي يتم اختبارها بتجربة مكبس القص الدوراني.

في هذه الدراسة التجريبية قمنا باختبار قابلية الرص و التشكيل للخرسانة الإسفلتية و ذلك بإدخال نسب مختلفة من الزجاج المعاد تدويره من أجل معرفة إلى أي مدى يمكن أن يحسن الزجاج المعاد تدويره في قابلية الرص للخرسانة الإسفلتية.

من خلال هذه الدراسة التجريبية فان النتائج المحصل عليها كانت إلى حد ما مشجعة حيث أسفرت نسبة 5% من الزجاج المعاد تدويره المضافة للخلطة الإسفلتية عن نتائج مقبولة .

الكلمات المفتاحية: الخرسانة الإسفلتية، الزجاج المعاد تدويره،, PCG، الرص

Résumé:

Le béton bitumineux est le matériau les plus importants dans la constitution de la couche de roulement. Compte tenu de cette importance, la plupart des recherches et des études expérimentales reposent largement sur l'étude des propriétés de ce matériau, pour l'améliorer.

Dans la présente étude, nous avons testé l'aptitude au compactage d'un béton bitumineux en introduisant différents pourcentages en verre recyclé pour déterminer dans quelle mesure le verre recyclé influence la capacité de compactage du béton bitumineux.

A travers cette étude expérimentale, les résultats obtenus ont été dans une certaine mesure encourageante où le pourcentage de 5% de verre recyclé a donné des résultats acceptable.

Mots clés: béton bitumineux, verre recyclé, PCG, compactage

Abstract:

Asphaltic concrete is one of the most important components of traffic layer. Due to this importance, most of the research and experimental studies are largely based on studying the properties of this material in order to improve it.

Among the most important of these characteristics is the ability to compact and form, and which is tested by rotary shear piston experiment. In this pilot study, we tested the forming ability of asphalt concrete by introducing different percentages of recycled glass in order to know to what extent the recycled glass can improve the compatibility of asphalt concrete. Through this pilot study, 5% of the recycled glass added to the asphalt mixtures, shows acceptable results.

Keywords: asphalt concrete, recycled glass, PCG, compaction.

.

فهرس

التشكرات.....I
الإهداء.....II
الملخص IV
فهرس العناوين.....V
فهرس الأشكال و الصور.....VII
فهرس الجداول.....IX
مقدمة عامة.....1

الفصل الأول: عموميات على الطرق

تمهيد..... 2
تعريف الطريق.....2
التصنيف الإداري للطريق.....3
التصنيف التقني للطريق.....3
العناصر المكونة للطريق.....3
طبقات الرصف في الطرق.....4
الخلطة الإسفلتية.....7
أنواع الخلطة الإسفلتية و مواصفاتها.....7
مكونات الخلطة الإسفلتية.....8
المواد الحصوية.....8
الخواص العامة لحصويات الطرق و الاختبارات المخصصة له.....9
صفات الحصى الطرقية.....10
الرمال البيتومينية.....11
الرابط الإسفلتي.....11
خواص الرابط الإسفلتي.....13
تصنيف الإسفلت.....13
تصميم الخلطات الإسفلتية.....14
مراحل تصميم الخلطات الإسفلتية.....14
خلاصة الفصل 15

الفصل الثاني: رص الطرقات

المقدمة.....16
تعريف رص الطريق.....16
أنواع الضواغط.....16
الهدف من الرص.....17
فوائد الرص.....17
العوامل المؤثرة على الرص.....17
آليات و العتاد المستعمل في الطرقات..... 18
مصانع الإسفلت.....21
آلات الطحن.....21
المسويات.....22
خلاطات بولفي.....22

الموزعات.....23
آلة الرصف.....24
خلاصة الفصل.....24

الفصل الثالث: عموميات حول الزجاج

تمهيد.....25
الزجاج.....25
استخدام الزجاج المعاد تدويره في الإسفلت.....27
خلاصة الفصل.....27

الفصل الرابع: خصائص المواد المستعملة

تمهيد.....28
المواد المستخدمة.....28
نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات.....30
تجربة التدرج الحبيبي.....31
ملخص نتائج الاختبارات.....38
خلاصة الفصل.....39

الفصل الخامس: الدراسة التجريبية للعينات

تمهيد.....40
تجربة مارشال..... 40
تحديد نسبة محتوى الرابط البيتوميني..... 41
تجربة مكبس القص الدوراني..... 42
نتائج تجربة القص الدائري (PCG)..... 44
ملخص نتائج تجربة القص الدائري (PCG).....52
مناقشة النتائج المتحصل عليها..... 52
الخلاصة العامة..... 54
المراجع البيبليوغرافية..... 56

فهرس الصور

الصورة 1: طريق سيار..... 2
الصورة 2: الخرسانة الاسفلتية..... 6
الصورة 3: مقلع الحصى.....9
الصورة 4: بودرة الفيلر.....11
الصورة 5: المادة البيتومينية الرابطة في حالتها الصلبة.....13
الصورة 6: الضواغط المترادفة..... 18
الصورة 7: مدحلة الطرق احادية الاسطوانة..... 19
الصورة 8: مدحلة الطرق الهوائية..... 19
الصورة 9: مدحلة حفر الخندق..... 20
الصورة 10: بكرات الطرق المزدوجة..... 20
الصورة 11: مصانع الاسفلت..... 21
الصورة 12: آلات الطحن..... 21
الصورة 13:المسويات..... 22
الصورة 14: الخلاط البولفي..... 23
الصورة 15: الموزعات..... 23
الصورة 16 : آلة الرصف.....24
الصورة 17: الزجاج المستعمل في التجربة.....29
الصورة 18: الحصى والزفت المستعمل في التجربة.....29
الصورة 19: جهاز اختبار مارشال..... 40
الصورة 20: جهاز PCG..... 42

فهرس الأشكال

الشكل 1: نموذج يوضح عناصر مقطع عرضي في طريق.....3
الشكل 2: طبقات المكونة لجسم الطريق..... 4
الشكل 3: المواد الخام الداخلة في تركيب الزجاج 26
الشكل 4: نسب المواد المكونة للتركيبات.....30
الشكل 5: منحنى التدرج الحبيبي للزجاج.....32
الشكل 6: نسب المواد المكونة للخلطة المرجعية (0%).....33
الشكل 7: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية (0%).....33
الشكل 8: نسب المواد المكونة للخلطة (5%).....34
الشكل 9: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة (5%).....34
الشكل 10: نسب المواد المكونة للخلطة (10%).....35
الشكل 11: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة (10%).....35
الشكل 12: نسب المواد المكونة للخلطة (15%).....36
الشكل 13: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة (15%).....36
الشكل 14: مبدأ تجربة القص الدوراني..... 43
الشكل 15: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات لخلطة (0%).....44
الشكل 16: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات لخلطة (5%).....46
الشكل 17: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات لخلطة (10%).....48
الشكل 18: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات لخلطة (15%).....50
الشكل 19: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات للتركيبات الاربعة.....52

فهرس الجداول

الجدول 1: ملخص لتصنيف انواع الطرق حسب السرعة المسموح بها.....3

الجدول 2: انواع الزجاج و التركيب الكيميائي له..... 25

الجدول 3: مواقع وكميات المواد المستعملة في التجارب.....28

الجدول 4: قيم منحنى الحزمة النظامية.....31

الجدول 5: نتاج تجربة التدرج الحبيبي للزجاج.....31

الجدول 6: نتائج جربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية (0%) زجاج مضاف.....33

الجدول 7:نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة (5%) زجاج مضاف.....34

الجدول 8: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة (10%) زجاج مضاف.....35

الجدول 9: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة (15%) زجاج مضاف.....36

الجدول 10:ملخص نتائج الاختبارات.....37

الجدول 11: نتائج اختبارات الاسفلت.....37

الجدول 12: نتائج الاختبار الكيميائي للغضار.....38

الجدول 13:ملخص نتائج مارشال.....41

الجدول 14: نتائج تجربة PCG للتركيبة 0% زجاج مضاف.....45

الجدول 15: نتائج تجربة PCG للتركيبة5% زجاج مضاف.....47

الجدول 16: نتائج تجربة PCG للتركيبة10% زجاج مضاف.....49

الجدول 17: نتائج تجربة PCG للتركيبة15% زجاج مضاف.....51

المقدمة العامة

بشكل عام ، تشكل شبكة الطرق للبلد أحد الموروثات التي له أهمية قصوى في تطويرها ، يوفر الطريق الرابط بين مجالات الاقتصاد التكميلي والإنتاج والاستيراد والتصدير والاستهلاك داخل الدول ولكن أيضًا بين الدول . كما أنه يوفر وصلات أهمية إنسانية واجتماعية لا تقدر بثمن لأنها تسمح بإقامة التبادلات الثقافية والاجتماعية والسياسية والإدارية .

يثبت التحسن في خصائص أسطح الطرق المرنة ضروري في مواجهة النمو في حركة المرور وزيادة حمولة مركبات ، من خلال إدخال تقنيات جديدة وعمليات تعديل الخلائط الإسفلتية, هذا يشكل محور بحث مدروس للغاية في جميع أنحاء العالم في السنوات الأخيرة.

يقوم المهندسون والباحثون بأبحاث لتطوير التقنيات باستخدام المواد المحلية في مجال إنشاء البنية التحتية للطريق من أجل تقليل تكلفة المشاريع.

لذلك جاء هذا البحث كمحاولة من تحسين السلوك الميكانيكي للخرسانة الإسفلتية باستغلال نفايات الزجاج المعاد تدويرها بخلطها مع مكونات الخرسانة الإسفلتية ومعرفة تأثير الزجاج المعاد تدويره على رص الخرسانة الإسفلتية بواسطة تجربة القص الدائري (PCG).

السؤال الذي يمكن أن نطرحه, هل يؤثر الزجاج المعاد تدويره على رص الخرسانة الإسفلتية ؟

تتكون هذه الرسالة من جزئيين هما : الجانب النظري والجانب التجريبي.

الجانب النظري يتكون من ثلاثة فصول :

الفصل الأول: يتيح لنا تقديم عموميات عن الطريق: تعريفه ومكوناته....الخ .

الفصل الثاني: رص الطريق والآليات المستعملة في انجاز الطريق

الفصل الثالث :عموميات حول الزجاج.

الجانب التطبيقي يتكون من فصلين وهما:

الفصل الأول: يتناول خصائص المواد المستعملة.

الفصل الثاني: يتناول تحديد منحنيات المخاليط والنتائج المتحصل عليها وتفسيرها عند تطبيق تجربة القص الدائري (PCG).

الفصل الأول

عموميات حول الطرق

الفصل الأول: "عموميات حول الطرق و الخلطة الإسفلتية"

1. تمهيد

في بداية دراستنا التجريبية للخرسانة البيتومينية نتطرق إلى عموميات حول الطرق بمختلف أنواعها و معرفة مختلف تفاصيل المكونات التي تتشكل منها الخرسانة البيتومينية لأنها تعتبر أساس تصميم طبقات الرصف.

2. تعريف الطريق

الطرق هي تلك الشرائط الأرضية الضيقة التي يتم وضعها وتخطيطها على هيئة مسارات معدة خصيصا من أجل حركة الأفراد والسيارات وغيرها من مركبات تتحرك على عجلات، وهذه الطرق دوما ما تصل بين المناطق الحضرية والنائية الأخرى، كما تصلها بالمناطق الريفية الأخرى، والطرق هي تلك الشرائط الأرضية التي تمر ما بين المحافظات والمدن والأقاليم بعضها البعض، لكن عندما تصل المدن وتمر بداخلها يصبح تسميتها بالشوارع.[1]

والطرق لها مزايا وأهمية اقتصادية كبرى, فالمصانع يستعملونها في نقل البضائع إلى مختلف الأقاليم، وكذا المزارعين ينقلون محاصيلهم إلى الأسواق، حيث تسير عليها الشاحنات الكبيرة لتوزيع الإنتاج الصناعي من منطقة إلى أخرى، كما أن السيارات والمركبات والحافلات والدراجات وغيرها من وسائل النقل تمر على تلك الطرق المعبدة لتصل بغيتها. [1]

الصورة 1: طريق سيار

1.2. التصنيف الإداري للطرق

تصنف حسب المؤسسة الإدارية المسؤولة عنها:

- ✓ الطرق البلدية: ذات أهمية بسيطة نجدها داخل حدود البلدية فقط.
- ✓ الطرق الولائية: وهي الطرق التي تؤمن المواصلات داخل حدود الولاية.
- ✓ الطرق الوطنية: وهي تربط مختلف الولايات وتكون تهيئتها وصيانتها من طرف الدولة.
- ✓ الطرق السريعة: وهي طرق وطنية ذات صنف خاص.

2.2. التصنيف التقني للطرق:

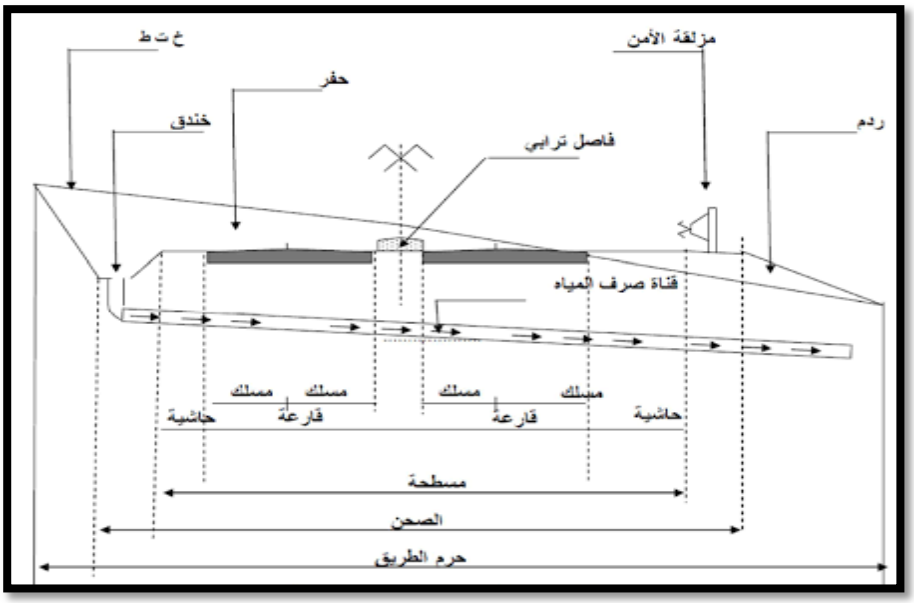
حيث انه يعتمد التصنيف على السرعة المرجعية، أي سرعة الحركة المسموح بها على مستوى طول وعرض الطريق، هناك خمسة أنواع ملخصة في الجدول التالي:

الجدول 1: ملخص لتصنيف أنواع الطرق حسب السرعة المسموح بها [1]

الصنف	الاستثنائي	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
السرعة كلم / سا	120	100	80	60	40

3.2. العناصر المكونة للطريق

تتكون الطرق من عدة عناصر, يبين الشكل رقم (1) عناصر الطريق:



الشكل 1:نموذج يوضح عناصر قطاع عرضي في طريق مستقيم

1- **حرم الطريق:** تتمثل في المساحة الكلية المخصصة لاستقبال مشروع الطريق بمرافقه.

2- **الصحن:** هي المساحة الحقيقية التي يشغلها مشروع الطريق بمرافقه الضرورية فقط .

3- **مسطحة:** هي المساحة الأفقية المسطحة من الطريق .

4- **القارعة:** هي جزء الأرضية المسطحة التي تكون بعد انتهاء الإشغال بها معبدة , وتخصص لحركة العربات دورها تحمل سير حركة السيارات وتوزع الأحمال على التربة الداعمة وهي 03 أنواع المرنة والشبه صلبة والصلبة.[6] [9]

5- **المسلك:** هو جزء القارعة المخصص لسير صف من السيارات في اتجاه واحد معين.

6- **الحاشية:** مساحة جانبية تحد القارعة غير معبدة ,مخصصة لراجلين و الدراجات و التوقف الاضطراري للعربات تعوض الحواشي في الطرق داخل المدن عموما بالأرصفة.

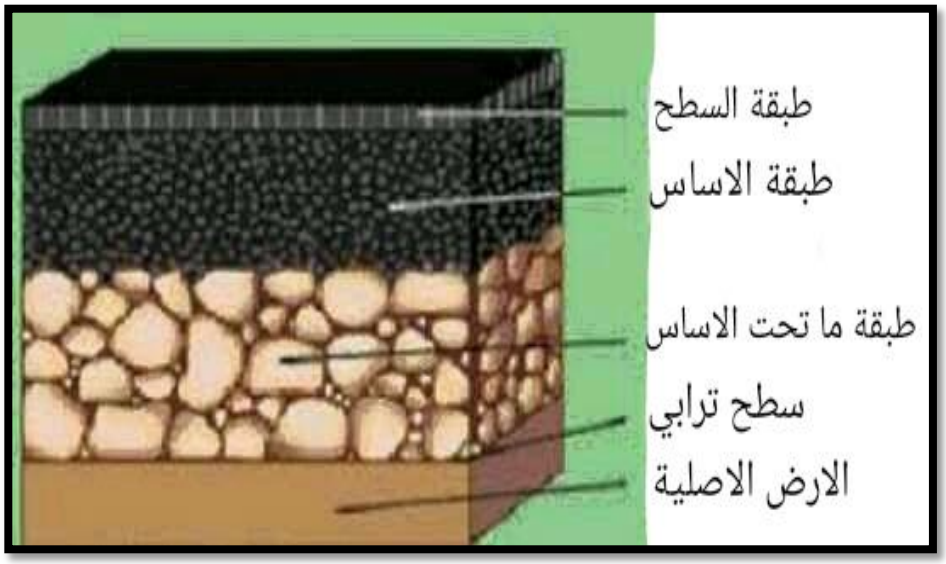
7- **فاصل ترابي:** شريط ترابي غير معبد محدد بحافتين يفصل قارعتين .

8- **مزلقة الآمن:** هو عبارة عن قسم مرتفع , يوجد في الحد الخارجي للجانب .

