الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح -ورقلة-

كلية العلوم التطبيقية

قسم: الهندسة المدنية والري

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

الماستر، شعبة: الهندسة المدنية

تخصص: دراسة ومراقبة العمارات والطرق

C:.....

R:.....

العنوان

دراسة تخدد الخرسانة الاسفلتية المصنوعة من حصى خرسانة البناء المستعملة

مقدمة من طرف:

- كماسي محمد ياسين
- هتهات مسعود

لجنة المناقشة مكونة من السادة:

قبائلي نبيل	أستاذ مساعد "ب"	جامعة ورقلة	رئيسا
حسيني سليمان	أستاذ مساعد "أ"	جامعة ورقلة	مناقشا
عيسى بن طاطا	أستاذ محاضر "أ"	جامعة ورقلة	مشرفا

السنة الجامعية: 2021/2020

إهـــداء

الحمد لله الذي أعاننا بالعلم ووفقنا فيه أكرمنا بالتقوى وأجملنا بالصحة بالعافية

أتقدم بإهداء عملي هذا المتواضع إلى:

الدرع الواقي والكنز الباقي، إلى من جعل العلم منبع اشتياقي، إلى امي العزيزة امنة وابي السعيد

وإلى رمز الصداقة زملاء الدراسة خاصة دفعة 2021.

إلى من هم انطلاقة الماضي، وعون الحاضر وسند المستقبل، الذين لا عيش بدونهم ولا متعة إلا برفقتهم إخوتي الأعزاء: **بلال، عبد الغاني، ابوبكر الصديق، فاطمة الزهراء مدينة، خليل الرحمان، ايناس تنهنان.**

إلى كل الأهل والأقارب على رأسهم: **كماسي عبد اللطيف**

إلى الزملاء: **صالح، فتحي، محمد، وليد، ابراهيم، أسامة، اسلام، عبد الرزاق، تالية، عاشورة، مروة، مبروكة، امينة، أسماء.**

الى رفيقة الحياة: **شيماء بازين**

وفي الأخير إن أحسنت فهذا من توفيق الله لي، وإن أخطاءت فمن نفسي والشيطان

"ربنا وفقنا لما تحب وترضى عليه"

كماسي محمد ياسين

إهـــداء

أهدي هذا العمل إلى من قال فيهما

"واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا "سورة الإسراء-24.

إلى الوالدين الكريمين رحمهما الله واسكنهما فسيح جنانه ورحمته،

إلى الإخوة والأخوات، إلى كل الأهل والأقارب،

إلى جميع الأصدقاء،

إلى كل من عرفته من قريب أو بعيد،

إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم

أساتذتي الأفاضل،

إلى كل من سقط سهوا من قلمي ولم يسقط من قلبي.

هتهات مسعود

شكر وتقدير

بعد أن من الله علينا بإنجاز هذا العمل، فإننا نتوجه إليه الله سبحانه و تعالى أولا و آخرا بكل المحامد و الثناء على فضله و كرمه التي غمرنا بهت فوفقنا إلى ما نحن فيه راجين منه دوام نعمه وكرمه، وانطلاقا من قوله صلى الله عليه وسلم: "من لا يشكر الناس لا يشكر الله"، فإننا نتقدم بالشكر والتقدير والعرفان إلى الأستاذ المشرف **"عيسى بن طاطا"**، على جهده المبذول في تأطيره لنا، و على نصائحه القيمة التي مهدت لنا الطريق لإتمام هذه الدراسة، فله منا فائق التقدير و الاحترام، كما نتوجه في هذا المقام بالشكر الخاص لأساتذتنا الذين رافقونا طيلة المشوار الدراسي ولم يبخلوا في تقديم يد العون لنا و خاصة الأساتذة: **جوهري محمد ,حسيني سليمان ,مزياني، مخرمش عبد السلام، خلو عبد الرزاق ,زنخري**

الى أساتذة قسم الهندسة المدنية والري دون استثناء

وندين بالشكر أيضا إلى كل عمال مؤسسة مخبر الأشغال العمومية للجنوب بورقلة ومسؤول المخبر **مراد فولاني** و**جمال قريشي**، غرداية على راسهم الدكتور **محمد بوشربة**، كل الذين ساعدونا من خلال تقديم جميع التسهيلات ومختلف التوضيحات والمعلومات المقدمة من طرفهم لإنجاز هذا البحث.

وفي الختام نشكر كل من ساعدنا وساهم في هذا العمل المتواضع سواء من قريب أو بعيد حتى ولو بكلمة طيبة أو ابتسامة عطرة.

الملخص

تشكل التشوهات الدائمة لطبقة السير وعلى راسها ظاهرة التخدد اهم الاضرار التي تعيق اداء طبقة السير وتحملها بصفة جيدة لحركة السير وسلامة الطرق.

دراسات كثيرة تناولت بصفة تجريبية امكانية تحسين مقاومة الطرق للتخدد وذالك بإدخال تعديلات في تركيب الخرسانة الاسفلتية.

وفي هاته الدراسة قمنا بإدخال تعديلات في الحصى المشكل للخرسانة الإسفلتية وتغييره بصفة جزئية بالحصى المعاد تدويره من الخرسانة الاسمنتية وهذا بهدف التقليل من نفايات البناء من جهة كعامل من عوامل الحفاظ على البيئة وكذا امكانية تحسين مقاومة الخرسانة الاسفلتية للتخدد.

بعد تحديد النسب المرجعية لكل المواد المشكلة للخرسانة الاسفلتية العادية قمنا بتغير نسب الحصى 8/3 واستبداله بالحصى المعاد تدويره من الخرسانة الاسمنتية وفق النسب التالية 10% , 20%و40%.

النتائج المتحصل عليها بينت ان هناك نسب من الحصى المعاد تدويره قد تكون جيدة في مقاومة الخرسانة الاسفلتية للتخدد.

الكلمات المفتاحية: خرسانة إسفلتية، تخدد، الحصى المدور، خرسانة إسمنتية.

Résumé

Les déformations permanentes de sant la couche de roulement, notamment le phénomène d'orniérage, parmi les dégradations les plus importants qui diminué le niveau de service de la couche de roulement et fait s'abaisser son aptitude de supporter le trafic en alvenant moins sécurisée.

Plusieurs études ont traité expérimentalement la possibilité d'améliorer la résistance des routes à l'orniérage en introduisant des modifications dans la formulation des bétons bitumineux.

Dans cette étude, nous avons mené des modifications au gravier utilisé dans un béton bitumineux ordinaires et l'avons changé progressivement par gravier recyclé issue du béton hydraulique, dans le but de réduire les déchets de construction d'une part comme facteur de préservation de l'environnement, ainsi que la possibilité d'améliorer la résistance du béton bitumineux à l'orniérage.

Après avoir déterminé les dosages de référence pour les matériaux constituants le béton bitumineux témoin, nous avons changé partiellement le dosage en gravier 3/8 et l'avons remplacé par du gravier recyclé à partir de béton hydraulique selon les .pourcentages suivants 10%, 20% et 40%.

Les resultants obtunds ont montré qu'il y a des pourcentages de graviers recyclés qui sert positivement la résistance du béton bitumineux à l'orniérage.

Mots clés: béton bitumineux, granulats recyclés, orniérage. Béton hydraulique

Summary

Permanent deformations of the traffic layer, especially the phenomenon of rutting, constitute the most important damage that hinders the performance of the traffic layer and its good tolerance for traffic and road safety.

Many studies have dealt experimentally with the possibility of improving the erosion resistance of roads by introducing modifications in the installation of asphalt concrete.

In this study, we made modifications in the gravel formed for asphalt concrete and partially changed it with the recycled gravel from cement concrete, with the aim of reducing construction waste on the one hand as a factor of environmental preservation, as well as the possibility of improving the resistance of asphalt concrete to erosion.