9- **خندق:** هي قناة تكون على طول كل جوانب الطريق و يستعمل لتصريف مياه الأمطار توجد تحته حفرة مبنية من الخرسانة تسمى غرفة المياه.[2] [8]

4.2. طبقات الرصف في الطرق

تتكون هيكل الطريق من عدة طبقات يختلف سمكها وعددها باختلاف حجم المرور ونوع الرصف سواء كان صلبا أم مرنا و تقوم كل طبقة بحمل الثقل و نقله إلى الطبقة التي أسفل منها.



الشكل 2 : طبقات المكونة لجسم الطريق

أ- **طبقة الأرض الأصلية** : و هي الطبقة الأولى أو السفلية وتتكون من التربة الأساسية المكونة للمنطقة، حيث يتم رشها ودكها جيدا في حال كانت مناسبة للتأسيس عليها أو يتم معالجتها و تدعيمها بمواد أخرى و تسمى في هذه الحالة ما تحت الأساس أو الأساس المساعد، توضع هذه الطبقة فوق السطح الترابي بعد تهيئته وتساعد علي تقويته وحمايته من الخراب. كما توفر في تكاليف الرصف وتعمل علي توزيع الأحمال وعلي تصريف المياه وتكون من مواد حصوية اقل جودة من مواد الأساس . تعتبر هذه الطبقة الأساس الحقيقي لجسم الطريق كونها ترتكز عليها جميع طبقات الرصف. أما دورها فهو استقبال الإجهادات الناتجة من الطبقات العلوية. و يكمن هدفها في:

- ✓ حماية طبقة السطح الترابي من تأثير المياه و الثلج و الرطوبة.
- ✓ توزيع الأحمال المتأتية عن طريق الطبقات الفوقية.
- ✓ تمنع امتزاج مواد سطح الترابي مع مواد طبقة الأساس.
- ✓ إعطاء قوة للسطح الترابي خاصة بعد دمكه جيدا.[2]

ب-طبقة الأساس : و هي الطبقة التي يرتكز عليها سطح الطريق، إذ تتولى توزيع الإجهادات العلوية، المتأتية من حركة المرور، على الطبقات السفلى. كما أنها تساعد في حماية سطح الطريق من الانتفاخ أو هبوط التربة الأصلية و كذا صعود المياه الجوفية إلي الأعلى, و تتكون طبقة الأساس من مواد حجارة مكسورة و متدرجة أو من حصى مهشمة. كما يعتمد سمكها على درجة تحمل طبقة ما تحت الأساس أو طبقة الأرض الطبيعية.

و تستمد قوتها من حيث المتانة و المقاومة و من تزايد الترابط و الاحتكاك بين حبيباتها فكلما زادت قوة تحملها على توزيع الأثقال ولكي يتحقق هذا بشكل جيد يشترط في طبقة الأساس المواصفات التالية:

- ✓ نسبة المواد الناعمة و المواد اللينة و الدقيقة محدودة .
- ✓ تدرج حبيبي جيد و موسع .
- ✓ ضبط جيد للدونة و الليونة .
- ✓ دمك جيد للطبقة.[2]

ج-طبقة السطحية: و هي عبارة عن غطاء يتكون من خليط من الحصى و الزفت النقي و الذي يتصل مباشرة بالعجلات المركبات و تتألف من طبقة او أحيانا طبقتين إسفلتية. يتلخص دورها في حماية طبقة الأساس من العوامل الجوية و يمنع دخول الماء إلى الطبقات السفلية كما تسهل حركة انتقال المركبات .

تتمثل أهم أهداف طبقة السير في:

- ✓ توزيع الأحمال بشكل الجيد .
- ✓ تقليل نفاذ الماء إلى الطبقات السفلى.
- ✓ تأمين سطح مقاوم للتزحلق و انسيابي أثناء مرور السيارات والشاحنات.
- ✓ تأمين عدم تشقق السطح.

كما يتم استخدام بين هذه الطبقات أحيانا طبقات إضافية خفيفة أو روابط و إضافات متنوعة للحفاظ على طبقات الرصف و كذلك من اجل الترابط و التماسك بين الطبقات .

3. الخلطة الإسفلتية

الخلطة الإسفلتية هي عبارة عن كتلة متماسكة من المواد الحصوية المتدرجة المغلفة بالإسفلت و تتخللها فراغات هوائية تستخدم في رصف أسطح الطرق و المطارات و الساحات و المواقف و تشكل المواد الحصوية الهيكل الإنشائي للخلطة الإسفلتية بينما يشكل الإسفلت المادة الرابطة فيها.[3]

الصورة 2: الخرسانة الإسفلتية

1.3. أنواع الخلطات الإسفلتية و مواصفاتها:

إن وجود أنواع مختلفة من المواد البيتومينية يعطي مرونة في استعمالها للعمل المناسب، حيث يمكن اختيار البيتومين الذي يتناسب مع حجم المرور و نوع الطريق و السطح و كذلك الطقس و نوع الركام المستخدم.

و هنالك أنواع عديدة من الخلطات الإسفلتية تختلف إما بالمكونات او التدرج الحبيبي أو بطريق الخلط و التحضير أو بالغرض المطلوب منها، و من ناحية الخلط و التحضير هناك عدة تقسيمات للخلطات الإسفلتية أهمها:

أ- **الخلائط الإسفلتية الساخنة :** و تعتبر من أشهر أنواع الخلائط الإسفلتية المستخدمة في بلدنا سواءا في إنشاء الطرق أو في صيانة الطرق باستخدام طبقة التقوية الإسفلتية, تنتج الخلائط الإسفلتية الساخنة عن طريق مزج المواد الحصوية الجافة مع الرابط الإسفلتي, حيث تشكل المواد الحصوية من 93% إلى 97 %من الوزن الكلي للخلطة, أما نسبة الإسفلت فتتراوح بين 3% و7% من الوزن الكلي للخلطة, و تتم عمليات المزج و الإنشاء و الرص بدرجات حرارة عالية.

ب- **الخلائط الإسفلتية متوسطة الحرارة :** يتم إنتاج هذه النوع من الخلائط الإسفلتية بإضافة إما الزيوليت أو الشمع أو مستحلب الإسفلت المكون من جزيئات من البيتومين العائمة في الماء مع وجود عامل الاستحلاب لمزيج الإسفلت و الحصويان.

ج- **الخلائط الإسفلتية الباردة :** تصنع الخلائط الإسفلتية الباردة باستخدام الإسفلت المستحلب او الإسفلت المخفف (الممدد).

د- ***الخلائط الإسفلتية المسامية*** **:** تتصف بارتفاع مساميتها و نفاذيتها للماء حيث تتكون الخلطة من نسبة عالية من الركام الخشن و نسبة قليلة من المواد الناعمة تخلط مع إسفلت نسبته بين 5%-6% و هذا يعطي للخلطة نسبة فراغات مرتفعة.[10][11]

هـ-**الخلائط الإسفلتية الطبيعية:** توجد الخلائط الطبيعية في بلدان مختلفة حول العالم, و تكون هذه الخلائط ممزوجة طبيعيا إما أن تكون من الإسفلت و الرمال أو من الإسفلت المتشرب بالصخور.[3]

وكما ذكرنا سابقاً فإن الخلائط الإسفلتية الساخنة هي المستخدمة بشكل وحيد تقريباً في بلدنا سوآءا أعمال الإنشاء أو الصيانة و التطوير للطرق باستخدام طبقة التقوية الإسفلتية, و هنالك طرق متعددة لتصميم هذا النوع من الخلائط فهنالك طرق تقليدية كطريقة مارشال وطريقة ثلاثي المحاور و طرق حديثة كطريقة السوبر بيف و طريقة السيلان الديناميكية.

2.3. مكونات الخلطة الاسفلتية

1.2.3. المواد الحصوية

تعتبر المواد الحصوية المكون الأساسي للخرسانة الإسفلتية سواء من حيث الوزن 95% أو من حيث الحجم 80% من تركيبة الخليط الإسفلتي، إذ عليها تتوقف بشكل رئيسي مقاومة طبقات الرصف للإجهادات الميكانيكية و التشوهات المستقبلية الناتجة عن حركة السير و الإجهادات الحرارية الناتجة عن التغيرات الجوية، و لهذا تعتبر معرفة خواص المواد الحصوية ذات أهمية بالغة و يتحكم الركام في خصائص الخرسانة مثل قابلية

التشغيل و المتانة و القوة و الوزن و الانكماش بخصائص (التركيب والشكل والحجم) للركام المستخدم في الخرسانة. و تتراوح أبعاد حبيبات الحصى ما بين 1 و 150 ملم و تتصنف عادة الى:

-حصى خشن : و يمثل الحبيبات المحجوزة على الغربال 5.0 ملم.

- حصى ناعم : و يحوي الرمال و الصخور المسحوقة التي بإمكانها المرور من خلال غربال 9.5 ملم.

معظم المواد الحصوية المستعملة في إنشاء الطرق، يمكن تصنيفها حسب مصدرها إلى نوعين:(الحصويات الطبيعية حصويات المقالع).

أ- **الحصويات الطبيعية:** و هي عبارة عن خليط طبيعي من العناصر الحصوية و الرملية متكونة من تفتت الصخور الطبيعية نتيجة عمليات التعرية و نقلت إلى أماكن غير منشؤها بواسطة العوامل الطبيعية و أبرز مثال لها هو رمل الكثبان.

ب-حصويات المقالع: إن هذه الحصويات هي التي نحصل عليها من تكسير الكتل الصخرية بعد تمريرها على الكسارات، و بالتالي نحصل على ما يعرف بـ (الصخر المكسر)، و تتميز هذه الحصويات بأن حوافها حادة و حجوم حباتها تكون حسب الطلب .[7]

الصورة 3: مقلع الحصى

2.2.3. الخواص العامة لحصويات الطرق و الاختبارات المخصصة لها

- الخواص المتعلقة بالأبعاد: (خشن – الصغير – الدقيق) يقاس أبعاد الركام بمقاسه أي بأقطار الجزئيات المكونة له. فيوجد الحصى الصغير(تحت 5 مم) ، كما يوجد الحصى الخشن (فوق 5مم). كما أن الحصى الدقيق (أقل من 1مم) يلعب دورا هاما نظرا لكبر مساحة سطحية في الخرسانة مقارنة بأبعاد جزيئات الحصى

الأخرى. مما يجعل الحصى ذات المقاس الصغير أكثر حاجة إلى كمية الرابط، الزفتي اللازمة لتغليف هذا السطح الكبير.

– الخواص المتعلقة بالشكل : (مدور – غير منتظم – زاوي – مفلطح – عصوي) يؤثر شكل حبيبات الحصى بشكل واضح على النسبة المئوية للفراغات. و تعتبر الحبيبات المستديرة أكثر قابلية للرص و الدمك من مثيلاتها من الحبيبات ذات زوايا. الحبيبات المستديرة تكون أكثر تشغيلية عن غيرها من الحصى. كما أن الحبيبات المفلطحة غالبا ما تترك الفراغات والمياه أسفلها.

– الخواص المتعلقة بالسطح : (زجاجي – ناعم – حبيبي – خشن – بلوري – مسامي) تؤثر حالة السطح للركام إلى حد ما على مقاومة الخرسانة. فالحبيبات ذات السطح الأملس لا تعطى خرسانة التماسك الجيد أما الحبيبات ذات السطح الخشن تكون أشد تماسكا مع الإسفلت.

– الخواص المتعلقة بالتدرج الحبيبي: (متدرج – جيد التدرج – ناقص التدرج) يمثل التدرج الحبيبي النسب المئوية للمار بدلالة أبعاد هذه الحبيبات باستخدام مقياس لوغاريتمي، و تأثر أبعاد الركام الكبيرة على الكتلة الحجمية و المقاومة النهائية بينما الأجزاء الدقيقة لها عالقة أكثر في ملئ الفراغات.

3.2.3. صفات الحصى الطرقية

- الصفات الفيزيائية للحصى : عند دراسة المواد المستخدمة في الطرق، ينبغي الاهتمام بالصفات الفيزيائية و هي عديدة، نذكر أهمها:

– الوزن الحجمي و النوعي.
– المسامية و الكثافة.
– التقلص أو الانكماش.
– الكتامة أو النفاذية .
– درجة امتصاص و فقدان الماء.

- الصفات الكيميائية للحصى: تلعب الصفات الكيميائية للحصى دورا بارزا في حالة تفاعلها كيميائيا مع المكونات الأخرى للخرسانة خصوصا الرابط الإسفلتي.

- الصفات الميكانيكية للحصى: نقصد بالصفات الميكانيكية لمواد البناء تلك المتعلقة بمختلف مقاومتها للأحمال و الإجهادات و تمثل الصفات الميكانيكية أهم الصفات المبحوث عنها في انتقاء الحصى المعد لإنشاء الطرق. و من بينها:

– صلابة الركام: و نقصد به مقاومة تآكل سطح المادة. تعين صلادة الركام بإجراء اختبار البرى (abrasion) على عينة اسطوانية.

– متانة الركام: و تعين بواسطة إجراء اختبار المتانة على عينة عن طريق إسقاط مطرقة عليها و حساب عدد الدقات اللازمة لكسر العينة.

– مقاومة الركام للتهشم : و هي صفة مهمة إذ يتوقف عليها مقاومة الخرسانة للتهشم ككل.

– المتانة: مقاومة انهيار أو انكسار المادة تحت إجهادات مختلفة (ضغط, شد...) .

– المقاومة: أعظم إجهاد يمكن للمادة أن تتحمله دون انهيارها أو تشوهها أو تشققها.

– التحمل: مقاومة الإجهادات المختلفة و المتكررة دون انهيار للمادة.

– المرونة: قدرة المادة على استرجاع شكلها الأولي بعد نزع الإجهاد الذي طبق عليها.

– اللدونة: قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الناتج بعد نزع الإجهاد الذي طبق عليها.

– الاسترخاء: قابلية المادة لحدوث تغير لدن كبير دون تشقق .

– الزحف: زيادة التشوهات اللدنة مع الزمن، وذلك بثبات الإجهادات المطبقة على المادة.

4. الرمال البيتومينية (البودرة)

و هي عبارة عن خليط من الرمل الطبيعي (غالبا ما يكون مستدير الشكل)، و يتحول الرمل الصلب المسحوق إلى حبيبات دقيقة أو غبار هو المار من المنخل (رقم 200) (0,075ملم)، ويأتي الأخير لتعويض تماسك الذي تفقده الرمال الطبيعية.

الصورة 4: بودرة (الفيلر)

5.الرابط الإسفلتي

الإسفلت هو سائل لدن حراريا يسلك سلوك الجسم المرن عند درجات الحرارة المنخفضة و خلال التطبيق السريع للحمولات, بينما يسلك سلوك الجسم اللزج عند درجات الحرارة المرتفعة و خلال التطبيق البطيء للحمولات .

بالرغم من أن الرابط الإسفلتي لا يشكل سوى حوالي 5% من وزن الخلطات الإسفلتية و 10% من حجمها، فإنه يلعب دورا أساسيا في أداء تلك الخلطات إذ يربط حبيبات الركام بعضها ببعض و يمنحها القدرة على مقاومة قوى الشد و القص الناتجة عن التأثيرات الخارجية و حماية حبيبات الركام من وصول الماء و المواد الضارة إليها.

يعد التركيب الكيميائي للإسفلت معقد جدا إلا أن هناك طرق عدة طورت لفحص وتحليل الإسفلت وأغلبية هذه الطرق تقسم الإسفلت إلى ثالث مكونات رئيسة وهي :

- **الإسفلتين** : يمثل الاسفلتين الجزيئات الصلبة غير المتبلورة و يعد الاسفلتين المسؤول الرئيسي عن لزوجة الإسفلت, و عند تسخين الإسفلتين بالحرارة يزداد حجمه دون أن يذوب, كما أنه يتحول إلى كاربين بتعريضه المستمر للحرارة و يفقد خصائصه. و في حال زيادة محتوى الاسفلتين في الإسفلت يجعله قاسياً و بدرجة غرز متدنية و درجة تميع أعلى و بالتالي لزوجة عالية و أضعاف للسلوك اللزج و المرن.
- **المالتين:** يعرف المالتين بأنه مزيج معقد لزج يتألف من الراتنجيات و الصموغ و المطاط و الزيوت, ويؤمن المالتين خاصية الالتصاق للإسفلت ويقسم المالتين إلى قسمين هما:

- **الراتنجيات و الصموغ:** و هي مواد ذات لون بني غامق تكون سائلة لزجة, قريبة في تركيبها وبنيتها من الإسفلتين وتعطي الإسفلت خاصية الالتصاق .
- **الزيوت:** شبه زيوت التشحيم الناتجة عن تقطير النفط و هي عبارة عن مركبات الفحوم الهيدروجينية و تشكل سائل ذو لزوجة عالية, و تضم العناصر التي يمكن أن تحل الاسفلتين مثل الكحول البنزولي, و يكون لون هذه الزيوت فاتحا , و تلعب دور الوسيط بين كل من الاسفلتين و المواد الراتنجية و الصموغ و المطاط و تؤثر على خصائص و مميزات الإسفلت.
- **الكاربين و الكاربويد:** يمثل الكاربين الأجسام الصلبة الموجودة في البيتومين وهو أكثر المركبات إشباعاً بالفحم. أما بالنسبة للكاربويد فهو المركبات التي تنحل في المواد المذيبة الموجودة عدا البنزول و رابع كلوريد الفحم, و تزداد كمية هذه المركبات في البيتومين نتيجة التعرض الطويل للحرارة و الاكسدة.[4]

لذلك فالإسفلت يمثل مستحلب و يشكل فيه الإسفلتين و الكاربين و الكاربويد الاجزاء المتناثرة في حين يمثل المالتين الوسط فالإسفلتين هو المادة الصلبة في الإسفلت المحاط بمادة مطاطية و لاصقة مؤمنة له خاصية الاستطالة و اللصق بالإضافة الي الزيوت التي تسمح للإسفلت بالحركة و الانسياب و تأثر نسب هذه المواد كثيرا بثبات أو قساوة الرابط الإسفلتي .