After determining the reference ratios for all materials formed for ordinary asphalt concrete, we changed the proportions of gravel 3/8 and replaced it with recycled gravel from cement concrete according to the following ratios 10%, 20% and 40%.

The results obtained showed that there are percentages of recycled gravel that may be good in the erosion resistance of asphalt concrete.

Key words: asphalt concrete, grooved, rounded gravel, cement concrete.

فهرس العناويـــــــــــــــــــــن

مقدمة عامة 01

الفصل الأول (الجانب النظري)

المحور الأول: "عموميـات حـول الطـرق والخـلـطـات الإسـفـلـتـيـة".....03

تمهيد 03
تعريف الطريق 03
العناصر المكونة للطريق..... 04
القطاع الانشائي لطرق..... 05
الاسفلت..... 06
الخرسانة البيتومينية..... 06
أنواع الخلطات الإسفلتية ومواصفاتها..... 06
مكونات الخلطة الإسفلتية..... 08
الخواص العامة لحصويات الطرق والاختبارات المخصصة لها.....10
الهدف من تصميم الخلطات الإسفلتية.....11
مراحل التصميم.....11
خاتمة المحور 12

المحور الثاني: "تدوير الخرسانة المستعملة واستعمالها في الطريق".....14

تمهيد 14
تعريف الخرسانة..... 14
إعادة تدوير حصى الخرسانة المستعملة في البناء..... 14
البيتومين (الزفت)..... 15
خاتمة المحور 17

المحور الثالث: عموميـات حـول "ظـــاهـــرة الـــتـــخـــدد"..... 19

تمهيد 19
ظاهرة التخدد..... 19
طريقة قياس التخدد..... 20
أسباب التخدد..... 20
عوامل المؤثرة في التخدد 25
إجراءات تساهم في مقاومة التخدد..... 26
علاج التخدد..... 28
خاتمة المحور 29

الفصل الثاني (الجانب التطبيقي)

المحور الأول "اختبار المواد المستعملة" 31

تمهيد 31
تحديد المواد المستعملة 31
المخطط الانسيابي لمنهجية اختبار العمل في المخبر 33
نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات 34
اختبار المواد 35

ملخص نتائج الاختبار 40
خاتمة المحور 40
المحور الثاني "اختبار خلطة الخرسانة الإسفلتية" 42
تمهيد 42
تجربة "درياز" 42
تجربة "مارشال" 43
تحديد نسبة محتوى الرابط البيتوميني (TL).....43
تجربة التخدد 46
حساب نسبة التخدد.....50
تحليل النتائج 55
خاتمة المحور 56
خاتمة عامة 57
قائمة المراجع 58

فهرس الأشكـــــــــال

الشكل رقم: 01 ... نموذج يوضح عناصر قطاع عرضي في طريق مستقيم 04
الشكل رقم: 02 .... نموذج عرضي لقطاع انشائي لمختلف طبقات الرصف..... 05
الشكل رقم: 03 ... الخرسانة الاسفلتية..... 06
الشكل رقم: 04 ... مقلع الحصى بن ابراهيم..... 08
الشكل رقم: 05 ... بودرة الفيلر 09
الشكل رقم: 06 ... المادة البوتمينية الرابطة في حالتها الصلبة 09
الشكل رقم 07 ... الة تحطيم الخرسانة.....15
الصورة رقم: 08 ...الاستخدامات الزفت في طلي الاسطح 16
الشكل رقم: 09 ... لظاهرة التخدد على سطح الطرقات..... 19
الشكل رقم: 10 ... تبين كيفية قياس عمق هبوط الأخدود..... 20
الشكل رقم: 11 .... منحنى قيم معامل إجهادات التشوه 22
الشكل رقم: 12 .... أبعاد طبقة الخرسانة البوتمينية 22
الشكل رقم: 13.... يوضح وضعية قوة التحميل..... 23
الشكل رقم: 14 .... رسم بياني لتأثير الضرر بسبب التحمل الزائد..... 24
الشكل رقم: 15 .... مقارنة بين الحمولة النظامية وغير النظامية للشاحنات 25
الشكل رقم: 16 .... أبعاد قياس التخدد المعمول بها..... 28
الشكل رقم: 17 .... المواد المستعملة في التجارب..... 32
الشكل رقم: 18 ... النسب المؤية للمواد المكونة لتركيبات..... 34
الشكل رقم: 19... منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التحليل الحبيبي.…..... 35
الشكل رقم: 20... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%".....36
الشكل رقم: 21. منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية GR 0% ضمن الحزمة النظامية المطلوبة.36
الشكل رقم: 22 ... النتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10%"..... 37
الشكل رقم: 23... منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 10%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة..... 37
الشكل رقم: 24 ... نتائج تجربة التدرج الحبيبي "GR 20%" 38
الشكل رقم: 25 .. منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 20 %" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة...38
الشكل رقم: 26 ..... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 40%"..... 39
الشكل رقم: 27 .. المنحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 40%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة. 39
الشكل رقم: 28 .... لجهاز اختبار دوريار.....42
الشكل رقم: 29 .... لجهاز اختبار مارشال.....43
الشكل رقم: 30 .... صورة لفرن التسخين.....44
الشكل رقم: 31 ... جهاز اختبار التخدد.....46
الشكل رقم: 32 .... جهاز دمك اللوحات قبل اختبار تخدد.....47
الشكل رقم: 33 .... مواضع ثقب لتثبيت مقياس الحرارة.....48
الشكل رقم: 34 .... واجهة برنامج جهاز اختبار التخدد.....48
الشكل رقم: 35 .... مقطع عرضي للوحة الاختبار..... 49
الشكل رقم: 36 .... أداة قياس الاخدود..... 49
الشكل رقم:37 .... للعينة المرجعية بعد الاختبار..... 50
الشكل رقم: 38 .... منحنى التخدد للعينة المرجعية..... 51
الشكل رقم: 39 .... للعينة GR 10 % بعد الاختبار..... 51
الشكل رقم: 40 .... منحنى التخدد للعينة GR 10 % بعد الاختبار..... 52
الشكل رقم: 41 .... للعينة GR20 % بعد الاختبار..... 53
الشكل رقم: 42 .... منحنى التخدد للعينة GR 20 % بعد الاختبار..... 53

الشكل رقم: 43 .... للعينة GR 40 % بعد الاختبار..... 54
الشكل رقم: 44 .... منحنى التخدد للعينة GR 40 % بعد الاختبار.....55

فهرس الجـــــــــــــــداول

الجدول رقم: 01 .... ملخص تصنيف أنواع الطرق حسب السرعة المسموح بها 03
الجدول رقم: 02 .... تصنيف الخلطات الإسفلتية على أساس تدرج الحبيبي..... 07
الجدول رقم: 03 .... نسبة تأثير الضرر الذي تحدثه الحمولة غير المسموح بها 24
الجدول رقم: 04 .... دور ومسميات ماكينات ومعدات الصيانة 27
الجدول رقم: 05 .... نوع الصيانة اللازمة للتخدد حسب شدة العمق 37
الجدول رقم: 06 .... مواقع وكميات المواد المستعملة في التجارب..... 31
الجدول رقم: 07 .... قيم منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التدرج الحبيبي..... 35
الجدول رقم: 08 .... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%"..... 36
الجدول رقم: 09 .... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10%-"..... 37
الجدول رقم: 10 .... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 20%"..... 38
الجدول رقم: 11 .... نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 40%" 39
الجدول رقم: 12 .... نتائج اختبارات على الركام 40
الجدول رقم: 13 .... نتائج اختبارات للإسفلت..... 40
الجدول رقم: 14 .... نتائج اختبار كيمائي للغضار..... 40
الجدول رقم: 15 .... ملخص نتائج اختبار درياز 42
الجدول رقم: 16 .... ملخص نتائج اختبار مارشال 43
الجدول رقم: 17 .... نسب محتويات الرابط الأسفلتي 45
الجدول رقم: 18 .... ملخص نتائج اختبار الخلطة الإسفلتية 46
الجدول رقم: 19.... تعريف رموز ومصطلحات القياس 47
الجدول رقم: 20 .... معلومات عن التركيبة المرجعية 50
الجدول رقم: 21 .... أبعاد العينة المرجعية 51
الجدول رقم: 22 .... نسب التخدد في العينة المرجعية 51
الجدول رقم: 23 .... معلومات عن التركيبة GR 10% 51
الجدول رقم: 24 .... أبعاد العينة GR 10% 52
الجدول رقم: 25 .... نسب التخدد في العينة GR 10% 52
الجدول رقم: 26 .... معلومات عن التركيبة GR 20% 53
الجدول رقم: 27 .... أبعاد العينة GR 20% 53
الجدول رقم: 28 .... نسب التخدد في العينة GR 20% 53
الجدول رقم: 29 .... معلومات عن التركيبة GR 40% 54
الجدول رقم: 30 .... ابعاد العينة GR 40% 54
الجدول رقم: 31 .... نسب التخدد في العينة GR 40% 55