الصورة 5: المادة البيتومينة الرابطة في حالتها الصلب

1.5. خواص الرابط الإسفلتي

للزفت خصائص عديدة، نذكر فيما يلي أهمها:

أ-**الزحف:** القابلية للحركة تحت الضغط و يعتمد على درجة الحرارة و فترة التحميل.

ب-**اللزوجة:** نسبة ضغط القص إلى سرعة القص عند درجة حرارة معينة.

ج-**التصلب:** تغير التركيب الكيميائي بسبب التأكسد و عند التعرض للحرارة و الهواء أو فقدان المذيب.

د-**الاسترخاء:** القدرة على تقليص الإجهاد الداخلي بالاستطالة أو الانفعال.

6. تصنيف الإسفلت

وفقا لطريقة التصنيع يتم تصنيف الزفت من خلال اختبار الغرز. و بناء على هذه النتائج يمكننا تمييز عدة فئات أهمها :

- إسفلت شديد الصلابة (20/30)
- إسفلت صلب (40/50)
- إسفلت شبه صلب (80/100)
- إسفلت شبه الناعم (180/220)
- إسفلت ناعم (280/300)
- إسفلت ناعم جدا (300/350)

ملخص خواص المواد البيتومينية: إن الخواص العامة للمواد البيتومينية يمكن جمعها بأربعة خواص رئيسية (القوام – الديمومة – معدل سرعة التجمد – مقاومة فعل الماء).

7. تصميم الخلطات الإسفلتية

هو سلسلة من الإجراءات الهادفة إلى تحديد نوع و نسب و خواص المواد الداخلة في تركيب الخلطة الإسفلتية و طرق اختبارها للتأكد من تحقيق الخلطة و مكوناتها للمواصفات و المعايير المطلوبة و قدرتها على الأداء تحت الظروف التشغيل المتوقعة .

متطلبات تصميم الخلطة الإسفلتية :

- الثبات : القدرة على مقاومة التشوه الناتج عن الأحمال المرورية و البيئية .
- المرونة : القدرة على التجاوب مع القوى المؤثرة دون أن تتكسر .
- المتانة : القدرة على مقاومة العوامل البيئية و ثبات الخواص مع مرور الزمن .
- قابلية التشغيل : سهولة تشكيل الخلطة أثناء الرصف بحيث يتماشى سطحها مع الخطوط التصميمية دون أن تتفكك أو تتشقق أو يتشوه سطحها أو تنفصل مكوناتها .

– قابلية الدك : سهولة دك الخلطة للحصول على الكثافة المطلوبة أثناء التنفيذ دون إلحاق الضرر بالخلطة أو مكوناتها .[3]

1.7 مراحل التصميم الخلطة الإسفلتية

يمر تصميم الخلطات الإسفلتية بغض النظر عن الطريقة المتبعة بعدة مراحل أهمها:

أ–المرحلة الأولى: اختيار المواد الداخلة في تركيب الخلطة (إسفلت، الركام، الإضافات أو المحسنات).

ب–المرحلة الثانية: أخذ عدد كافي من العينات المماثلة من جميع المواد و فحصها للتحقق من مطابقة المواد المختارة للمواصفات و إمكانية دمج الركام للحصول على التدرج المطلوب.

ج–المرحلة الثالثة: خلط الركام مع نسب متباينة من الرابط الإسفلتي و حساب الخواص الحجمية و فحص مؤشرات القوة إن وجدت ثم عرضها بيانيا لاختيار النسبة المثلى للرابط الإسفلتي.

د–المرحلة الرابعة: إعداد نسبة مثلى للرابط الإسفلتي للخلطة و التحقق من مطابقتها للمواصفات.

هـ–المرحلة الخامسة: تنفيذ مقطع تجريبي للتأكد من إمكانية إنتاج الخلطة بالخلاطة وإمكانية فردها (فرشها) ودكها حسب المواصفات دون إتلافها.

و–المرحلة السادسة: إجازة الخلطة.[5]

8. خلاصة الفصل

من خلال هذا الفصل تعرفنا على الكثير حول تفاصيل الخرسانة البيتومينية والمواد المشكلة لها وأهم طبقات الرصف و كذلك الطريق وما يحتويه من عناصر و مكونات سنتطرق خلال الفصل التالي إلى جوهر دراسة و هو رص طريق و احد أهم المراحل في إنشاء الطريق.

الفصل الثاني

رص الطريق

الفصل الثاني: "رص الطريق"

1. تمهيد

عرف الفنيون المتخصصون في بناء الطرق أن ضغط طبقات ليس كافيًا. و ليس من الضروري فقط ضغط التربة و مواد الطرق ، بل من الضروري أيضًا تحسين البنية الداخلية للقاعدة و طبقات التوصيل لتجنب التدهور اللاحق بسبب حركة المرور على وجه الخصوص.

كانت ضواغط الإطارات و لا تزال هي الحل لهذه المشكلة, من خلال تطبيق تأثير الضغط عن طريق سطح مرن (الإطار) ، يتم الحصول على تأثير العجن حيث تتناسب العناصر الصلبة للتربة معًا بسهولة أكبر ، مما يؤدي إلى الحصول على جودة الهيكل. تطبيق الأحمال الثقيلة التي تخترق العمق، يكثف الأرض و يزيد من مقاومة الرصيف.

2. تعريف رص الطريق (ضغط)

هو إعادة ترتيب مكونات الخرسانة الإسفلتية بطرد الهواء وجعلها متجانسة باستخدام وسائل ميكانيكية تنتج حمولات شاقولية ضاغطة و ذلك يزيد من سعة حمولة الطريق.

1.2 أنواع الضواغط

- الضواغط الثابتة: و تنقسم إلى نوعان و هما.

✓ بكرات مرادفة و مترادفة.
✓ بكرات على الإطارات.

- الضواغط الاهتزازية: و تنقسم إلى ثلاثة أنواع هما:

✓ بكرات مترادفة اهتزازية.
✓ بكرات اهتزازية ذات اسطوانة واحدة.
✓ بكرات اهتزازية بأقدام مدك.

2.2. الهدف من الرص

الأهداف الرئيسية التي تمت خلال تنفيذ أعمال الطرق، و الطبقات الأرضية الفرعية و قواعد الطرق هي:

- تحسين الخصائص الميكانيكية.
- إزالة التشوهات اللاحقة.
- ضمان العزل المائي في طبقة السير.

3.2. *فوائد رص الطريق*

- يكشف عن نقاط الضعف في الميدان.
- يحسن الاكتناز.
- زيادة الرفع.
- يجنب التشوهات اللاحقة و يزيد من قوة الشد.
- يقلل الانضغاط

4.2. العوامل المؤثرة على الرص

- الإضافات.
- شكل الحبيبات.
- نوعية الإسفلت.
-العوامل الحرارية.
- نسبة الرابط الإسفلتي.
- سمك الطريق.
- آلة الدمك.

3. آليات والعتاد المستعمل في الطرقات

هناك عدة آلات مختلفة تستعمل في انجاز الطريق نذكر منها:

- **الأسطوانة الضاغطة:** إن مدحلة الطريق التي تسمى أيضًا الضاغطة ، هي آلة ضغط تم سحبها سابقًا بواسطة جر الحيوانات ، و هي الآن مزودة بمحركات ، و تتميز بعجلات أسطوانية ناعمة، وتستخدم لضغط التربة أو أي طبقة أخرى من طريق السير. تحتوي بكرات الضغط بشكل عام على أسطوانة فولاذية ناعمة في المقدمة حيث تعمل الاهتزازات على توحيد المواد المراد ضغطها، و هناك عدة أنواع:
- **الضواغط المترادفة:** تحتوي على بكرتين فولاذيتين، واحدة في المقدمة و الأخرى في الخلف ، يستخدم هذا النوع من مدحلة الطريق لضغط التربة الحبيبية الخشنة.

الصورة 6: الضواغط المترادفة

- **مدحلة الطريق أحادية الأسطوانة:** تسمى أيضًا الأسطوانة المفردة، يمكن تزويدها ببكرات ناعمة أو أقدام دمك .المميزات الرئيسية من هذه الآلة أنها منخفضة في التكلفة والقوة.

الصورة 7:مدحلة الطرق احادية الأسطوانة

- **مدحلة الطريق الهوائية** : تسمى أيضًا بكرة الإطارات ، و هي عبارة عن ضاغط يتم استبدال اسطوانته المعدنية بسلسلة من الإطارات المركبة على محاور الماكينة، يستخدم هذا النوع من مدحلة الطرق للأسطح الصغيرة إلى المتوسطة.

الصورة 8: مدحلة الطرق الهوائية

- **مدحلة حفر الخندق**

الغرض من ضغط الخندق هو منع الاستقرار بالإضافة إلى اختلاف كبير جدًا في نفاذية التربة . للأعمال المنجزة على الطرق القائمة.

الصورة 9: مدحلة حفر الخندق

- **بكرات الطرق المزدوجة:** هي آلات ضغط صغيرة الحجم موجهة يدويًا ، مما يجعلها أكثر أمانًا للاستخدام في المناطق التي يصعب الوصول إليها .بعرض يساوي أو أقل من 65 سم.

الصورة 10: بكرات الطرق المزدوجة

4. مصانع الاسفلت

تنتج مصانع الإسفلت البيتومين الذي يغطي غالبية الطرق و هناك أنواع مختلفة: مستمر أو متقطع ، حار أو بارد. هناك أيضًا مصانع متنقلة محمولة على شاحنات تتحرك حول مواقع البناء ، خاصةً عندما تكون كبيرة و تقع بعيدًا عن المناطق.[4]

الصورة 11: مصانع الإسفلت

5. آلات الطحن

آلة الطحن هي آلة تتيح لنا "تجريد" الطرق من أجل استعادتها أو حتى إعادتها بالكامل, باستخدام أسطوانة دوارة مزودة بأسنان أو معول أو سكاكين، تقوم آلة الطحن بتكسير مواد الرصف التي يزيد عرضها من متر إلى مترين و عمق يصل إلى 32 سم يتم بعد ذلك إزالة المواد المطحونة بواسطة نظام ناقل (حزام استقبال يغذي نوعًا من الحزام الناقل يسمى "حزام التفريغ") إلى دلو. تم تجهيز أسطوانة الطحن بنظام رش المياه الذي يقلل من تراكم الغبار و يبرد أعواد الطحن, يعتبر الطحن بشكل عام الخطوة الأولى في أعمال الإصلاح على جميع أنواع الطرق (الطرق السريعة و الطرق الثانوية و ما إلى ذلك) يتم استخدامه لتقليل سمك الرصيف قبل وضع الإسفلت الجديد. يمكن تركيب آلات الطحن على عجلات أو على مسارات حسب الطراز.

الصورة 12: آلات الطحن

6. المسويات

الغرض من المسوي هو تجريد الجزء العلوي من الرصيف، سواء كان أسفلتيا أو خرسانيا أو أي نوع آخر من الرصف. يمكن أن يتدخل المسوي في إصلاح الطريق و لكن أيضا لأنواع أخرى من الأعمال الحضارية: خنادق الأنابيب، والألياف الضوئية، والشبكات المختلفة، وإصلاح الطلاءات التالفة.[4]

الصورة 13: المسويات

7. خلاطات بولفي

آلة تمزج التربة بالجير أو المواد الهيدروليكية لجعلها أكثر كفاءة. يتضمن ذلك خلط 1 إلى 5٪ من المادة الرابطة بشكل وثيق و متجانس مع 90 إلى 95٪ من التربة المراد معالجتها.

يتكون خلاط بولفي من محرك يقوم مباشرة بتشغيل دوار مجهز بأسنان يتم استبدالها أثناء تآكلها. يدور الدوار الأفقي ما بين 100 و 200 دورة في الدقيقة في الاتجاه المعاكس للتقدم و يخترق التربة إلى عمق 500 مم, محققا مزيجا مثاليا بين المادة الرابطة (الأسمنت أو الجير و الطين أو الطمي الأرضي).

الصورة 14: الخلاط البولفي

8. الموزعات

يتم استخدام الموزعات لعمل طبقة التكسير، قبل دورة الارتداء مباشرة للقيام بذلك يستخدمون مواد رابطة ساخنة أو مستحلبات البيتومين. في الحالة الأولى (مواد رابطة ساخنة) ، غالبًا ما تكون مواد رابطة هيدروكربونية أي تعتمد على الهيدروكربون، انها تجعل من الممكن ربط الركام مع الحفاظ على بعض المرونة.تستخدم الموزعات بشكل أساسي لإصلاح وصيانة الأرصفة. و تتكون الموزعة بشكل أساسي من :

- خزان مملوء بمادة رابطة أو مستحلب.
- مسخن يستخدم لتسخين محتويات لاخزان.
- منحدر رش مزود بمضخة قياس.

الصورة 15: الموزعات

9. آلة الرصف

كما يوحي الاسم، فإن آلة الرصف هي واحدة من آخر الآلات المستخدمة في بناء الطرق. حيث انه يضمن وضع مسار التآكل، المصنوع من مواد مطلية (الركام الممزوج بمادة هيدروكربونية من نوع البيتومين).
الرصيف آلة بطيئة إلى حد ما، تتحرك بسرعة حوالي 300 م /ساعة و يفسر ذلك حقيقة أنه يضمن ، في ممر واحد فوق منطقة العمل، التنفيذ الكامل للإسفلت: النشر و التسوية و التنعيم و الدمك المسبق،يستقبل الرصف الإسفلت في قادوس باستخدام شاحنة قلابة ، ثم ينشره في طبقة متساوية. [13] [14]

الصورة 16: آلة الرصف

10. خلاصة الفصل

عملية رص الطريق من أهم الأعمال في إنشاء طبقة السطح، لأنها تزيد في كثافة الخلطة و تقلل من الفراغات فيها و تكسبها مقاومة و ثباتا أكثر.

الفصل الثالث

عموميات حول الزجاج

الفصل الثالث: "عموميات حول الزجاج"

1. تمهيد

ما يزال البحث عن مواد بناء جديدة من ابرز الأبحاث الهندسية التي تدعمها شركات البناء في العالم, ضمن منظور الاستجابة للتشريعات و القوانين المتعلقة بالاستدامة و حماية البيئة و سعيا لتحقيق الوفر الاقتصادي على الصعيد العام و الخاص.

ضمن هذا الإطار العلمي سيسعى هذا البحث لوضع منهجية جديدة في التحري عن تأثير الزجاج المعاد تدويره على خصائص الخلطة الإسفلتية و إمكانية استثمار نفايات هذه المادة في إنشاء الطرقات .

2. الزجاج

دخل الزجاج كمادة أساسية في مجال مواد البناء و قطاع الإنشاء مند عقود حيث ازدهرت صناعته مع التطور العمراني و ارتفاع مستوى المعيشة كنتيجة لدلك ظهرت عدة أنواع من الزجاج تبعا للمواد الداخلة في تركيبه و الغاية من صناعته حيث يمكن تلخيص أنواعه كما هو موضح في الشكل :

الجدول 2: أنواع الزجاج و التركيب الكيميائي

Type of Glass	Composition (by weight)
Soda-Lime-Silica	73% Silica – 14% Soda – 9% Lime – 3.7% Magnesia – 0.3% Alumina
Boro-Silicate	81% Silica – 12% Boron Oxide – 4% Soda – 3% Alumina
Lead (Crystal)	57% Silica – 31% Lead Oxide – 12% Potassium Oxide
Alumino-Silicate	64.5% Silica – 24.5% Alumina – 10.5% Magnesia – 0.5% Soda

أما المركبات الداخلة في تركيب الزجاج فهي وحسب نسبة مساهمتها: رمل السيليكا او ثاني اكسيد السيليكون, كربونات الصوديوم او رماد الصودا, كربونات الكالسيوم او الحجر الكلسي, اضافة الى بعض الاكاسيد المعدنية للحصول على الوان معينة مثل اكسيد الكروم للون الاخضر و اكسيد الكبريت للون البني.

يتم صنع الزجاج بصهر مجموعة من المواد الخام لتشكل مادة شفافة او ملونة ذات خصائص ميكانيكية محددة, عندما تتحول المصهورة الي شكل لزج فإنها تحتاج الى درجة حرارة عالية (1700 C) للتخلص من فقاعات الهواء الموجودة فيها, يضاف اليها كربونات الصوديوم لتحسن قابلية التشغيل و خفض درجة حرارة الانصهار و توفير الطاقة, كما تضاف كربونات الكالسيوم للتقليل من اللزوجة العالية و لمنع الذوبان في الماء الساخن و إكسابها المتانة الكافية .[15]

الشكل 3: المواد الخام الداخلة في تركيب الزجاج

يستخدم الزجاج المصنع عادة في مجال الإنشاءات, مما جعله الأكثر إنتاجا للنفايات حيث ترسل معظم الكمية التالفة إما لإعادة التصنيع بعد إجراء بعض المعالجات الفيزيائية و الكيميائية للتخلص من ما يرافقها من الشوائب, او إلى المكبات العامة لتشغل مساحات شاسعة تساهم بدورها في زيادة تلوث البيئة, خاصة و أنها غير قابلة للتحلل مع الزمن لثبات خواصها الكيميائية.

من هنا ظهرت عدة محاولات لإعادة تدوير الزجاج و الاستفادة منه في بعض التطبيقات الهندسية, منها الخلطات البيتومينية, سعيا لتقليل من حجم هذه النفايات من ناحية و تحسين مواصفاتها الميكانيكية في المرحلة الرطبة و المرحلة المتصلبة من ناحية أخرى.

3. استخدام الزجاج المعاد تدويره في الاسفلت

يعد استخدام الزجاج المعاد تدويره في الطرق وخاصة في الإسفلت البيتومينى احد أفضل الحلول لتخفيف الازدحام في مدافن النفايات, يعد دمج الزجاج المعاد تدويره في الخلطات البيتومينية كعناصر مجمعة احد أفضل وسائل إعادة التدوير التي ستخلق فوائد بيئية واقتصادية كبيرة .