مقدمـــــــــــــــة عامـــــــــــــــة

لا يخفى علينا اهمية البالغة للطرق، فهي العصب الشرياني لنقل الركاب والبضائع بين مختلف الاماكن، كما يلاحظ الجميع أن صيانة الطرق تحتاج مراقبة دورية وإعادة تهيئة وتأهيل، حيث اقترنا في دراستنا هذه لاستعمال حصى الخرسانة المستعملة في البناء بعد تحطيمها فكيف يمكن الاستفادة منها؟

تشكل الخرسانة الهيكل الإنشائي لتصميم المنشاة بصفة عامة، حيث تتطلب هذه الأخيرة الى دراسة مدققة لاستعمالها أحسن استعمال، في ظل متطلبات الحفاظ على البيئة من مخلفات مواد البناء وصيانة الطرقات بالاستعمال بقايا الخرسانة، والتي بدورها تشكل تحدياً للباحثين من ناحية إمكانية إعادة استخدامها.

تأتي هذه الدراسة التجريبية لمعرفة مدى إمكانية إعادة استعمال حصى خرسانة البناء واستغلالها في تصميم الطبقة الإسفلتية للطريق، ولمعرفة مدى مساهمة هذه الحصى المستعملة لزيادة المقاومة ضد ظاهرة التخدد، كما نسعى للوصول إلى أن اعتماد نسبة معينة من حصى الخرسانة، ليس له آثار جانبية على خصائص الخلطة الإسفلتية.

منهجياً؛ قسمنا المذكرة إلى فصلين؛ جانب نظري به ثلاثة محاور، وآخر تطبيقي به محوران؛ كما يلي:

الفصل الأول (الجانب النظري)

المحور الأول: "عموميات حول الطرق والخلطة الإسفلتية"

المحور الثاني: "تدوير الخرسانة المستعملة واستعمالها في الطريق"

المحور الثالث: "ظـــــــــــاهـــــرة الـــتـــخـــدد"

الفصل الثاني (الجانب التطبيقي)

المحور الأول: " اختبار المـــــواد المستـــعـــملة في التجارب"

المحور الثاني: "اختبار خـلطـة الخـــرسانـــة الإســفـلـتـــيـــة"

لنختم هذه الأطروحة بخاتمة عامة تلخص ما توصلنا إليه، مشيرين في نهايتها إلى أهم التوصيات.

الفصل الأول (الجانب النظري)

المحور الأول:

"عموميات حول الطرق والخلطات الإسفلتية"

المحور الأول: "عموميات حول الطرق والخلطات الإسفلتية"

تمهيد:

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

تعريف الطريق:

الطريق هو شريط أرضي به مسارات معدة لحركة السيارات وغيرها من المركبات التي تتحرك على عجلات. والطرق تصل المناطق الحضرية بعضها ببعض، كما تصلها بالمناطق الريفية. وتعرف الطرق التي تخترق المدن باسم الشوارع. ... كما تقطعها السيارات والحافلات والدراجات وغيرها من وسائل النقل للأغراض النفعية والترفيهية كما أنها تشكل الطرق العصب الشرياني لنقل حركة الركاب والبضائع وتستخدم للنقل بين القرى والمناطق الزراعية كذلك.

1-التصنيف الإداري للطرق:

تصنف حسب استخداماتها الدولة:

- ✓ 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.

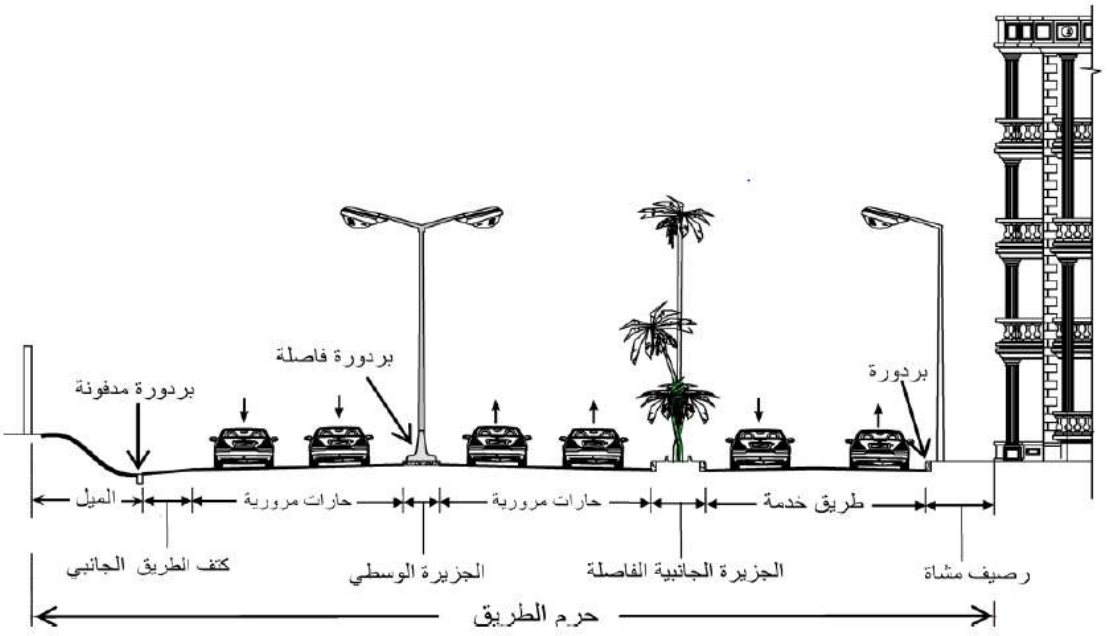
2-التصنيف التقني للطرق:

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 رقم (01) ملخص لتصنيف أنواع الطرق حسب السرعة المسموح بها -