حيث يمكن استخدامه بنسبة "100% في البنية التحتية . حيث خصائصه الفيزيائية والميكانيكية يمكن النظر في استخدامه في الأساس الفرعي للطريق . حيث يمكن خلطه بنسبة 15الى 20% من اصناف الركام المكون لطبقات الطريق.

وفقًا للدراسة التي أجريت حول دمج الزجاج المعاد تدويره في مزيج (°ESG14) الذي أجراه Lachance (Tremblay 2014) ، فإن النسبة المثلى للحصول على أداء جيدهي10%(درجة حرارة منخفضة عكس تجربتنا) بهذا المعدل، فإن استخدام الزجاج في الخلطات الإسفلتية يقلل بشكل ضئيل جدًا من الأداء الميكانيكي الحراري لخلطات الإسفلت. بالإضافة إلى ذلك، فإن دمج الزجاج في خليط البيتومينى جعل من الممكن تقليل محتوى البيتومين، ويزيد من قابلية تشغيل الخليط، و لا يغير النسيج الكلي والالتصاق بالإسفلت (Lachance Tremblay،2014). يعزز الزجاج انعكاس الضوء من خليط البيتومين، والذي يمكن أن يحسن الرؤية في الليل عند استخدام الأسفلت كطبقة سطحية ومع ذلك،فإن الخلطات التي تحتوي على زجاج معاد تدويره بها مشاكل منها:

عدم وجود التصاق بين البيتومين والزجاج, فقدان التماسك بين سطح الجري و إطارات المركبات , تكسر جزيئات الزجاج الخشنة , مما يزيد خطر التمزق زيادة حساسية الخلط للماء .[16]

4. خلاصة الفصل:

تعتبر خصائص الزجاج من الخصائص المميزة لمادة يمكن استخدامها في عملية البناء و الإنشاء, حيث يعتبر الزجاج من المواد غير الماصة للماء مما يجعلها من أكثر المواد ديمومة و مقاومة لتأثير الطبيعة, هذه الخاصة يقاربها صلابته العالية التي تعطيه مقاومة عالية ضد التآكل و الحرارة.

هذه الخصائص المميزة للزجاج إضافة لطبيعته السيليكاتية, شجعت تناول موضوع استخدام الزجاج في الخلطة البيتومينية لدراسة تأثيره على خصائص البيتون الطري في مرحلة التشغيل و المتصلب على المديين القريب و البعيد.

الجانب التطبيقي

الفصل الرابع

خصائص المواد المستعملة

الفصل الرابع: "خصائص المواد المستعملة"

1. تمهيد

تمت الدراسة التجريبية لمختلف صيغ الخرسانة البيتومينية على ثلاث مراحل هي:

1. تحديد المواد المكونة (الركام، البيتومين، الزجاج المعاد تدويره).
2. تصنيف الزجاج معاد تدويره وتحديد الفئة الحيبيبة التي ينتمي لها.
3. اختبار تجربة مكبس القص الدوراني (PCG) لمختلف الخلطات تبعاً والمقارنة مع النتائج المسجلة للخلطة المرجعية.

2. المواد المستخدمة

تشمل الدراسة التجريبية للمغلف الإسفلتي عدة تجارب تتطلب مواد طبيعية يتم قلعها وأخرى نفطية يتم معالجتها وكذلك الزجاج المعاد تدويره و استعماله كمادة مشكلة لتصميم الخلائط الإسفلتية لطرق، يوضح الجدول رقم (3) كل المواد المستعملة في الدراسة والفئة التي تنتمي إليها والكمية اللازمة لتجربة هذه الدراسة، مع تحديد المواقع الصادرة منها.

الجدول 3: مواقع وكميات المواد المستعملة في التجارب

المواد	رمل	حصى	حصى	الزجاج المعاد تدويره	إسفلت
الفئة	3/0	8/3	15/8	3/0	-
الوزن (كلغ)	50	15	20	6	7
الموقع	"بن براهيم" ورقلة	"بن براهيم" ورقلة	"بن براهيم" ورقلة	قارورات النفايات	شركة total ورقلة

الصورة 17: الزجاج المستعمل في التجربة

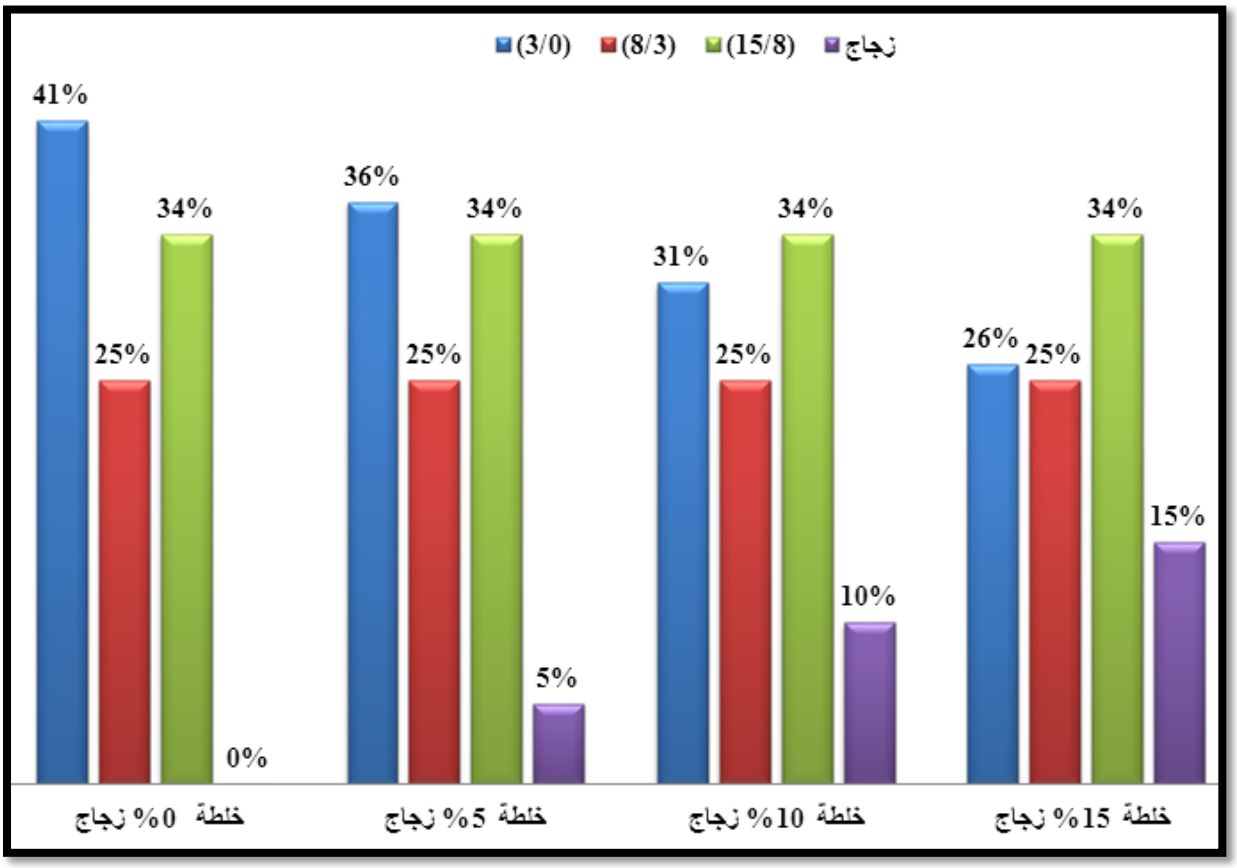
الصورة 18: الحصى و الزفت المستعمل في التجربة

3. نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات

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

- التركيبة المرجعية رقم (1): الرمل(3/0) بـ 41% + الحصى (8/3)بـ 25% + الحصى (15/8) 34% + زجاج بـ 0%.
- التركيبة رقم (2): نستبدل جزء من الرمل (3/0) بنسبة 5% من الزجاج.
- التركيبة رقم (3): نستبدل جزء من الرمل (3/0) بنسبة 10% من الزجاج.
- التركيبة رقم (4): نستبدل جزء من الرمل (3/0) بنسبة 15% من الزجاج.

الآن لدينا أربع خلطات تقسم نسبها كالتالي:



الشكل 4: نسب للمواد المكونة للتركيبات

4.تجربة التدرج الحبيبي

منحنيات لحجم جسيمات مختلف الخلطات في الجداول التالية:

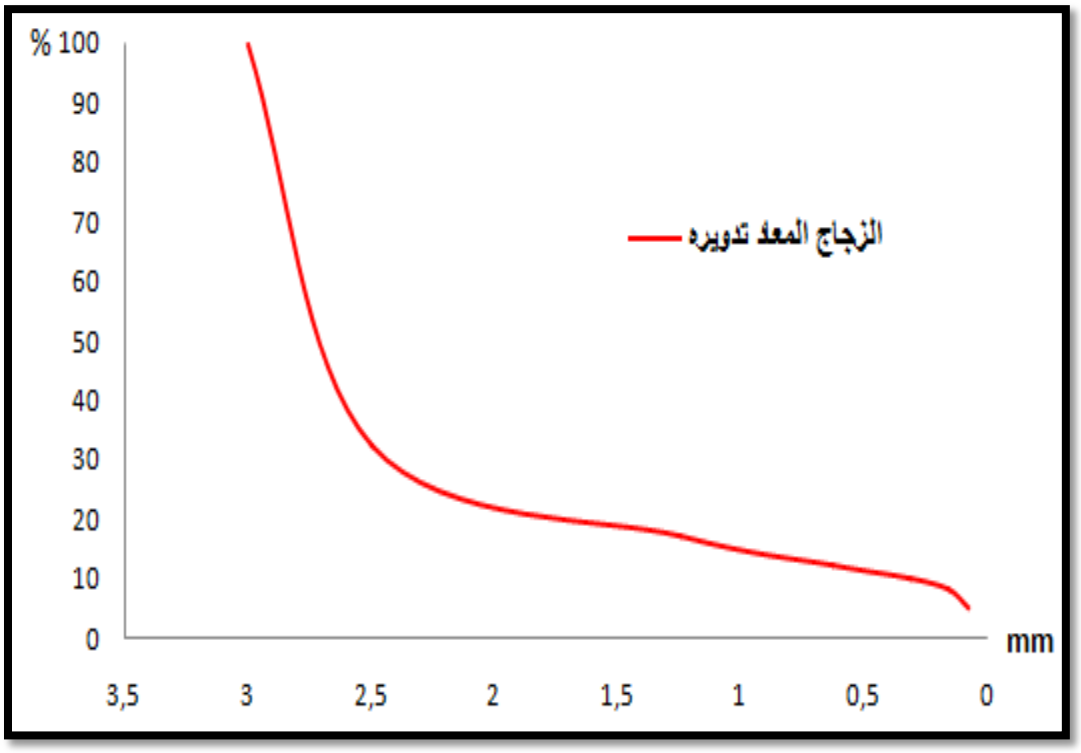
جدول 4: قيم منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التدرج الحبيبي

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

التدرج الحبيبي للزجاج : في دراستنا التجريبية قمنا باستخدام الزجاج المعاد تدويره في الخلطة البيتومينية و استبدال الرمل من الفئة (3/0) به, حيث قمنا بطحنه و تحويله الى الفئة الحبيبية ذات التدرج (3/0). يبين الجدول التالي التدرج الحبيبي للزجاج.

جدول 5: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للزجاج

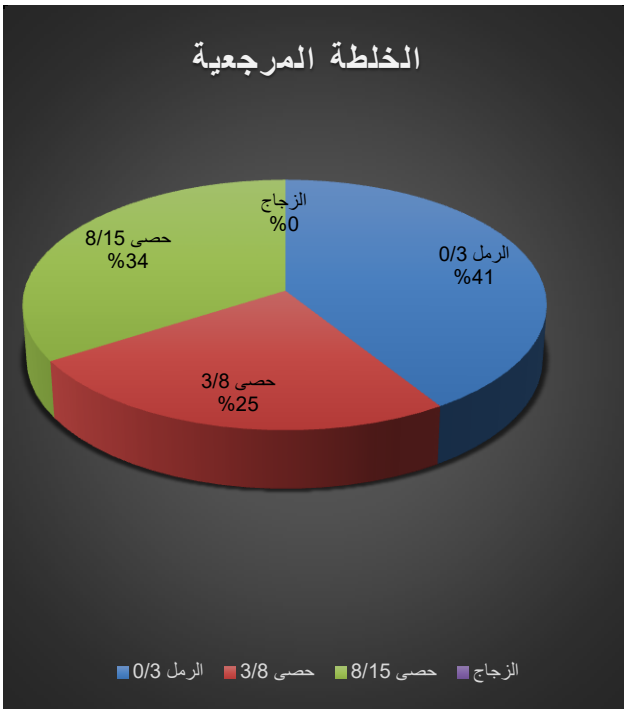
نسبة المار(%)	غربال (مم)
100	**3.15**
33	**2.5**
85	**1.25**
95	**0.63**
98	**0.315**
98	**0.16**
97	**0.08**



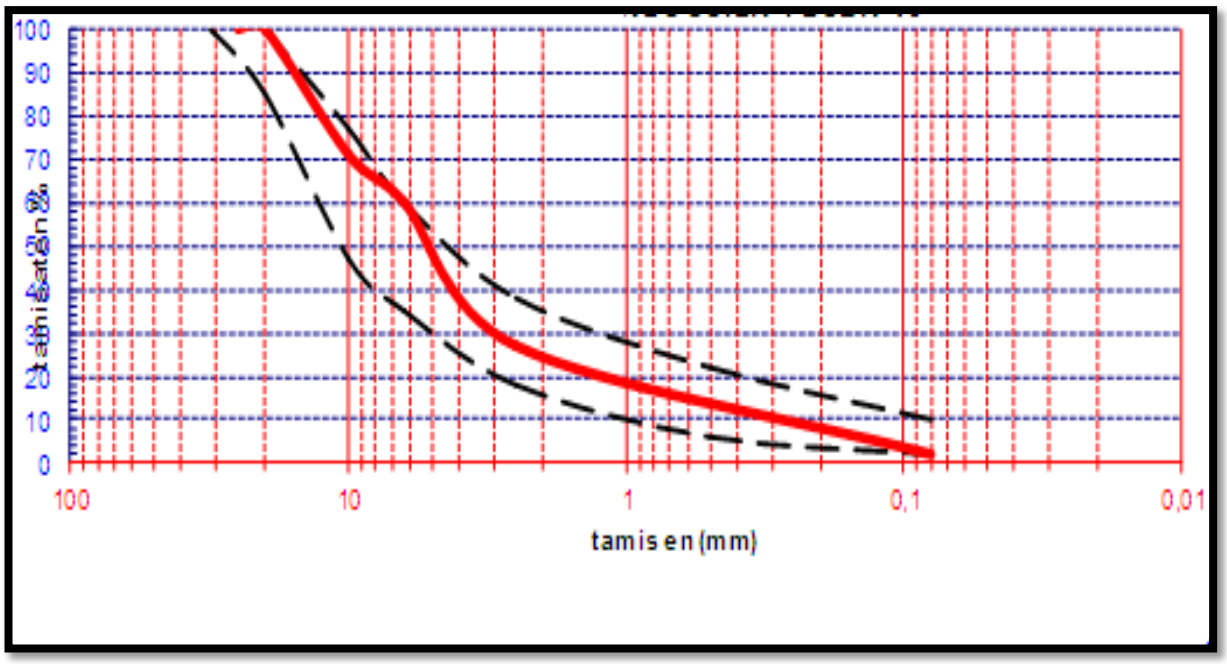
الشكل 5: منحنى التدرج الحبيبي للزجاج المعاد تدويره

جدول 6: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية 0% زجاج مضاف

غربال (مم)	نسبة المار (%)
16	**95**
14	**86**
12,5	**73**
10	**67**
8	**62**
6,3	**56**
5	**49**
4	**41**
3,15	**26**
2,5	**17**
2	**11**
0,63	**3**
0,315	**3**
0,16	**2**
0,08	**2**



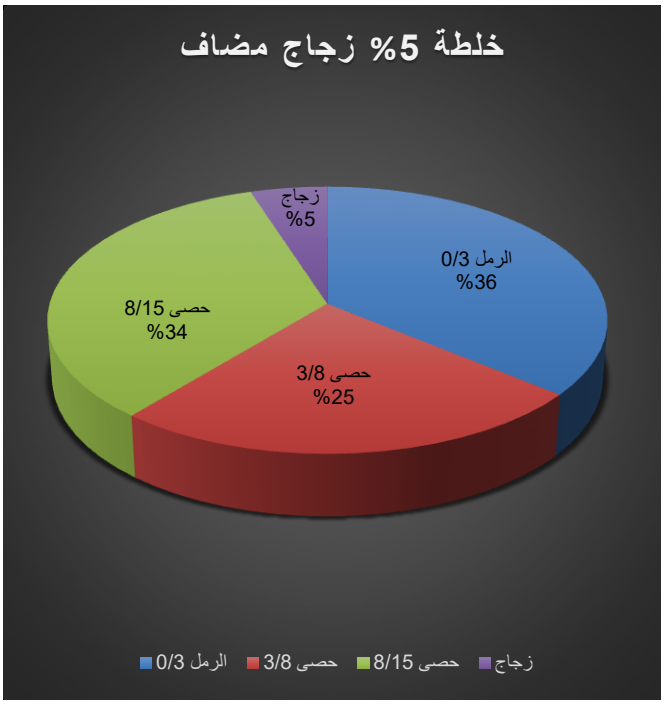
الشكل 6: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة0% زجاج مضاف



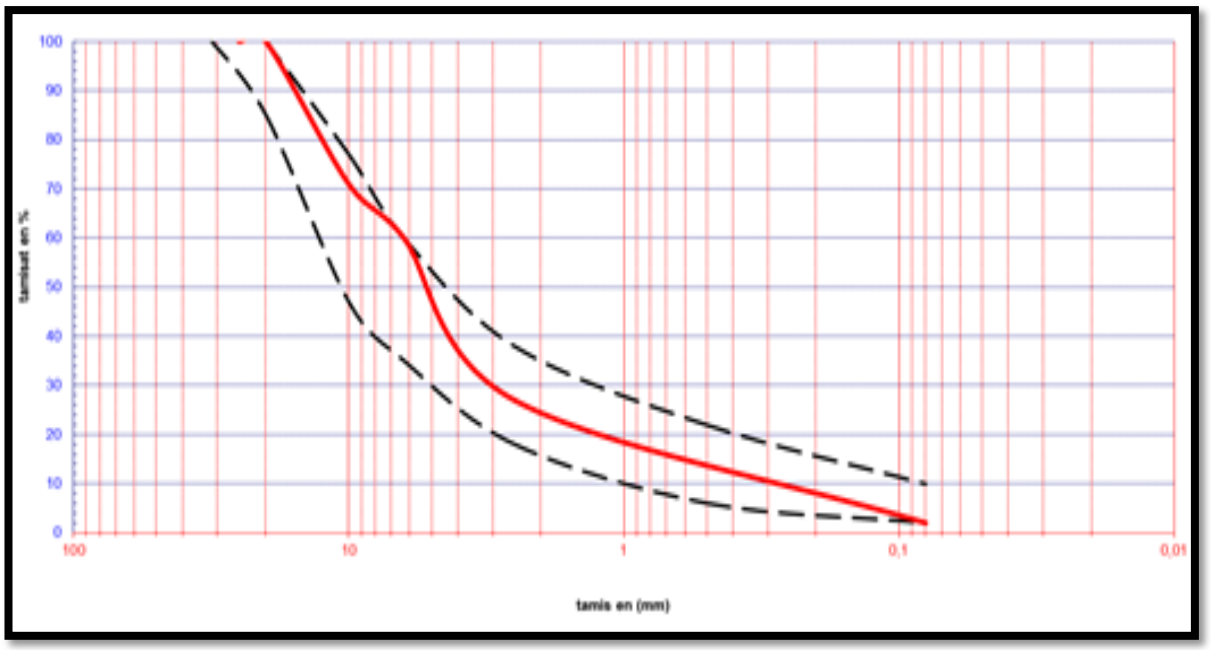
الشكل 7: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية 0% زجاج مضاف ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

جدول 7: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 5% زجاج مضاف

غربال (مم)	نسبة مار (%)
16	97
14	81
12,5	71
10	67
8	60
6,3	53
5	46
4	39
3,15	27
2,5	20
2	14
0,63	5
0,315	4
0,16	4
0,08	2



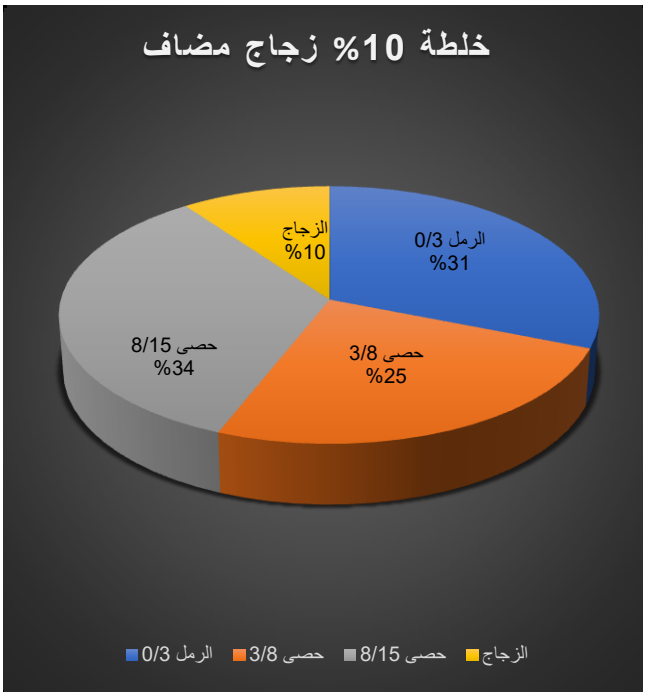
الشكل 8 : نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 5% زجاج مضاف



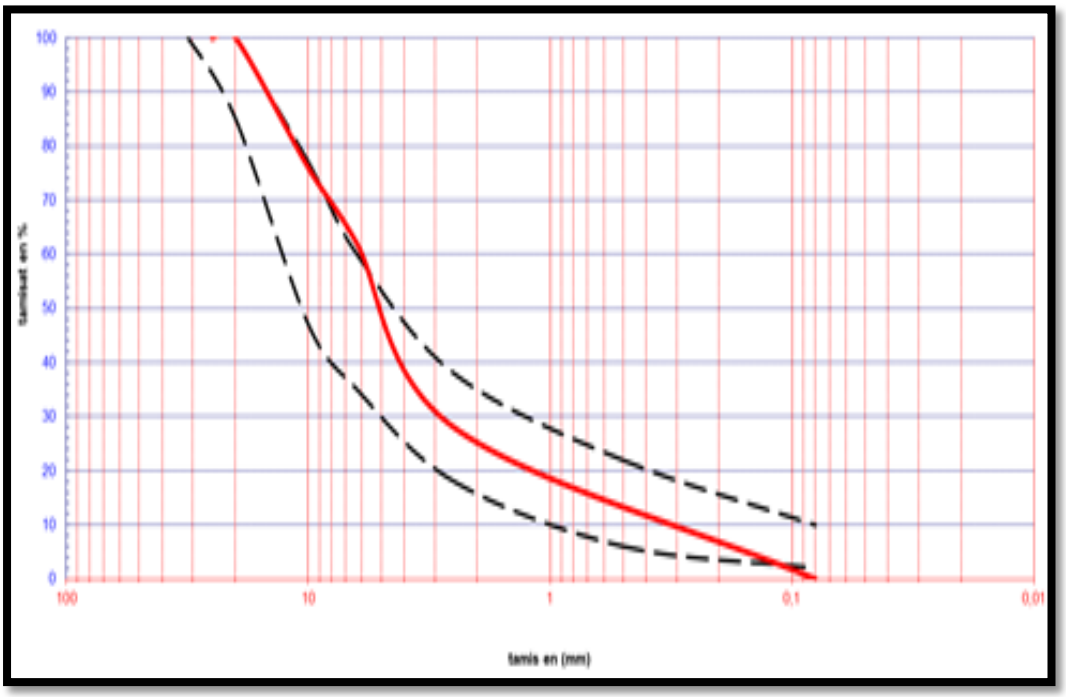
الشكل 9: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة5% زجاج مضاف ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

جدول 8: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 10% زجاج مضاف

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



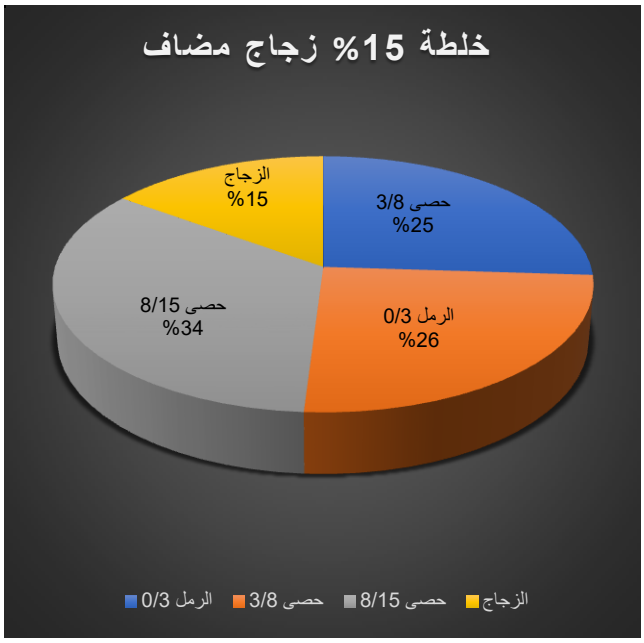
الشكل 10: نتائج تجربة التدرج الحبيبي لخلطة 10% زجاج مضاف



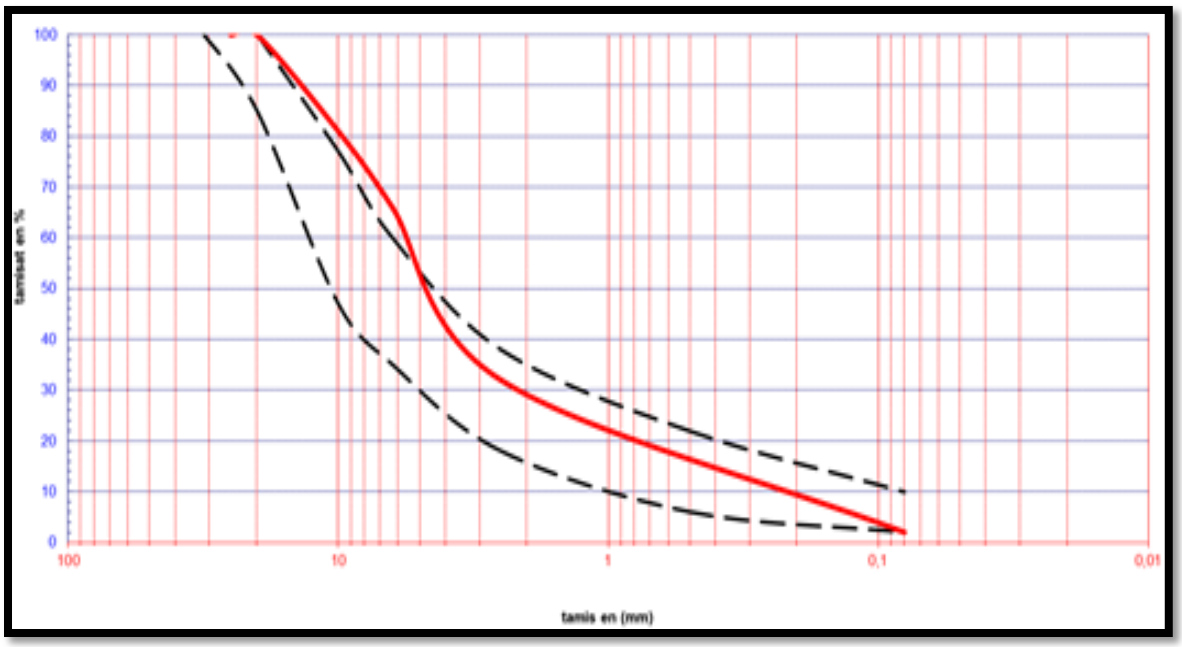
الشكل 11: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة 10% زجاج مضاف ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

جدول 9: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 15% زجاج مضاف

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
9	0,63
7	0,315
5	0,16
3	0,08



الشكل 12: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة 15% زجاج مضاف



الشكل 13: منحنى التحليل الحبيبي للخلطة15% زجاج مضاف ضمن الحزمة النظامية المطلوبة

ملاحظة: تظهر منحنيات التدرج الحبيبي للتركيبات الاربعة عدم خروج المنحى عن الحزمة النظامية المطلوبة مما يبين ان كل الخلطات لها تدرج جيد لأحجام الجسيمات الحصوية رغم إضافة الزجاج المعاد تدويره.

5. ملخص نتائج الاختبارات:

الجدول 10: ملخص نتائج الاختبارات

اختبارات	حصى من فئة 8/15 و3/8		رمل 0/3	النتائج	التوصيات
اختبار النظافة	0.54	0.93	–	P %	**أقل من2%**
اختبار التسطيح	19.22	21.55	–	A %	**أقل من20%**
اختبار لوس انجلس	24.02		–	فئة 10/14 %	**أقل من25%**
اختبار ميكرودوفال	23.51		–	فئة 10/14%	**أقل من20%**
مكافئ الرمل	–		49.4	10 % في عينة	**أكثر من45%**
اختبار أزرق الميثالين	–		0.64	V_B	**أقل من 1**
الكثلة الحجمية	2.61	2.61	2.60	المطلق (ط/م^3)	–
	1.42	**1.36**	**1.43**	**الظاهرة (ط/م^3)**	

ملاحظة: من خلال قيامنا بتجارب المخبرية على المواد المستعملة نلاحظ انه حسب النتائج المتحصل عليها ان المواد الحصوية تحقق التوصيات المطلوبة.

الجدول 11: نتائج اختبارات للإسفلت

اختبار	وحدة	إسفلت	التوصيات
اِختراق	مم 10/1في 25°C	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**

ملاحظة: من خلال قيامنا بتجارب المخبرية على الإسفلت نلاحظ انه حسب النتائج المتحصل عليها ان الإسفلت المستعمل في التركيبات يحقق االتوصيات المطلوبة.

الجدول 12: نتائج اختبار كيميائي للغضار

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

6. خلاصة الفصل:

تناولنا خلال هذا المحور مجموعة الاختبارات على المواد المستعملة في تصميم خلاطات الإسفلتية المراد دراستها بداية بتدرج الحبيبي للتركيبات التي تحتوي على نسب مختلفة من الزجاج المعاد تدويره ثم نتائج تجارب اختبار البيتومين.

الفصل الخامس

الدراسة التجريبية للعينات

الفصل الخامس: "الدراسة التجريبية للعينات"

1. تمهيد

تتطلب خصائص الخلطات البيتومينية مجموعة متنوعة من الاختبارات التي تجريها العديد من المختبرات في جميع أنحاء العالم من أشهرها: (اختبار مارشال، اختبار التخدد).

يُشار إلى هذه الاختبارات أحيانًا باسم "اختبارات الطرق" التي تعطي معلومات حول خصائص المقاومة الميكانيكية للإسفلت واستقراره لضغط معين.

2. تجربة "مارشال" (NF 98-251-2)

مبدأ الاختبار تحديد ثبات وانسياب عينة مدموكة من الخلطة الإسفلتية وتحديد نسبة الإسفلت المثلى.

الصورة 19: لجهاز اختبار مارشال

هدف الاختبار

يسمح الاختبار بتقييم أداء الخرسانة البيتومينية على مستويات ضغط مختلفة، كما يسمح إلى حد ما بالتنبؤ بما إذا كانت الخرسانة الإسفلتية ستكون مستقرة تحت حركة المرور أو على العكس ستميل إلى الزحف.

الجدول 13: ملخص نتائج اختبار مارشال

الاستقرار في اختبار مارشال (كلغ)						
الاكتناز	%	94.70	96.50	95.90	95.70	**≤ 97**
استقرار مارشال	كلغ	1622	1781	1775	1502	**> 1050**
زحف مارشال	**مم**	**2.92**	**3.10**	**3.18**	**3.53**	**≤ 4**

3. تحديد نسبة محتوى الرابط البيتومينى (TL)

يتم تحديد محتوى هذا الرابط كنسبة مئوية من وزن الركام ويتم إعطاء محتوى الموثق الأمثل، اعتماداً على السطح المحدد للركام بالصيغة التجريبية التالية:

$$\alpha = 2.65 / \gamma G$$

"γG" هي الكثلة الحجمية الحقيقية للحصى.

K: معامل الوفرة.

Σ: مساحة سطح تقليدية محددة.

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

ا–قياس السطح المحدد:

G: نسبة العناصر أكبر من 6.3 مم

S: نسبة العناصر بين 6.3 و 0.315 مم

s: نسبة العناصر بين 0.315 و 0.08 مم

f: نسبة العناصر أقل من 0.08 مم

4. تجربة مكبس القص الدوراني (PCG) (NF EN 12697-31)

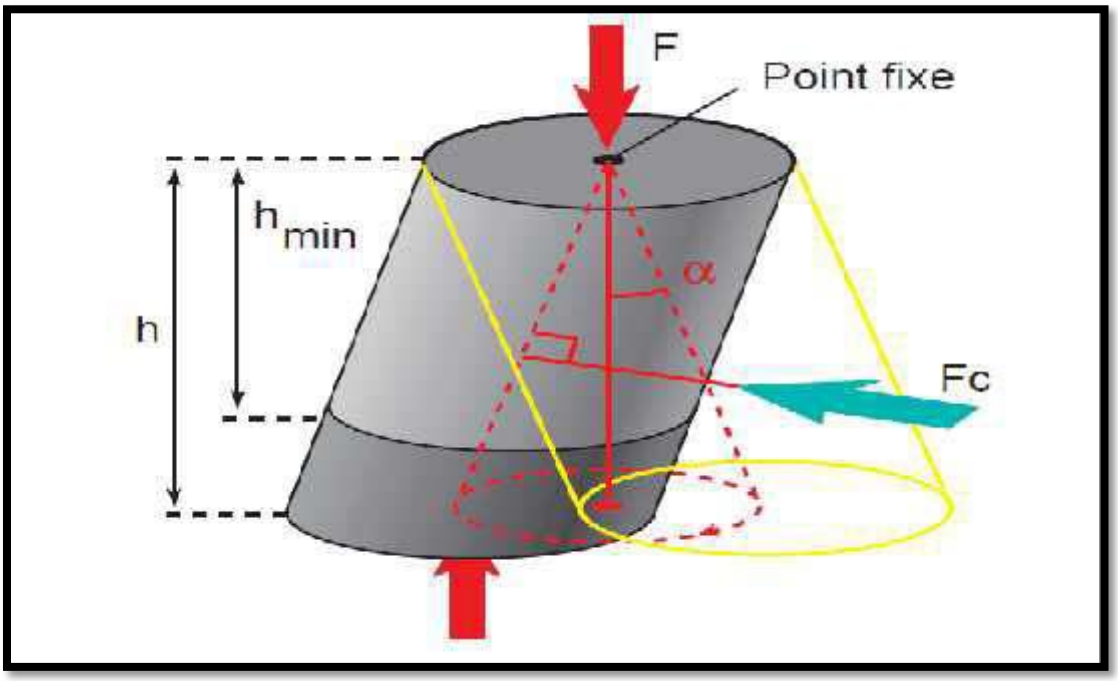
يعتبر ضغط المخاليط الإسفلتية عملية مهمة في تكنولوجيا الطرق ، لأنها تضم متانة الطلاء وتؤثر على خصائصه الميكانيكية ومقاومته للعوامل الفيزيائية في المخبر.

الصورة 20: جهاز PCG

1.2. 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 150مم أو 160مم. يتم تطبيق 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 الدور مع 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 . يتوقف الاختبار تلقائيًا بعد 200 دورة.