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

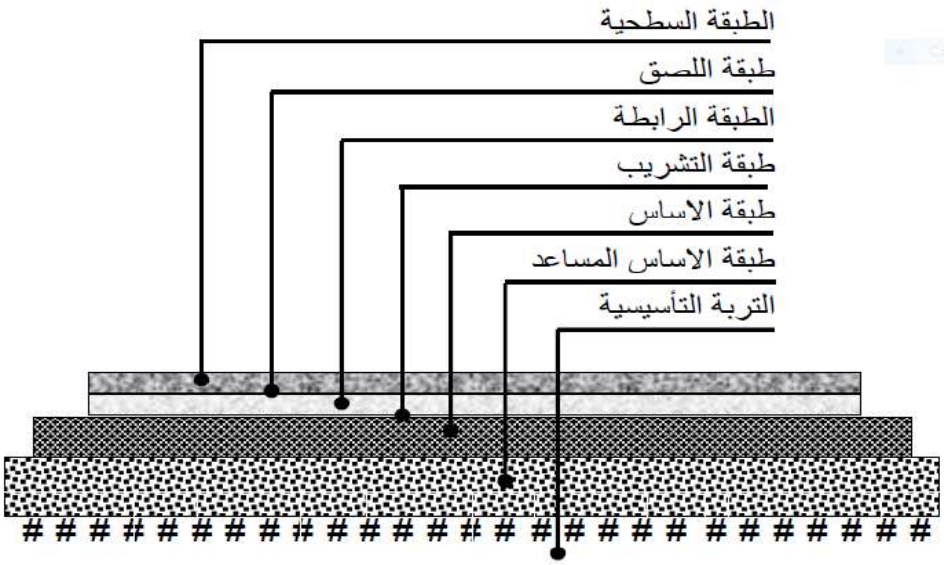
3-العناصر المكونة للطريق:



- الشكل رقم (1) نموذج يوضح عناصر قطاع عرضي في طريق مستقيم

1- **حارات المرور:** وهي الجزء من الطريق المستخدم لحركة المركبات ويتقسم الى عدة حارات عرض كل منها يتراوح بين 2.75م و3.65م ويصل الى 4م في حالة وجود الشاحنات.
2- **الاكتاف:** وهي الجزء الذي يزود به الطريق الخلوي على جوانب الرصف ويهدف لتوفير الأمان والحماية لطريق.
3- **الجزيرة الوسطى:** وهو الفاصل بين اتجاهي المرور في الطرق المقسمة.
4- **الجزيرة الفاصلة الجانبية:** هي المساحة الموجودة بين نهر الطريق الأساسي وطريق الخدمة المجاور.
5- **الميول الجانبية:** وهي الميول الخاصة بانحدار الجانبي لطريق ويفضل ان تكون منبسطة لضمان امان والمحافظة على ثبات سرعة المركبات وتحقيق انسيابية المرور.
6- **الميول العرضية:** حيث انها توفر طريقة فعالة لصرف المياه السطحية لأبعادها عن نهر الطريق لما لها من خطورة على امان القيادة.
7- **الأرصفة:** تعتبر المنشاة الرئيسية في القطع العرضي للطرق الحضرية التي تكون داخل الكتل السكنية.
8- **البردورات:** تستخدم لتحكم في صرف مياه الامطار وتحديد نهايات الرصف وتحديد مساراتها.
9- **طرق الخدمة:** وهي الطرق الموازية للطرق الرئيسية وتفصل عنها جزيرة جانبية والغرض منها فصل حركة المرور.
10-**حرم الطريق:** هو المسافة العرضية المتاحة لاستيعاب كل عناصر القطاع العرضي للطريق. [1]

4-القطاع الانشائي لطرق:



- الشكل رقم (2) نموذج عرضي لقطاع انشائي لمختلف طبقات الرصف -

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.

أ-تربة التأسيس: هي الجسر الطبعي مدموك او محسن او بعمل طبقة إحلال وطبيعة التربة تعتبر من اهم العوامل المؤثرة على التصميم الانشائي.

ب- طبقة الأساس المساعد: وتتكون من حصى صلب غليظ و رفيع او مخلفات المحاجر و تستخدم هذه الطبقة في حيث أن يجب ان تكون وفق المعاير التالية:

- ✓ تحتوي على تدرج حُبيبي جيد.
- ✓ لا تحتوي على المواد الناعمة و المواد اللينة الزائدة على الحد.
- ✓ لا تتجاوز حد الميوعة فيها 25% و معامل اللدونة 6%.
- ✓ لا تزيد نسبة المار من المنخل 0,075 على10%.
- ✓ لا تتجاوز نسبة التآكل للحبيبات على50%.
- ✓ تدمك دمكا جيداً.

ج- طبقة الأساس: هي الطبقة من الرصف التي تعلو طبقة الأساس المساعد او طبقة التاسيس في حالة عدم استخدام طبقة الأساس المساعد وتكون اسفل طبقة السطح وتكون عبارة عن خليط متداخل ومتلاحم من المواد الحصوية الطبيعية المتدرجة، حيث يجب أن:

- ✓ تكون نسبة المواد الناعمة و المواد اللينة فيها قليلة.
- ✓ تحتوي على تدرج حبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة.
- ✓ لا تتجاوز حد الميوعة فيها 25% و معامل الليونة فيها قليلة.
- ✓ لا تتجاوز نسبة التآكل للحبيبات فيها على 50%.

د- الطبقات الاسفلتية: هي الطبقات المشتملة على الاسفلت و هي نوعان,النوع الأول كطبقات الدهان و اللصق,اما النوع الثاني فهو طبقات من المخلوطات الاسفلتية مثل الطبقة الرابطة و الطبقة السطحية. [1]

5-الاسفلت:

هو مادة هيدروكربونية تتكون في الطبيعة او ناتجة عن عمليات تكرير زيت البترول الخام ولونه بني غامق الي الأسود والعنصر الغالب فيه هو البيتيومين وينتج من مصادر طبيعية او صناعية عن طريق عمليات تكرير البترول الخام، ويستخدم أساسا في اعمال الرصف.

6-الخرسانة البيتومينية:

وهي عبارة عن خليط ركام متماسك بواسطة رابط هيدروكربوني، مع إمكانية إضافة مواد لتحسين بعض الخصائص.

"المغلف" هذا المصطلح أكثر عمومية من مصطلح "الخرسانة البيتومينية"، لانه تشمل مخاليط لايكون رابطها بالضرورة (قطران ، إسفلت ...إلخ).

- الشكل رقم (3) الخرسانة الاسفلتية-

7-أنواع الخلطات الإسفلتية ومواصفاتها:

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

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

أ-الخلطات الإسفلتية الساخنة: حيث يسخن الركام والإسفلت في درجة حرارة ما بين (من163-إلى139) درجة مئوية ثم يخلطان في خلاطات إسفلتية خاصة، وبعدها تنقل الخلطة الساخنة إلى الموقع وتفرش بالفرادات ثم تدمك كطبقة سطح إما مفردة أو مزدوجة.

وتقسم الخلطات الإسفلتية الساخنة حسب معادلتها التصميمية وحسب طرق تحضيرها إلى الأقسام الموضحة في الجدول (2)[2]

- الجدول رقم (2) تصنيف الخلطات الإسفلتية على أساس التدرج الحبيبي -

صنف الخرسانة الاسفلتية	التسمية	التصنيف الحبي	الاستعمال
1,2 أو 3	BBSG الخرسانة البيتومينية شبه الحبيبية	0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBSG الخرسانة البيتومينية شبه الحبيبية	0\10 أو 0\14	طبقة الملزم
	BBME (الخرسانة الإسفلتية ذات المعامل العالي)	0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBME (الخرسانة الإسفلتية ذات المعامل العالي)	0\10 أو 0\14	طبقة الملزم
لا صنف	BBCS (الخرسانة البيتومينية للأرصفة المرنة منخفضة الحركة)	0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBCS (الخرسانة البيتومينية للأرصفة المرنة منخفضة الحركة)	0\10 أو 0\14	طبقة الملزم
1,2 أو 3	BBA (الخرسانة البيتومينية للملاحة الجوية)	0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBA (الخرسانة البيتومينية للملاحة الجوية)	Cأو D و 0\10 أو 0\14	طبقة الملزم
	BBM(الخرسانة البيتومينية الرقيقة)	Cأو D و 0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBM (الخرسانة البيتومينية الرقيقة)	B,Aأو C و 0\10 أو 0\14	طبقة الملزم
1 أو 2	BBTM (الخرسانة البيتومينية الرقيقة جدًا)	B,Aأو C و 0\10 أو 0\14	طبقة المتداول
	BBDr (الخرسانة البيتومينية المسامية - تصريف)	0\6 أو 0\10	طبقة المتداول
2,3 أو 4	GB (البيتومين-خطير)	0\6 أو 0\10	طبقة القاعدة
	GB (البيتومين-خطير)	0\14 أو 0\20	طبقة الأساس
1 أو 2	EME (خرسانة ذات معامل أسفلتي مرتفع)	0\14, 0\10 أو 0\20	طبقة القاعدة
	EME (خرسانة ذات معامل أسفلتي مرتفع)	0\14, 0\10 أو 0\20	طبقة الأساس

ب ـ الخلطات الإسفلتية الناعمة: تتكون من حجم واحد من الركام الخشن وبنسبة كبيرة من الركام (الناعم الرمل) تصل الى 50 % من وزن الخلطة ونسبة غنية من المادة الإسفلتية بـ (8-10) % وتكون كثافة هذه الخلطة تكون منخفضة نسبيا وكذلك ثباتها لعدم وجود تدرج جيد في احجام الركام المستعملة.