الشكل 14: مبدأتجربة القص الدوراني

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

H: الارتفاع الواضح للدوران.

F: القوة المحورية.

Fc:قوة القص.

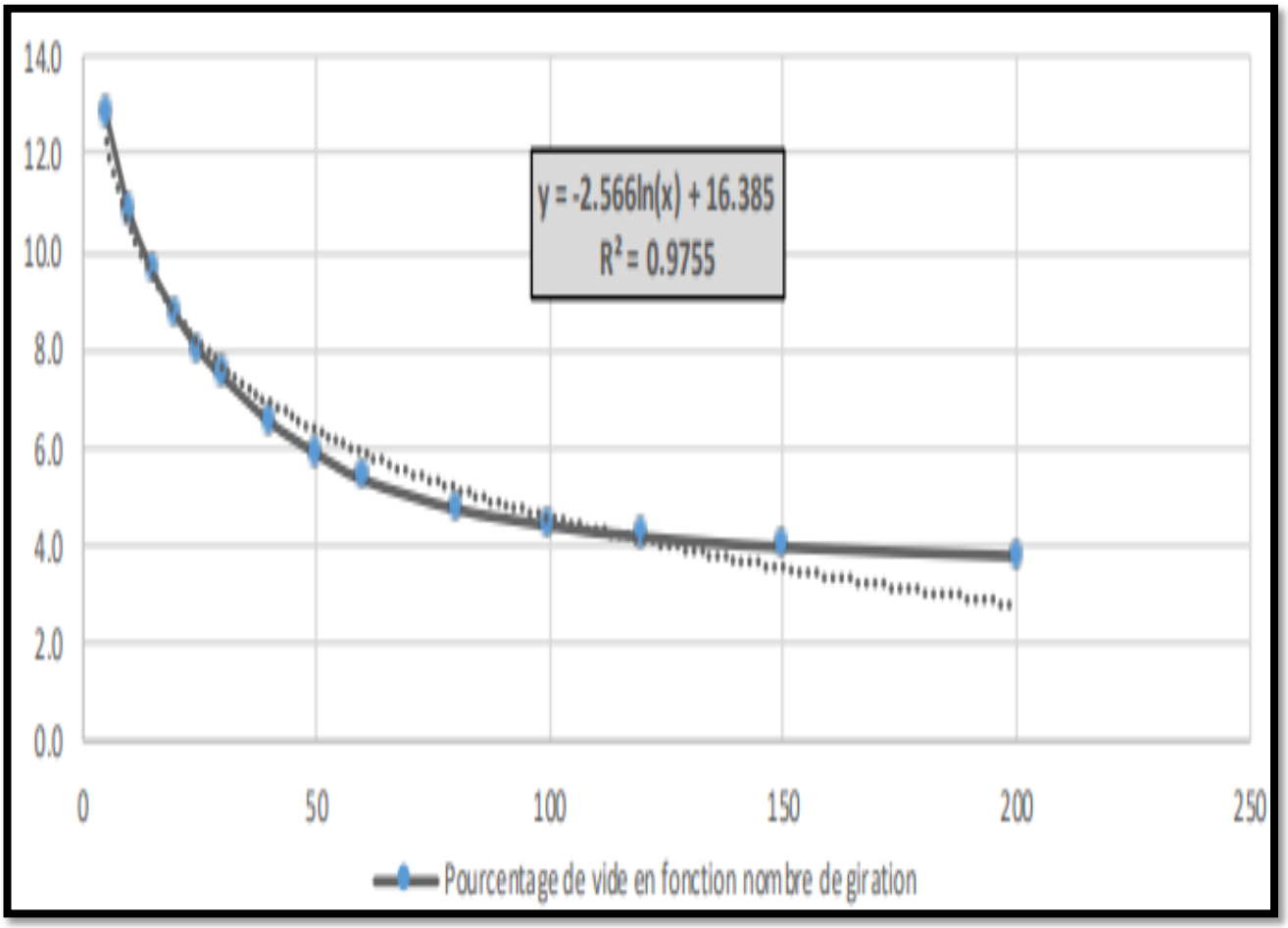
α: زاوية الميل

5 نتائج التجربة

❖ الخلطة الاولى 0% زجاج مضاف

شروط الاختبار	
درجة حرارة الضغط	160
زاوية الميل	0.82
سرعة الدوران	30rpm
الضغط	6 bar

المعامل K	كثلة العينة(كلغ)	قطر القالب (مم)	H_{min}	MVR (kg/m^3)
/	4.76	150	110	2450



الشكل 15: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عددا لدورات للخلطة 0% زجاج مضاف

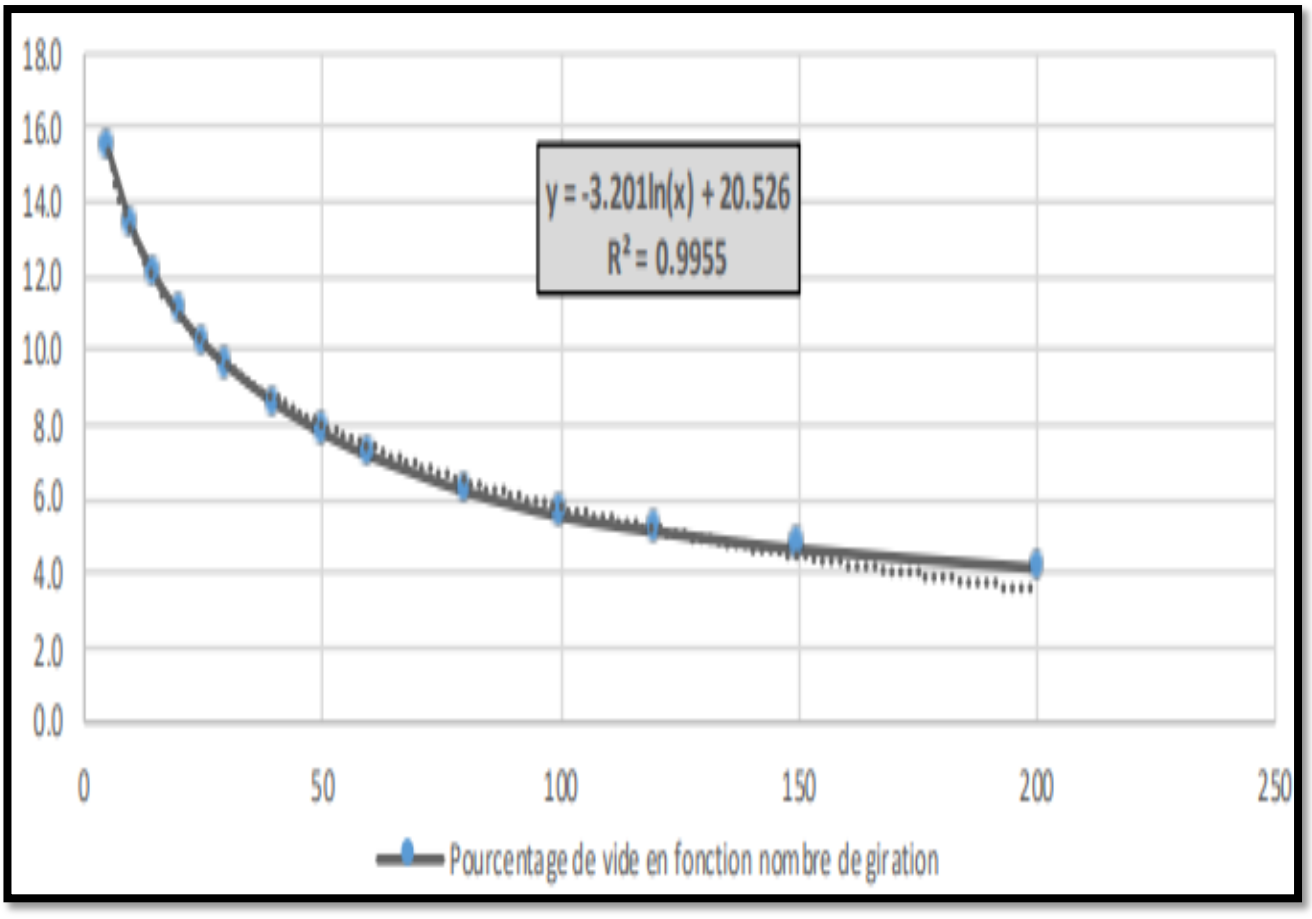
الجدول 14: نتائج تجربةPCGعلى التركيبة 0% زجاج مضاف

قطعة الاختبار	1	2	3	متوسط الارتفاع (مم)	الكثلة الحجمية (kg/m^3)	مؤشر الفراغ (%)	CV
درجة الحرارة							
الدوران	الارتفاع(مم)						
5	124.859	127.324		126.1	2137.3	12.80	1.38
10	122.252	124.338		123.3	2185.8	10.80	1.20
15	120.701	122.577		121.6	2215.6	9.60	1.09
20	119.640	109.57		120.5	2237.2	8.70	0.96
25	118.810	120.22		119.5	2254.9	8.00	0.83
30	118.204	119.45		118.8	2268.0	7.40	0.74
40	117.189	118.141		117.7	2290.4	6.50	0.57
50	116.527	117.189		116.9	2306.2	5.90	0.40
60	115.996	116.403		116.2	2319.3	5.30	0.25
80	**115.59**	**115.34**		**115.5**	**2334.0**	**4.70**	**0.15**
100	115.401	114.718		115.1	2342.2	4.40	0.42
120	115.213	114.347		114.8	2347.9	4.20	0.53
150	114.998	114.068		114.5	2353.0	4.00	0.57
200	114.84	113.791		114.3	2357.5	3.80	0.65

❖ ***الخلطة الثانية 5% زجاج مضاف***

شروط الاختبار	
درجة حرارة الضغط	160
زاوية الميل	0.82
سرعة الدوران	30rpm
الضغط	6 bar

المعامل K	كثلة العينة(كلغ)	قطر القالب (مم)	H_{min}	MVR (kg/m^3)
/	4.76	150	110	2450



الشكل 16: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات للخلطة 5% زجاج مضاف

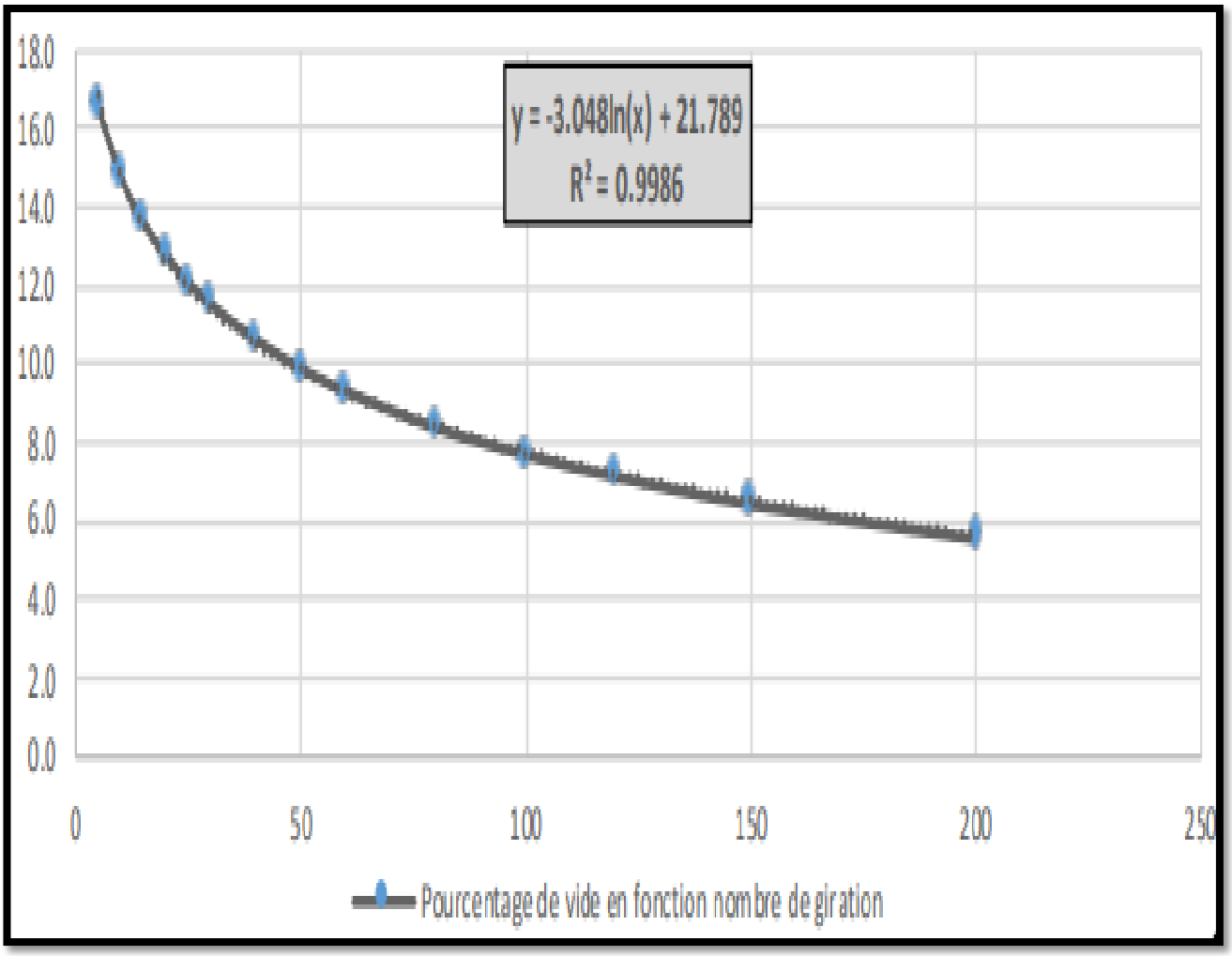
الجدول 15: نتائج تجربة PCGعلى التركيبة 5% زجاج مضاف

قطعة الاختبار	1	2	3	متوسط الارتفاع(مم)	الكثلة الحجمية (kg/m^3)	مؤشر الفراغ (%)	CV
درجة الحرارة							
الدوران	الارتفاع(مم)						
5	132.687	127.491		130.1	2071.6	15.4	2.82
10	129.340	124.536		126.9	2123.1	13.3	2.68
15	127.259	122.710		125.0	2156.2	12.0	2.57
20	125.779	121.379		123.6	2180.8	11.0	2.52
25	124.633	120379		122.5	2199.9	10.2	2.46
30	123.785	119.577		121.7	2214.8	9.6	2.45
40	122.384	118.298		120.3	2239.4	8.6	2.40
50	121.283	117.314		119.3	2259.0	7.8	2.35
60	120.442	116.558		118.5	2274.2	7.2	2.32
80	**119.13**	**115.463**		**117.3**	**2297.6**	**6.2**	**2.21**
100	118.078	114.840		116.5	2314.1	5.5	1.97
120	117.412	114.500		116.0	2324.1	5.1	1.78
150	116.558	114.194		115.4	2335.8	4.7	1.45
200	115.590	113.947		114.8	2348.2	4.2	1.01

❖ الخلطة الثالثة 10% زجاج مضاف

شروط الاختبار	
درجة حرارة الضغط	160
زاوية الميل	0.82
سرعة الدوران	30rpm
الضغط	6 bar

المعامل K	كثلة العينة(كلغ)	قطر القالب (مم)	H_{min}	MVR (kg/m^3)
/	4.76	150	110	2450



الشكل 17: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات للخلطة 10% زجاج مضاف

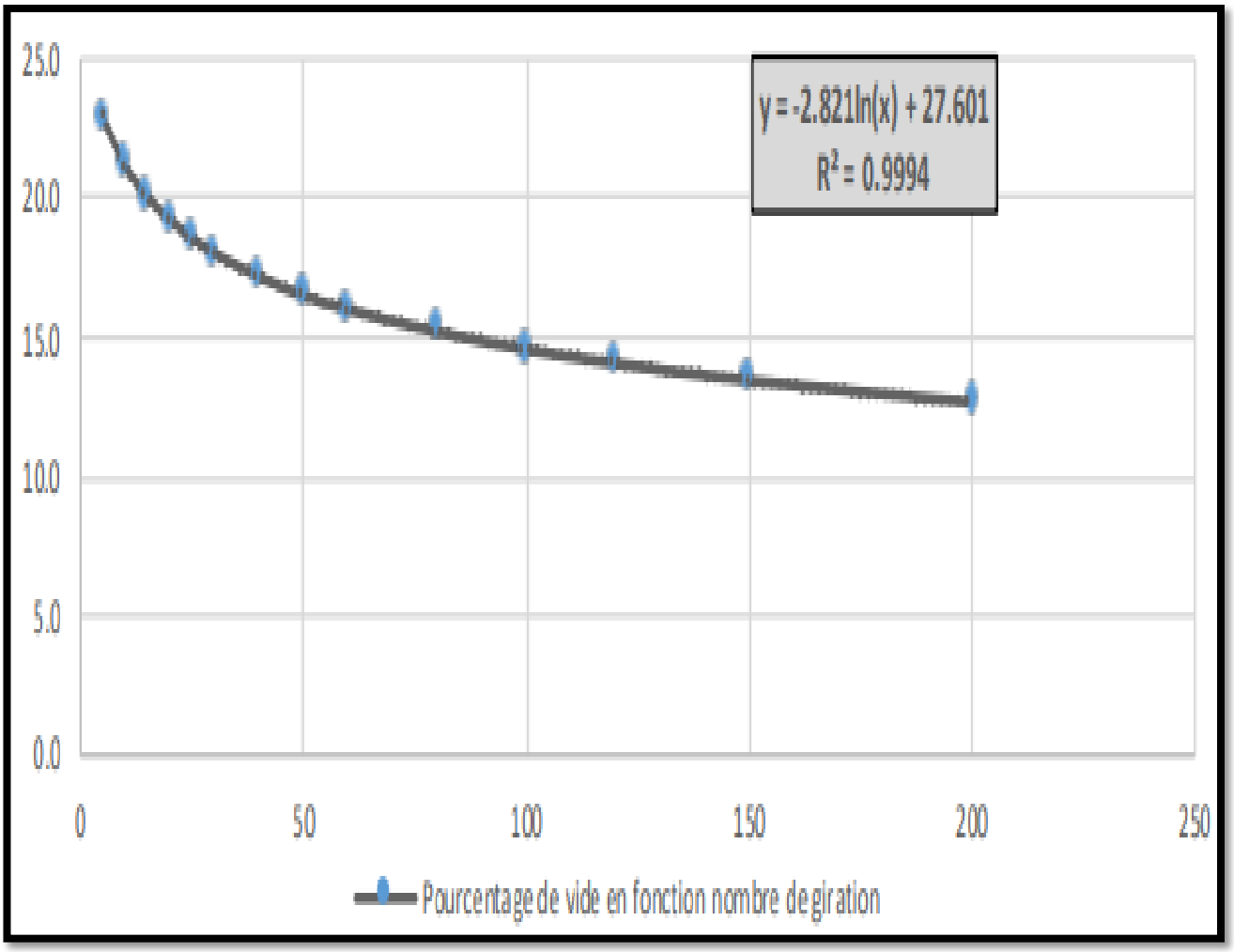
الجدول 16: نتائج تجربة PCG على التركيبة 10% زجاج مضاف

CV	مؤشر الفراغ (%)	الكثلة الحجمية (kg/m^3)	متوسط الارتفاع(مم)	3	2	1	قطعة الاختبار
							درجة الحرارة
				الارتفاع(مم)			الدوران
1.96	16.6	2044.4	131.8		129.999	133.648	5
1.90	14.8	2087.6	129.1		127.357	130.830	10
1.87	13.6	2116.0	127.4		125.682	129.042	15
1.77	12.8	2136.4	126.1		124.568	127.720	20
1.72	12.1	2153.5	125.1		123.619	126.665	25
1.64	11.5	2167.4	124.3		122.903	125.779	30
1.50	10.6	2189.2	123.1		121.799	124.402	40
1.39	9.9	2207.3	122.1		120.896	123.293	50
1.26	9.3	2221.7	121.3		120.220	122.384	60
1.12	**8.4**	**2244.4**	**120.1**		**119.13**	**121.024**	**80**
1.04	7.7	2261.3	119.2		118.298	120.057	100
1.03	7.1	2275.0	118.5		117.600	119.320	120
1.01	6.4	2292.5	117.6		116.718	118.396	150
0.99	5.6	2313.9	116.5		115.652	117.283	200

❖ الخلطة الرابعة 15% زجاج مضاف

شروط الاختبار	
درجة حرارة الضغط	160
زاوية الميل	0.82
سرعة الدوران	30rpm
الضغط	6 bar

المعامل K	كثلة العينة(كلغ)	قطر القالب (مم)	H_{min}	MVR (kg/m^3)
/	4.76	150	110	2450

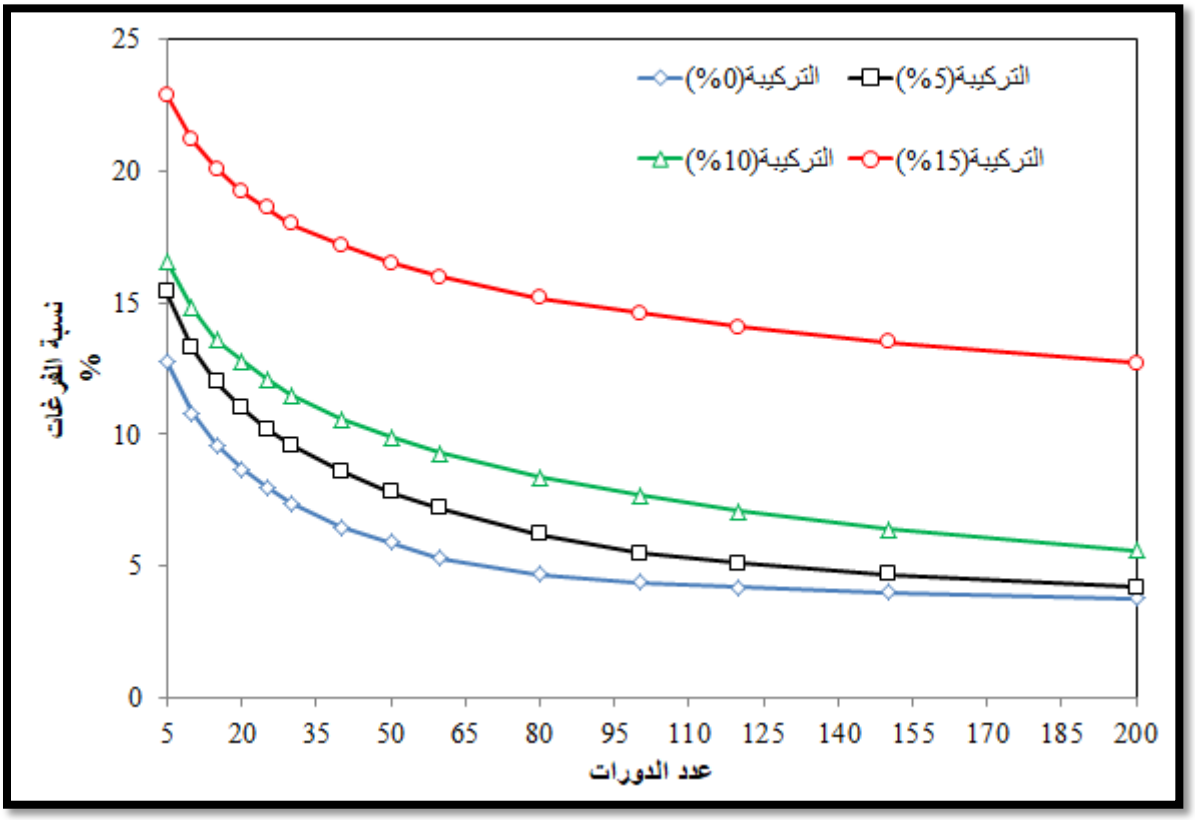


الشكل 18: منحنى نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات للخلطة15% زجاج مضاف

الجدول 17: نتائج تجربةPCGعلى التركيبة 15% زجاج مضاف

قطعة الاختبار	1	2	3	متوسط الارتفاع(مم)	الكثلة الحجمية (kg/m^3)	مؤشر الفراغ (%)	CV
درجة الحرارة							
الدوران	الارتفاع(مم)						
5	148.776	136.474		142.6	1889.6	22.9	6.10
10	145.573	133.517		139.5	1931.3	21.2	6.11
15	143.549	131.658		137.6	1958.5	20.1	6.11
20	142.057	130.363		136.2	1978.5	19.2	6.07
25	140.961	129.275		135.1	1994.5	18.6	6.12
30	139..963	128.478		134.2	2007.9	18.0	6.05
40	138.468	127.162		132.8	2029.1	17.2	6.02
50	137.370	126.141		131.8	2045.4	16.5	6.03
60	136.507	125.418		131.0.	2057.8	16.0	5.99
80	**135.246**	**124.208**		**129.7**	**2077.4**	**15.2**	**6.02**
100	134.182	123.325		128.8	2093.1	14.6	5.96
120	133.385	122.641		128.0	2105.2	14.1	5.93
150	132.421	121.799		127.1	2120.2	13.5	5.91
200	131.293	120.637		126.0	2139.5	12.7	5.98

7. ملخص نتائج تجربة القص الدوراني (PCG)



شكل 19: منحنى البياني يمثل نسبة الفراغات بدلالة عدد الدورات للتركيبات الأربعة

ملاحظة: نلاحظ من خلال المنحنى البياني انه كلما زادت عدد الدورات نقصت نسبة الفراغات و كلما زادت نسبة الزجاج في الخلطة زادت نسبة الفراغات حيث اثرت نسبة 15%على نسبة الفراغات بشكل كبير.

8. مناقشة النتائج المتحصل عليها

تبين من خلال النتائج المتحصل عليها انه هناك انخفاض في نسبة الفراغات في كل التركيبات مع زيادة عدد الدورات .

- **عند الدورة (80)**

بالنسبة للتركيبة الثانية التي تحتوي على نسبة 5% من الزجاج المعاد تدويره مقارنة مع التركيبة الأولى (المرجعية) ان هناك زيادة طفيفة بنسبة 1,5% في نسبة الفراغات مقارنة مع التركيبات الأخرى (10%و 15%)

- **عند الدورة (200)**

بالنسبة للتركيبة الثانية التي تحتوي على نسبة 5% من الزجاج المعاد تدويره مقارنة مع التركيبة الأولى (المرجعية) هناك زيادة في نسبة الفراغات بنسبة 0,4% اي زيادة اقل مقارنة بالتركيبتين 10% و 15% .

تبين ان الخرسانة الاسفلتية التي تحتوي على نسبة 5% من الزجاج المعاد تدويره هي التركيبة الأحسن من حيث نسبة الفراغات عند الدورة الاخيرة 200.

الخلاصة العامة

سمحت منهجية العمل بالفصل بين دور الرمل ودور الزجاج المعاد تدويره المضاف إلى الخلطة البيتومينية ودراسة تأثير هذه المادة في حقل واسع من التغيرات , عيار الرمل , نسبة الزجاج.

يتصرف الزجاج المعاد تدويره وفق آليتين متوازيتين:

الآلية الأولى ترتبط بالسطح النوعي للزجاج المعاد تدويره والآلية الثانية ترتبط بالخصائص الميكانيكية والطبيعة الفلزية لهذه الحبيبات وخاصة عدم امتصاصها للماء و الانخفاض النسبي لزاوية الاحتكاك الداخلي في الخلطة الخرسانية سمة تساعد في زيادة الهبوط ونقص في حجم الهواء وزيادة في تراص الخلطة الإسفلتية وتحسين مقاومته.

يمكن ان يساهم الزجاج المعاد تدويره بشكل ملحوظ في رفع أداء الإضافات الكيميائية وزيادة التشغيل من ناحية وزيادة اكتناز الخلطة ومقاومتها على الضغط من ناحية ثانية وهذا بفضل الطبيعة الغير ماصة للزجاج وزاوية احتكاكه الداخلي.

الاتجاه الحالي هو تكييف تكنولوجيا الطرق مع استخدام المواد على وجه الخصوص الزجاج المعاد تدويره للتقليص من النفايات و استخدامه على احسن وجه. مما يجعلنا نفكر في كيفية استغلاله في مجال الطرقات حيث قمنا بخلطه مع مكونات الخرسانة الاسفلتية بشرط الحصول على خصائص ميكانيكية مقبولة .

قمنا انطلاقا بمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لمكونات الخرسانة الإسفلتية

- ❖ الزجاج المستعمل في هذه الدراسة هو زجاج القارورات قمنا بطحنه يدويا.

وحسب الملاحظات والنتائج المتحصل عليها من التجارب المعمولة وجدنا انها مقبولة وتسير مع التوصيات اللازمة .

- الهدف 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 انخفضت تحت 4% فهذا يعني ان الخليط سهل الرص ولا يحتاج الى حمولة كبيرة.[17]

بالنسبة لعملنا زادت قابلية الرص بالمقارنة مع التركيبة الأولى (المرجعية) يعني ان اضافة الزجاج له تأثير الايجابي.

وفي نهاية الدراسة نستطيع القول ان:

✓ النتائج مقبولة نوعا ما عند النسبة 5 %.

المراجع البيبليوغرافية :

[1]: كتاب هندسة الطرق, احمد ابو عودة, 2014.

[2]: تصميم طبقات الرصف الطرقي, ايمن لفلوف, جامعة حماه

[3]: كتاب تصميم الخلطات الاسفلتية, احمد محمد الشريف, شركة التطوير للتنمية العمرانية المشتركة

[4]: httpds://corina.fr/technologie/les.fondament-aux-du-compactage-des-chaussee

[5]: كتاب تصميم الخلطات الإسفلتية للطرق, المهندس أراس عبدالله صابر عثمان.

[6]: http://www.startimes.com//

[7]: مذكرة الأسس النظرية والتطبيقية لتصميم الخلطات الإسفلتية, حسين كمال علبة و اياد امير صقور, 2016

[8]: https ://www.almarif.ahlmontada.com//

[9]: كتاب دراسة فنية لجزء من الطريق, مدوري يوسف و زوالي عبد الحفيظ.

[10]: مذكرة ماستر جامعة ورقلة الأسس النظرية والتطبيقية لتصميم الخلطات الإسفلتية, حسين اياد,2016.

[11]: http://www.facebook.com/-batch-plant-and-asphalt-plant

[12]: https://corina.fr/technologie/les.fondament-aux-du compactage-des-chaussee

[13]: http://guide-diretindustry.com/fr

[14]: http://www.planete-tp-com/routier-html

[15] : مذكرة ماجستير رفع كفاءة الخلطة البيتونية باستخدام مطحون زجاج, شيرازاد عيسى اسماعيل, 2015.

[16]: Caractérisation d'un enrobé bitumineux haute performance incorporant du verre recyclé et son impact sur les performances de cet enrobé . montréal . le septembre 2017

[17]: Essai à la presse à cisaillement giratoire Expérience d'exactitude

الملحقات

ملحقات :

التركيبة 0% :

مخبر الأشغال العمومية في جنوب البلاد
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
SPA AU CAPITALE DE :303.000.000 DA
Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
+213 (0) 29 25 27 44 BP 332 - 47000 Ghardaïa Contact@ltps.dz www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A COMPACTAGE GIRATOIRE

NF EN 12697 - 31 (2019)

PV N° : 03/PCG/ 2020 version (*) : 00

Structure	DT	Balance N°	L022.15.S.046
N° dossier interne	UKMO-MAS-2022	Etuve N°	L039.17.S.001
Date de la demande d'essai	May-22	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**) :	Mélange

Méthode de production : **Laboratoire** ☒ **Chantier** -

COMPOSITION (1)		(%)
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction	SD	0
Additif		
Filler		
Liant		

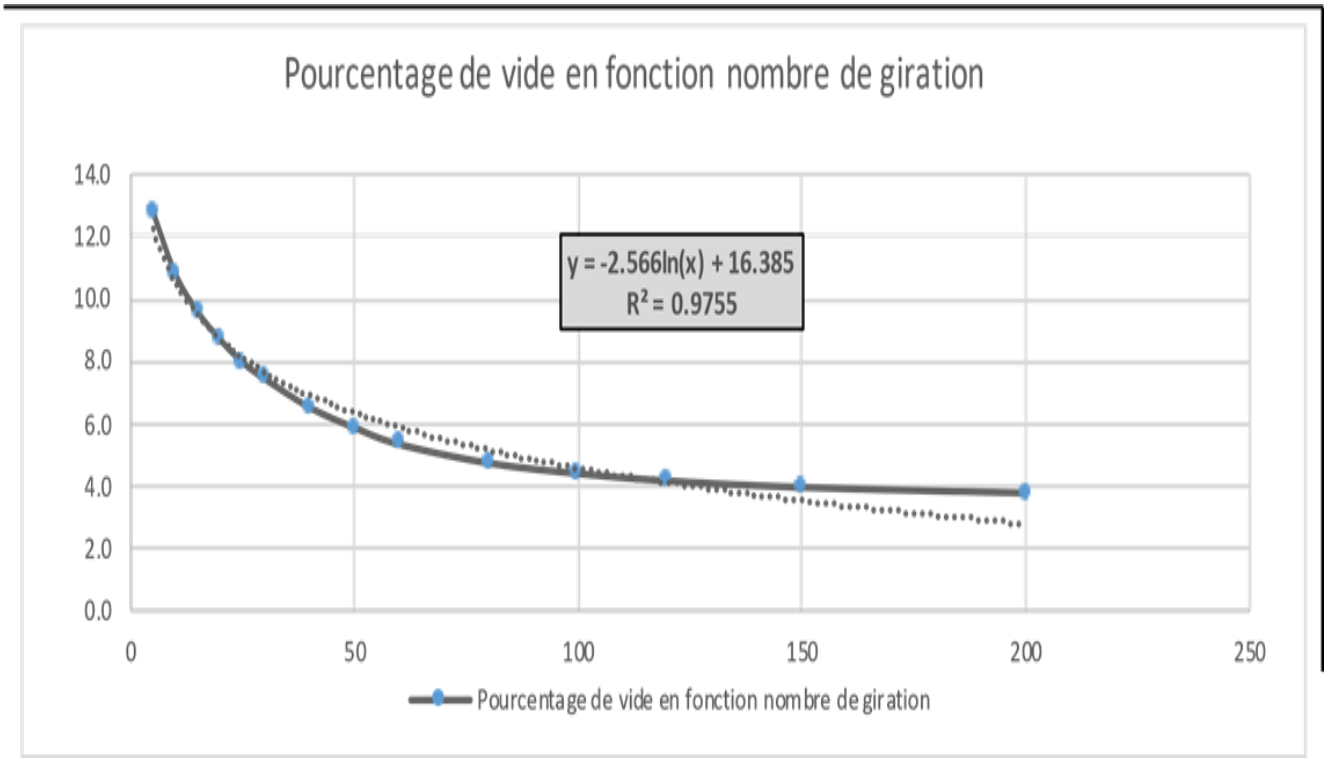
Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	17/5/2022
Date de confection des éprouvettes	17/5/2022
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82°
Vitesse de rotation	30 rpm
Pression	6 bars

Information de l'essai

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2450	**110**	**150**	**4.76**	/

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	155	151	/				
Girations	Hauteur (mm)						
5	124.859	127.324		126.1	2137.3	12.8	1.38
10	122.252	124.338		123.3	2185.8	10.8	1.20
15	120.701	122.577		121.6	2215.6	9.6	1.09
20	119.64	121.283		120.5	2237.2	8.7	0.96
25	118.81	120.22		119.5	2254.9	8.0	0.83
30	118.204	119.45		118.8	2268.0	7.4	0.74
40	117.189	118.141		117.7	2290.4	6.5	0.57
50	116.527	117.189		116.9	2306.2	5.9	0.40
60	115.996	116.403		116.2	2319.3	5.3	0.25
80	115.59	115.34		115.5	2334.0	4.7	0.15
100	115.401	114.718		115.1	2342.2	4.4	0.42
120	115.213	114.347		114.8	2347.9	4.2	0.53
150	114.998	114.068		114.5	2353.0	4.0	0.57
200	114.84	113.791		114.3	2357.5	3.8	0.65

(1): valeur transmis par le client



(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « **gras** », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « **observation** » du rapport.