ج ـ الخلطات الإسفلتية المسامية: تتصف بارتفاع مساميتها ونفاذيتها للماء، حيث تتكون الخلطة من نسبة عالية من الركام الخشن ونسبة قليلة من المواد الناعمة تخلط مع إسفلت بنسبة بـ (5-6) %، وهذا يعطي للخلطة نسبة فراغات مرتفعة تسمح بنفاذية المياه، ويفضل استخدام هذه الخلطات خاصة في المناطق الماطرة وفي طبقات الرصف الخاصة بالمواقف.[2]

8-مكونات الخلطة الإسفلتية:

1-المواد الحصوية:

تعتبر الخلطات الحصوية المكون الأساسي والأكبر لطبقات رصف الطرق، فهي المكون الأساسي في تكوين الخلائط البيتومينية كما أنها تستعمل دون أي رابط في طبقات الرصف، وعلى خواص المواد الحصوية تتوقف بشكل رئيسي مقاومة طبقات الرصف للإجهادات الميكانيكية الناتجة عن حركة السير والإجهادات الحرارية الناتجة عن التغيرات الجوية وبالتالي مقاومة جسم الطريق للتشوهات

والاهتراء، ولهذا تعتبر معرفة خواص المواد الحصوية ذات أهمية بليغة وتشكل الخلائط الحصوية في حدود 95 % من تركيب الخلطة البيتومينية، وللحصول على الدمج المثالي نلعب على معيار "السماكة" من خلال نشر هذه المواد في الطبقة من 12 إلى 18 سم، تتراوح أبعاد حبيباتها بين (50 ملم) و (0,075 ملم) تصنف عادة إلى:

- ✓ الحصى الخشن هو الحبيبات المحجوزة على المنخل (رقم 4) (4,75ملم)
- ✓ الحصى الناعم هو الحبيبات المارة من المنخل (رقم 4) (4,75ملم) والمحجوز على منخل (رقم 20) (0,075 ملم).

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

أ-الحصويات الطبيعية: وهي عبارة عن خليط طبيعي من العناصر الحصوية والرملية متكونة من تفتت الصخور الطبيعية نتيجة عمليات التعرية ونُقلت إلى أماكن غير منشؤها بواسطة العوامل الطبيعية وأبرز مثال لها هو رمل الكثبان.

ب -حصويات المقالع: إن هذه الحصويات هي التي نحصل عليها من تكسير الكتل الصخرية عند إمرارها على الكسارات، وبالتالي نحصل على ما يعرف بـ (الصخر المكسر)، وتتميز هذه الحصويات بأن حوافها حادة وحجوم حباتها تكون حسب الطلب[2] .

- الشكل رقم (4) مقلع الحصى بن ابراهيم -

2-الرمال البيتومينية (البودرة):

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

- الشكل رقم (5) لبودرة الفيلر –

3-الرابط الأسفلتي:

وهو عبارة عن مادة لزوجة عالية من أصل نفطي، يتم تصنيف الرابط الإسفلتي النقي حسب درجة الصلابة عن طريق تجارب مقاومة الغرز ودرجة اللزوجة، أما تصنيف هذا الرابط الإسفلتي المخفف (يدمج الرابط النقي بمواد مخففة) فيصنف بسرعة التدفق ونسبة المذيب.

الدور الرئيسي للرابط الإسفلتي في الخلطات الإسفلتية هو ربط حبيبات الركام ببعضها البعض ومنحها القدرة على مقاومة قوى الشد والقص الناتجة عن التأثيرات الخارجية وعزل حبيبات الركام بمنع وصول الماء والمواد الضارة اليها.

- الشكل رقم (6) المادة البيتومينة الرابطة في حالتها صلبة –

4-خواص الرابط الأسفلتي:

يشكل الربط الإسفلتي في الغالب (5%) من وزن الخلطة الإسفلتية و (10%) من حجمها، فانه يلعب دور أساسيا في أداء تلك الخلطة، وتشمل خواص الربط الإسفلتي:

أ-الزحف: القابلية للحركة تحت الضغط ويعتمد على درجة الحرارة وفترة التحميل.

ب-اللزوجة: نسبة ضغط القص إلى سرعة القص عند درجة حرارة معينة.[3] .

ج-التصلب: تغير التركيب الكيميائي بسبب التأكسد وعند التعرض للحرارة والهواء أو فقدان المذيب.

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

5-المضافات والمحسنات:

مواد معدنية أو لدائن بلاستيكية أو أحماض أمينية تستعمل لتحسين خواص الرابط الإسفلتي أو تحسين التصاقه بالركام ومنع التقشير او التأكسد.

الفرغات: و هي الفرغات المتبقية بين حبيبات الركام المملوءة بالهواء [3].

6-تصنيف الإسفلت:

في البداية كان يتم تصنيف الإسفلت وتحديد مواصفاته بالاعتماد على نتائج تجربة الغرز، حيث يقسم الإسفلت إلى خمسة أنواع هي (300-200, 150-120, 100-85, 70-60, 50-40)

مع بداية عام 1970 ولغاية 1980 ظهر تصنيف آخر يعتمد على نتائج تجربة اللزوجة حيث يقسم الإسفلت إلى خمسة تدرجات هي (AC_{40} , AC_{20} , AC_{10} , AC_5 , $AC_{2.5}$)، ويشير الرقم بجانب الرقم لي اختصار (Asphalt-Concrete) .

9-الخواص العامة لحصويات الطرق والاختبارات المخصصة لها:

تتطلب الدراسة التجريبية للمواد التعرف على أهم الخواص التي تمتاز بها هذه الأخيرة.

أ-المقاومة: إن الحصويات يجب أن تتمتع بمقاومة كافية كي تصمد تحت الإجهادات الناتجة عن حمولة العربات المستخدمة للطريق وبصورة خاصة في الطبقة السطحية، ويدعى اختبار المقاومة باختبار التفتت.

ب-الصلابة: ويدعى اختبار الصلابة باختبار التآكل، وهناك ثلاث أنواع من التجارب المعرفة عالميا، تجربة التآكل (لوس أنجلوس)، تجربة التآكل دوري، تجربة التآكل (ميكرو دوفال).

ج-المتانة: إن المواد الحصوية المستخدمة في الطرق وبصورة خاصة في الطرق الزراعية المرصوفة بالكاد تكون معرضة لفعل الصدم نتيجة الحركة عليها، وتزداد قيمة هذا الفعل بخشونة سطح الطريق وخشونة سطح التحميل، واختبار المتانة يدعى بتجربة الصدم.

د-الديمومة: وهي تمثل الخاصية المجابة والمقاومة للعوامل الجوية المتمثلة بالتغيرات الحرارية وتغيرات الرطوبة وتدعى هذه الخاصية بالأصالة.

ه-شكل الحبيبات: تتنوع أشكال الحبيبات الحصوية بين المتطاولة أو الرقيقة أو المكعبية أو المستديرة، وفي أعمال الطرق نتجنب الحصويات الرقيقة والمتطاولة والمستديرة.

و-الكثافة والثبات: إن ثبات المواد الحصوية بصورة خاصة خير المعالجة يعتمد بشكل أساسي على التركيب الحبيبي والكثافة النسبية وشكل الحبيبات من أجل الحصول على ثبات أعظمي للمواد الحصوية غير المعالجة لكي تستطيع مقاومة التشوهات الناتجة عن الحمولات.

ي-خاصية التلاحم مع البيتومين: بشكل عام، هناك نوعان من الحصويات شرهة للماء وغير شرهة للماء، وبصورة عامة يكون تلاحم البيتومين مع الحصويات أكثر فعالية كلما كانت الحصويات جافة ونظيفة[3] .

ملخص خواص المواد البيتومينية:

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

تصميم الخلطات الإسفلتية:

إن تصميم خلطة الرصف الإسفلتية هو مسألة اختيار العناصر الداخلة في تركيبها من حصويات) حصى+ رمل+ بودرة) ورابط إسفلتي بشكل مناسب للحصول على مزيج فني واقتصادي.

10-الهدف من تصميم الخلطات الإسفلتية:

في التصميم سلسلة من الإجراءات الهادفة إلى تحديد نوع ونسب وخواص المواد الداخلة في تركيب الخلطة الإسفلتية وطرق اختبارها للتأكد من تحقيق الخلطة ومكوناتها للمواصفات وقدرتها على الأداء تحت ظروف التشغيل، حيث يهدف التصميم لتحقيق كل من:

- ✓ نسبة إسفلت كافية تؤدي للحصول خلطة إسفلتية ذات ديمومة كافية.
- ✓ ثبات كافي للخلطة يحقق متطلبات حركة المرور بدون تفتت أو تشوه غير مقبول.
- ✓ نسبة فراغات كافية في الخلطة المرصوصة بحيث تستوعب كمية الرص الإضافية تحت تأثير حمولات المرور دون حصول فوران للإسفلت أو فقدان للثبات.
- ✓ قابلية تشغيل كافية تسمح بفرش الخلطة دون فصل في مواد الخلطة الإسفلتية[2] .

11-مراحل التصميم:

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

أ-المرحلة الأولى: اختيار المواد الداخلة في تركيب الخلطة، الركام، المضافات أو المحسنات.

ب-المرحلة الثانية: أخذ عدد كافي من العينات المماثلة من جميع المواد وفحصها للتحقق من مطابقة المواد المختارة للمواصفات وإمكانية دمج الركام للحصول على التدرج المطلوب.

ج-المرحلة الثالثة: خلط الركام مع نسب متباينة من الربط الإسفلتي وحساب الخواص الحجمية وفحص مؤشرات القوة إن وجدت ثم عرضها بيانيا لاختيار الرابط الإسفلتي المثالي.

د-المرحلة الرابعة: إعداد نسبة مثلى للرابط الإسفلتي للخلطة والتحقق 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.[3]

خاتمة المحور:

خلال هذا المحور تعرفنا على الكثير حول تفاصيل الخرسانة البيتومينية والمواد المشكلة لها وأهم طبقات الرصف وكذلك الطريق وما يحتويه من عناصر ومكونات، وما من طريق يخلو من مشاكل وعيوب ظاهرة على سطحه، سنتطرق خلال الفصل التالي إلى اساس دراستنا هاته كيفية اعادة حصى الخرسانة المستعملة في البناء واستخدامها في الطريق.

الفصل الأول (الجانب النظري)

المحور الثاني:

"تدوير الخرسانة المستعملة واستعمالها في الطريق"

المحور الثاني: "تدوير الخرسانة المستعملة واستعمالها في الطريق"

تمهيد:

تحتوي الجزائر على مسافات طويلة على مستوى مدنها وولاياتها حيث انه تسعي الى انشاء طرق اجتماعية واقتصادية، وتسعي لتوفير طرق توفر لمستعملها انسيابية وراحة في السياقة حيث انه نسعى لتحسين طبقات الطريق واستخدام حصى الخرسانة المستعملة في البناء لتوفير طريق ذات جودة عالية فهيعبارة عن صخر صناعي مصنوع من خليط الحصى والرمل والإسمنت والماء ومواد مضافة وفقاً لنسب محددة.

1) تعريف الخرسانة:

هي عبارة عن خليط متجانس من إسمنت + رمل + حصى + ماء تختلف نسبة هذه المواد حسب نوع وأهمية العنصر ومن أهم خصائصها:

- المقاومة الجيدة للضغط.
- سهولة الإنجاز.
- قابلية التشكيل وكذلك إمكانية الإنجاز المسبق للعناصر حيث تمزج بطريقة تقليدية.

2 نقالات حصى + نقالة رمل + كيس إسمنت.

- CPJ45(40-50ل) ماء وما يقابلها بالنسبة لـ 1 م3 هي:
- 350 كغ / م3 من الإسمنت CPJ45.
- 400 ل / م3 من الرمل.
- 800 ل / م3 من الماء
- إسمنت HTS:بترك يز 370 كغ / م3 بالنسبة للبنية التحتية.
- إسمنت CPJ45: بتركيز 350 كغ /م3 بالنسبة للبنية الفوقية. [4]

2) إعادة تدوير حصى الخرسانة المستعملة في البناء:

إن عملية إعادة التدوير تكتنفها بعض المحددات الاقتصادية وبالتالي يجب الأخذ بنظر الاعتبار القيمة الاقتصادية للتدوير وأيضاً تحتاج إلى توفر التقنية اللازمة لإعادة التدوير بالإضافة إلى خواص المادة المراد أعاد تدويرها. يمكن إعادة تدوير الخرسانة بإحدى طريقتين، الأولى: باستخدامه كركام خشن وناعم في صناعة خرسانة جديدة، وهذا يحتاج بالضرورة إلى تكسيره بكسارات حسب حالة الخرسانة ومن ثمّ استخدامه في الخرسانة الجديدة. وتشير البحوث الحالية إلى امكانية قبول 30% من الركام المصنوع من مخلفات الخرسانة في الخرسانة الجديدة من أجل التماشي مع مواصفات جيدة للخرسانة. أما الطريقة الثانية: فهي استخدامه في طبقة أساس الطرق، كونه يمثل حالة أفضل من الحصى الخابط. وعلى خلاف الطريقة الأولى فإن استخدام مخلفات الخرسانة في الطرق هو أكثر شيوعاً من استخدامه في الخرسانة الجديدة. ويوضح الجدول أدناه طرق الاستفادة من مخلفات الخرسانة بحسب حجم القطع الناتجة.

الشكل رقم (07) الة تحطيم الخرسانة المستعملة في البناء

3) البيتومين (الزفت):

البتومين او ما يعرف ب الاسفلت او الزفت، كلها مسميات لهذه المادة التي تقوم باستخدامها بعزل المنازل ولمنع تسرب المياه او رصف الشوارع وله عدة استخدامات، وهو عبارة عن مادة صلبة تصبح سائلة ذات سمك عند تعريضها للحرارة. وهي مواد كربوهيدراتية تذوب في محلول ثاني كبريتيد الكربون.

أ -استخدامات البيتومين (الزفت):

1- عزل الارضيات والاسقف.
2- رصف الشوارع والطرقات.
3- حماية خطوط الانابيب تحت الأرض من الأكل.
4- صناعة احبار الكتابة المختلفة وملمعات الأحذية.