(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation ».

Date de réception d'échantillon: 16/05/2022 Date d'essai : 17/05/2022 Date de rapport : 23/05/2022	Nom et Prénom du Contrôleur :BOUCHERBA MED Visa : _____

- Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai.
- Les échantillons ont été fournis par le client, les résultats de ce rapport s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus. (Article 7.8.2.2 de ISO 17025)
- Le laboratoire n'est pas responsable sur les informations fournis par le client.
- L'estimation de l'incertitude de mesure sur le résultat peut être communiquée à la demande de client. •
  Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note).

fin rapport

التركيبة 5% :

مخبر الأشغال العمومية في جنوب البلاد
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
SPA AU CAPITALE DE :303.000.000 DA
Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
+213 (0) 29 25 27 44 BP 332 - 47000 Ghardaïa Contact@ltps.dz www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A COMPACTAGE GIRATOIRE

NF EN 12697 - 31 (2019)

PV N° : 03/PCG/ 2020 version (*) : 00

Structure	DT	Balance N°	L022.15.S.046
N° dossier interne	UKMO-MAS-2022	Etuve N°	L039.17.S.001
Date de la demande d'essai	May-22	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**) :	Mélange

Méthode de production : **Laboratoire** ☒ **Chantier** -

COMPOSITION (1)		(%)
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction	SD	5
Additif		
Filler		
Liant		

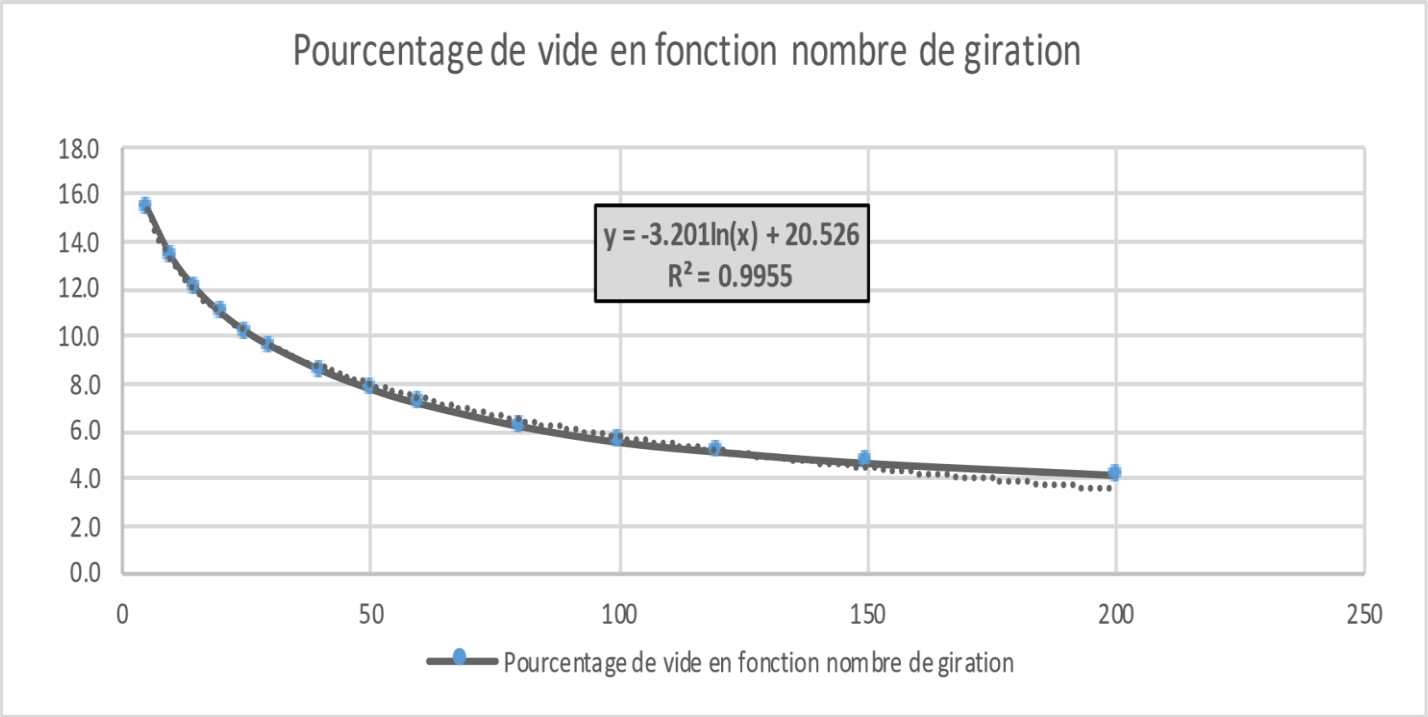
Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	17/5/2022
Date de confection des éprouvettes	17/5/2022
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82°
Vitesse de rotation	30 rpm
Pression	6 bars

Information de l'essai

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2450	**110**	**150**	**4.76**	/

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	155	151	/				
Girations	Hauteur (mm)						
5	132.687	127.491		130.1	2071.6	15.4	2.82
10	129.34	124.536		126.9	2123.1	13.3	2.68
15	127.259	122.71		125.0	2156.2	12.0	2.57
20	125.779	121.379		123.6	2180.8	11.0	2.52
25	124.633	120.379		122.5	2199.9	10.2	2.46
30	123.785	119.577		121.7	2214.8	9.6	2.45
40	122.384	118.298		120.3	2239.4	8.6	2.40
50	121.283	117.314		119.3	2259.0	7.8	2.35
60	120.442	116.558		118.5	2274.2	7.2	2.32
80	119.13	115.463		117.3	2297.6	6.2	2.21
100	118.078	114.84		116.5	2314.1	5.5	1.97
120	117.412	114.5		116.0	2324.1	5.1	1.78
150	116.558	114.194		115.4	2335.8	4.7	1.45
200	115.59	113.947		114.8	2348.2	4.2	1.01

(1): valeur transmis par le client



(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « **gras** explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « **observation** » du rapport.

(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation ».

Date de réception d'échantillon: 16/05/2022 Date d'essai : 17/05/2022 Date de rapport : 23/05/2022	Nom et Prénom du Contrôleur :BOUCHERBA MED Visa : _____

- Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai.
- Les échantillons ont été fournis par le client, les résultats de ce rapport s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus. (Article 7.8.2.2 de ISO 17025)
- Le laboratoire n'est pas responsable sur les informations fournis par le client.
- L'estimation de l'incertitude de mesure sur le résultat peut être communiquée à la demande de client. • Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note).

fin rapport

التركيبة 10%:

مخبر الأشغال العمومية في جنوب البلاد
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
SPA AU CAPITALE DE :303.000.000 DA
Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
+213 (0) 29 25 27 44 BP 332 - 47000 Ghardaïa Contact@ltps.dz www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A COMPACTAGE GIRATOIRE

NF EN 12697 - 31 (2019)

PV N° : 03/PCG/ 2020 version (*) : 00

Structure	DT	Balance N°	L022.15.S.046
N° dossier interne	UKMO-MAS-2022	Etuve N°	L039.17.S.001
Date de la demande d'essai	May-22	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**) :	Mélange

Méthode de production : **Laboratoire** ☒ **Chantier** -

COMPOSITION (1)		(%)
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction	SD	10
Additif		
Filler		
Liant		

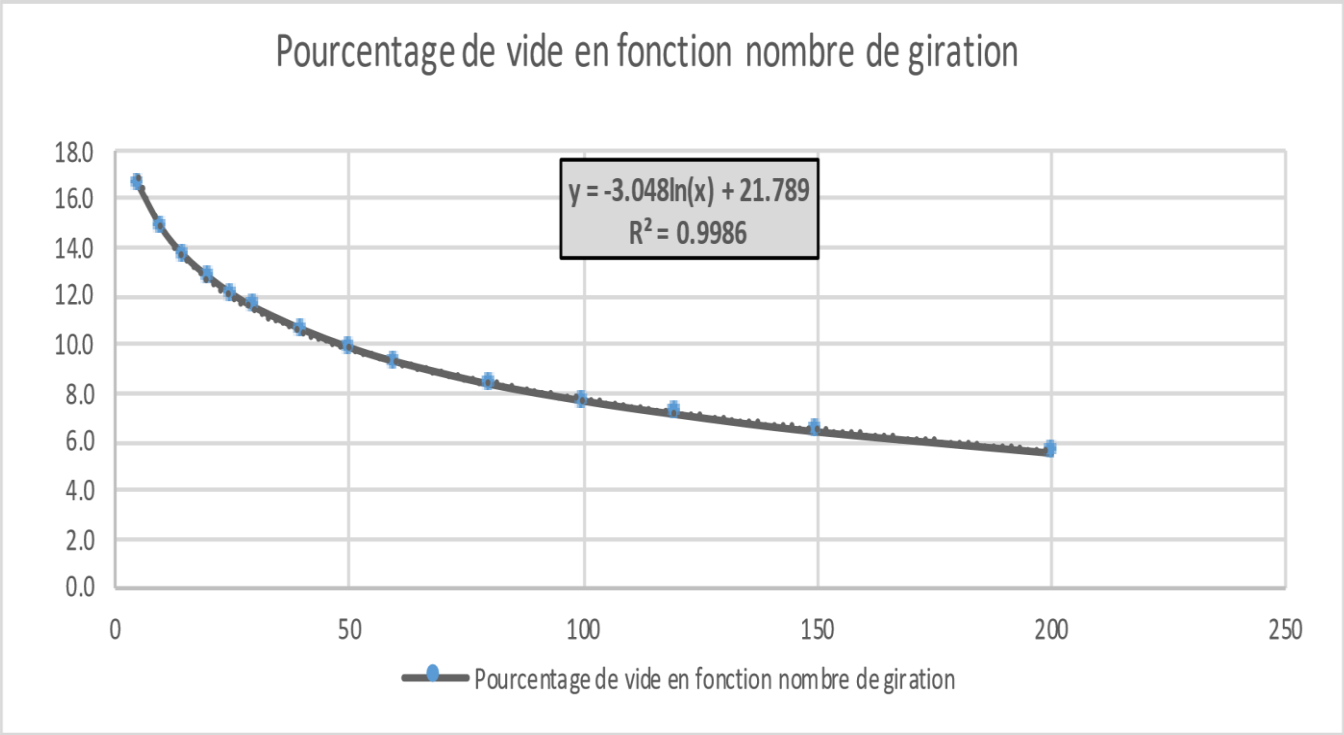
Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	17/5/2022
Date de confection des éprouvettes	17/5/2022
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82°
Vitesse de rotation	30 rpm
Pression	6 bars

Information de l'essai

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2450	**110**	**150**	**4.76**	/

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	155	151	/				
Girations	Hauteur (mm)						
5	133.648	129.999		131.8	2044.4	16.6	1.96
10	130.83	127.357		129.1	2087.6	14.8	1.90
15	129.042	125.682		127.4	2116.0	13.6	1.87
20	127.72	124.568		126.1	2136.4	12.8	1.77
25	126.665	123.619		125.1	2153.5	12.1	1.72
30	125.779	122.903		124.3	2167.4	11.5	1.64
40	124.402	121.799		123.1	2189.2	10.6	1.50
50	123.293	120.896		122.1	2207.3	9.9	1.39
60	122.384	120.22		121.3	2221.7	9.3	1.26
80	121.024	119.13		120.1	2244.4	8.4	1.12
100	120.057	118.298		119.2	2261.3	7.7	1.04
120	119.32	117.6		118.5	2275.0	7.1	1.03
150	118.396	116.718		117.6	2292.5	6.4	1.01
200	117.283	115.652		116.5	2313.9	5.6	0.99

(1): valeur transmis par le client



(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « **gras** », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « **observation** » du rapport.

(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation ».

Date de réception d'échantillon: 16/05/2022 Date d'essai : 17/05/2022 Date de rapport : 23/05/2022	Nom et Prénom du Contrôleur :BOUCHERBA MED Visa : _____

- Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai.
- Les échantillons ont été fournis par le client, les résultats de ce rapport s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus. (Article 7.8.2.2 de ISO 17025)
- Le laboratoire n'est pas responsable sur les informations fournis par le client.
- L'estimation de l'incertitude de mesure sur le résultat peut être communiquée à la demande de client.
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note).

Fin rapport

التركيبة 15%:

مخبر الأشغال العمومية في جنوب البلاد
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
SPA AU CAPITALE DE :303.000.000 DA
Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
+213 (0) 29 25 27 44 BP 332 - 47000 Ghardaïa Contact@ltps.dz www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A COMPACTAGE GIRATOIRE

NF EN 12697 - 31 (2019)

PV N° : 03/PCG/ 2020 version (*) : 00

Structure	DT	Balance N°	L022.15.S.046
N° dossier interne	UKMO-MAS-2022	Etuve N°	L039.17.S.001
Date de la demande d'essai	May-22	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**) :	Mélange

Méthode de production : **Laboratoire** ☒ **Chantier** -

COMPOSITION (1)		(%)
Fraction		
Fraction		
Fraction		
Fraction	SD	15
Additif		
Filler		
Liant		

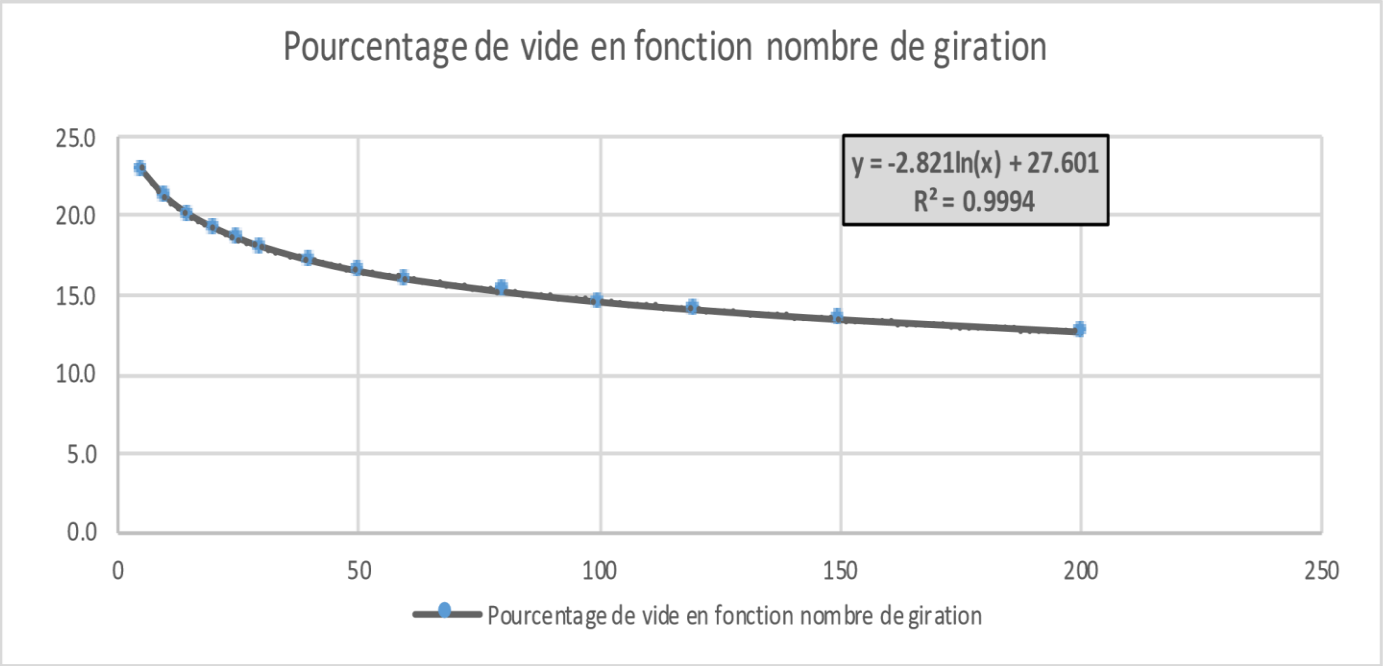
Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	17/5/2022
Date de confection des éprouvettes	17/5/2022
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82°
Vitesse de rotation	30 rpm
Pression	6 bars

Information de l'essai

MVR (kg/m^3) (1)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2450	**110**	**150**	**4.76**	/

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m^3)	Indice de vide (%)	CV
Température	155	151	/				
Girations	Hauteur (mm)						
5	148.776	136.474		142.6	1889.6	22.9	6.10
10	145.573	133.517		139.5	1931.3	21.2	6.11
15	143.549	131.658		137.6	1958.5	20.1	6.11
20	142.057	130.363		136.2	1978.5	19.2	6.07
25	140.961	129.275		135.1	1994.5	18.6	6.12
30	139.963	128.478		134.2	2007.9	18.0	6.05
40	138.468	127.162		132.8	2029.1	17.2	6.02
50	137.37	126.141		131.8	2045.4	16.5	6.03
60	136.507	125.418		131.0	2057.8	16.0	5.99
80	135.246	124.208		129.7	2077.4	15.2	6.02
100	134.182	123.325		128.8	2093.1	14.6	5.96
120	133.385	122.641		128.0	2105.2	14.1	5.93
150	132.421	121.799		127.1	2120.2	13.5	5.91
200	131.293	120.637		126.0	2139.5	12.7	5.98

(1): valeur transmis par le client



changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « **gras** », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « **observation** » du rapport.

(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation ».

Date de réception d'échantillon: 16/05/2022 Date d'essai : 17/05/2022 Date de rapport : 23/05/2022	Nom et Prénom du Contrôleur :BOUCHERBA MED Visa : _____

- Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai.
- Les échantillons ont été fournis par le client, les résultats de ce rapport s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus. (Article 7.8.2.2 de ISO 17025)
- Le laboratoire n'est pas responsable sur les informations fournis par le client.
- L'estimation de l'incertitude de mesure sur le résultat peut être communiquée à la demande de client.
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note).

fin rapport