- الشكل رقم (08) الاستخدامات الزفت في طلي الاسطح -

ب -أنواع البيتومين :

1-البيتومين الصلب الساخن:

هو نوع من أنواع البيتومين للعزل، وهو صلب بعد تسخينه يقوم بالالتصاق ب الخرسانة، وهو مميز من حيث درجة التصاقة القوية بالسطح، كما أنه لا يطبع على ملابسك، ويقوم بطرد الحشرات والزواحف.

2-البيتومين المؤكسد الساخن:

يعتبر البيتومين المؤكسد الساخن مثل البيتومين الصلب، له قوام غير سائل، يلصق على السطح بعد عدة دقائق فقط من وضعه.

3-البيتومين المائي:

يشكل طبقة عزل قوية، وهو نوع من البيتومين غير لامع، ويشكل طبقة عازلة على الخرسانة بصورة قوية لا يطبع على الملابس، وي طرد الحشرات، كما أنه يصبح ذو طبقة سميكة وقوية.

4-البيتومين المائي:

يشكل طبقة عزل قوية، وهو نوع من البيتومين غير لامع، ويشكل طبقة عازلة على الخرسانة بصورة قوية.

5-البيتومين اللامع:

هذا نوع من البيتومين لامع، عكس البيتومين المائي، وهو رخيص في السعر، ولكنه لا يشكل طبقة عازلة على الخرسانة لذا لا ينصح باستخدامه.

6-البيتومين المؤكسد البارد:

يستخدم في العزل، ويتم دهنه وينشف بعد مرور عدة ساعات، ويجب تجربته حتى تتأكد من أنه مؤكسد، حيث أن الغير مؤكسد لا يلتصق أبدا مهما مر من الوقت، ويستخدم البيتومين البارد على الأسطح حيث لا يشترط التصاقه بالسطح، وذلك لسد الفروق في الأرضية، ولكنه له تأثيرات سيئة على الصحة، ويتأثر بالدرجات العالية من الحرارة.

7-البيتومين المطاطي:

هي رقائق بيتومين مطاطية، تستخدم للعزل بصورة أكبر للأرضيات والجدران، وكذلك الأسطح.

ج-طريقة استخدام البيتومين:

1-تنظيف السطح المراد وضع البيتومين عليه جيدا، من كل الأتربة، ثم تركه ليجف جيدا.

2-يفضل أن يكون السطح خالي من الشروح والكسور.

3-يتم دهن البيتومين على السطح وتركه ليجف، ويستحسن دهنه بطبقة أو اثنين آخرين إذا كانت الإمكانيات

متاحة، وذلك لعزل قوي سواء للمياه أو الرطوبة والحرارة، والمدة بين دهن كل طبقة والأخرى 24 ساعة.

4-يجب أن يتم ردم القواعد في مدة لا تقل عن 24 ساعة ولا تزيد عن 14 يوم، لأن تعريض طبقة البيتومين للشمس لأكثر من هذه المدة ستعرضه للتلف والتشقق.

5-استخدام مادة البيتومين كما هي، بدون إضافة أي مواد أخرى كالماء، لتخفيفها وإكثارها، لأن هذا يضعف من عمل مادة البيتومين، ويجعلها غير صالحة للالتصاق أو العزل.

6-بعد دهن البيتومين لا يجب جرح السطح باستخدام أي أداة حادة وإلا سيعرض طبقة البيتومين للتلف، وستضطر لتقشيرها وتنظيفها، وإعادة دهنها مرة أخرة بطبقة جديدة.

د -مصادر البيتومين:

1-مصادر طبيعية:

وهو الإسفلت الطبيعي الذي يوجد في الطبيعة على هيئة بحيرات أسفلتية، وهذا النوع يستخدم في رصف الطرق في أمريكا، وموجود في عدد من المناطق في البحر الكاريبي، مثل جزيرة ترينيدات.

الصخور البيتومينية:

وهي عبارة عن تجمعات صخرية تحتوي على الاسفلت، وتستخدم في رصف الطرق.

الفحم:

هذا النوع من البيتومين يسمى القار، ويتم عمله من تقطير الفحم.

النفط:

يتم استخراج هذا النوع من االبيتومين من النفط الخام، وهو من أشهر أنواع البيتومين المستخدمة في الوقت الحالي.

هـ -سلبيات استخدام البيتومين(الإسفلت):

إن البيتومين له أضرار على صحة الإنسان، لذا يجب على المصانع التي تصنع البيتومين أن تكون في مناطق معزولة، خالية من السكان، حيث أن البيتومين أثناء تصنيعه وتسخينه تخرج منه غازات ضارة على الصحة، مثل غاز أول أكسيد الكربون، والذي يقد يؤدي إلى الوفاة بسبب سهولة استنشاقه بدلا من الأكسجين، وهو غاز ليس له لون ولا رائحة، كما أن يتسبب في بعض الأمراض الجلدية. [6]

خاتمة المحور:

من أجل إعادة تدوير حصى الخرسانة المستعملة في البناء إلى سلسلة الإستهلاك يتم تكسيرها بواسطة الة التحطيم، وكذلك أخذ البحوث والدراسات التي تهتم بالبعد البيئي والبعد الاقتصادي لمشاريع التنمية بعين الاعتبار لان زيادة النفايات البنائية تشكل تهديدا أخر للبيئة والموارد المحلية، سنتطرق خلال الفصل التالي إلى جوهر دراسة وأحد العيوب الظاهرة والتي تتمثل في ظاهرة التخدد.

الفصل الأول (الجانب النظري)

المحور الثالث:

عموميات حول "ظـاهرة الـتـشـخـــدد"

المحور الثالث: "ظاهرة التخدد"

تمهيد:

ان مقاومة الخلطات الإسفلتية للتخدد بقدرتها على الاستجابة للحمولات المرورية المتكررة للعربات المختلفة، وذألك تحت تأثير الشروط البيئية السائدة دون إنهيار المبكر لها أو ظهور التشققات على مستواها، حيث يعتبر ترميم الطريق والكشف المبكر للخلل على مستواها وإصلاحه من اهم شروط المحافظة على ديمومة الطريق، سنتطرق خلال هذا الفصل عن سطح الطرقات وما يعانيه من تشوهات إثر ظاهرة التخدد.

1-ظاهرة التخدد:

هو حدوث مجرى في مسار السير للطريق، نتيجة الانضغاط الذي يحدث سطحها في أماكن سير إطارات المركبات التي لها أحمال زائدة وكذلك بسبب الحركة الجانبية لطبقة السطح إذا لم يكن لديها المقدرة على تحمل أوزان عليها وذألك لعدة أسباب منها:

1-ضعف الدمك

2-زيادة نسبة البيتومين

3-زيادة نسبة المواد الناعمة في الخلطة

4-زيادة سمك طبقة الأسفلت

5-درجة الحرارة العالية

6-نسبة الفراغات قليلة[5]

- الشكل رقم (09) لظاهرة التخدد على سطح الطرقات –

2-طريقة قياس التخدد:

يُقاس متوسط عمق التخدد بوضع قدة طولها (1.2م) تتقاطع عمودياً على التخدد ويتم تسجيل أقصى عمق ثم تؤخذ متوسط القياسات كل 6 أمتار من طول التخدد لتحديد مستوى الشدة، وتُقاس المساحة المتأثرة بالمتر المربع لكل مستوى شدة على حده. وتقاس كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروباً بمائة، كما هو موضح في الصورة:

- الشكل رقم (10) تبين كيفية قياس عمق هبوط الأخدود –

مستويات عمق التخدد:

حيث انه يمكن تقسيم مستوى عمق الأخدود الظاهر على سطح الطريق إلى ثلاث مستويات هي:

أ-المستوى المنخفض: يتراوح متوسط العمق لهذا المستوى بين 8-13 ملم.

ب-المستوى المتوسط: يتراوح متوسط العمق بين 14-25 ملم.

ج-المستوى العالي: يسأوي عمق التخدد عند هذا المستوى أكثر من 25 ملم.

3-أسباب التخدد:

إن الإجهادات الحاصلة على الرصف الخرساني تؤدي إلى ظهور عيوب على سطح الطريق، قد يكون سبب ظهورها هو فشل في صب الرصف أو بسبب فشل في الطبقات التحتية والذي ينعكس بدوره على الطبقات السطحية، ويكون معظم هذه الإجهادات إما من اختلاف درجات الحرارة أو المحتوى المائي أو إزاحة لطبقات الترابية (طبقة الأساس) إضافة إلى أن زيادة الكثافة المرورية أو وزن المركبات عن ما هو مسموح به تؤدي إلى فشل الطريق و ظهور عيوب على السطح لأسباب يمكن جمعها في: ضعف الدمك، زيادة نسبة البيتومين، زيادة الأحمال، زيادة نسبة المواد الناعمة في الخلطة، زيادة سمك طبقة ، ارتفاع درجة الحرارة، نسبة الفرغات قليلة.

1-الإجهادات الناتجة عن فروق درجات الحرارة:

تتأثر البلاطات الخرسانية بالحرارة فتتمدد أو تنكمش عندما ترتفع أو تنخفض درجة حرارتها، ونتيجة لفروق الحرارة الداخلية يحدث إلتواء للخرسانة، وتكون الجهود صغيرة إذا لم تتمكن البلاطة من الإلتواء كما يحدث في كثير من الحالات، ماعدا في حالة البلاطات الصغيرة فان جهودا كبيرة تحدث تزايداً كثيرا عن الجهود الناتجة عن حركة المرور ودرجات الحرارة تؤدي إلى إحداث حالتين من الإجهادات في البلاطة الخرسانية.

أولا إجهاد الإلتواء: عندما يتعرض سطح البلاطة الخرسانية العلوي والسفلي لدرجات حرارة مختلفة في نفس الوقت، فإن البلاطة تصبح عرضة للالتواء إلى أسفل أو إلى أعلى مما يتسبب في حدوث إجهاد الإلتواء.

ونتيجة لسمك البلاطة فإن السطح السفلي يتأثر بتغير درجات الحرارة ببطيء عن السطح العلوي. فعندما تصل درجة حرارة السطح العلوي إلى T درجة مئوية فإن درجة حرارة السطح السفلي تصل لقيمة أقل من ذلك وليكن (T-t) درجة، وباعتبار التغير في درجة الحرارة تغير خطي فان درجة الحرارة في منتصف السمك أو درجة الحرارة المتوسطة للبلاطة تساوي: $1/2[T+(T-t)]$

فإذا لم يوجد أي قيد على حركة البلاطة، فإن وحدة تمدد السطح و كذلك وحدة انكماش القاع نتيجة لتغير الحرارة النسبي يساوي كل منهم $(0,5\times E\times e\times t)$، حيث e يمثل معامل التمدد الحراري للخرسانة، و بإدخال تأثير معامل بواسون فان الإجهاد في المنطقة الداخلية في الاتجاه الطولي و العرضي يمكن تمثيلها بالمعادلة الاتية

$$S_t(i)= E \times e \times (\frac{t}{2}) \left[C_X + \frac{\mu C_Y}{1} - \mu^2\right]$$

حيث:

$S_t(i)$ = إجهاد الالتواء بالداخل- كجم/سم²

E = معامل مرونة الخرسانة –كجم/سم²

e = معامل التمدد الحراري للخرسانة- لكل مئوية.

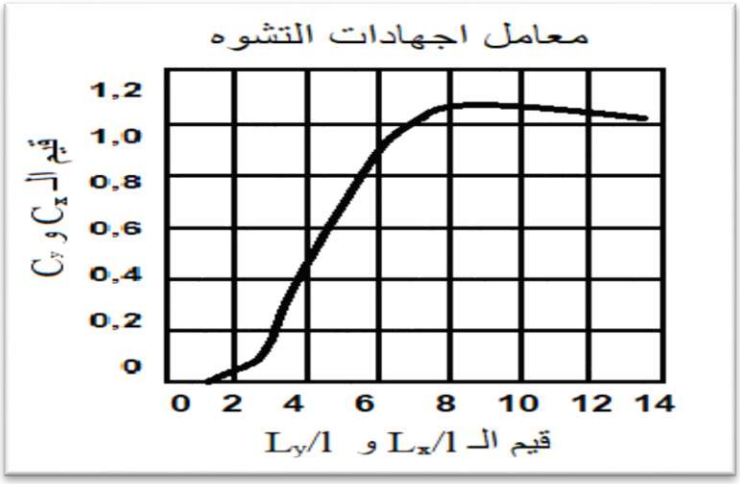
t = التغير في درجة الحرارة- درجة مئوية .

C_x = مع أمل يتوقف على L_x/l للاتجاه المرغوب.

C_y = معامل يتوقف على L_y/l عمودي على الاتجاه السابق.

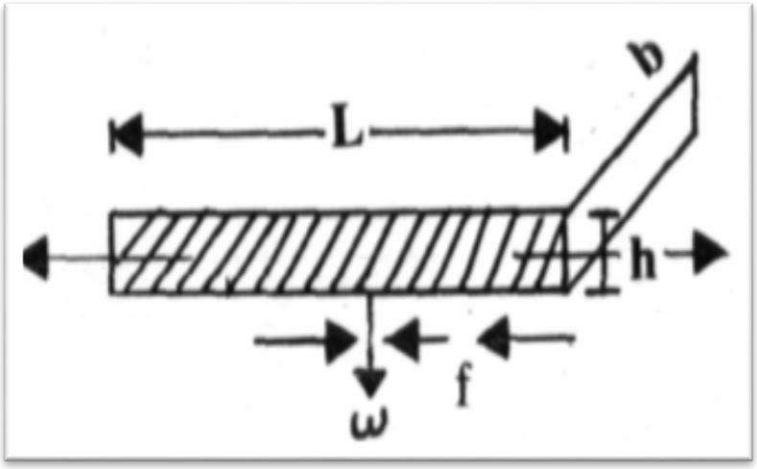
μ = نسبة بواسون

و تؤخذ قيم C_x و C_y من الشكل



- الشكل (11) منحنى قيم معامل إجهادات التشوه -

ثانيا إجهاد الاِحتكاك: نتيجة للِرتفاع أو الاِنخفاض المنتظم لدرجات الحرارة في البلاطة الخرسانية يحدث تمدد أو انكماش للبلاطة، و لما كان سطح البلاطة السفلي ملامس للتربة فإن تمدد البلاطة يتم مقأومته نتيجة للاِحتكاك بين سطح البلاطة السفلي وسطح التربة و ينتج عن ذلك إجهاد أضافي لسطح البلاطة السفلي، و تتوقف قيمة هذا الإجهاد على طول البلاطة ففي حالة البلاطات القصيرة فان الإجهاد صغير و غير ملموس، و في حالة البلاطات الطويلة والتي تحتمل تحرك مقداره 0.15 سم ينتج عنها إجهاد احتكاك كبير.



- الشكل رقم (12) أبعاد طبقة الخرسانة البيتومينية -

$$Sd \times h \times 100 = b \times (\frac{L}{2}) \times (\frac{h}{100}) \times w \times f$$

حيث:

$$Sd = w \times L \times (\frac{f}{2}) \times 10^4$$

Sd= الإجهاد الناشئ في البلاطة الخرسانية-كجم/سم^2.

W = وحدة وزن الخرسانة-كجم/م³ (حوالي 2400كجم/م³).

f = معامل الاحتكاك (حوالي1.5).

L = طول البلاطة-متر .

2-آثار تجمع الإجهادات على الرصف:

نظرا لأن الإجهادات الناتجة في البلاطة تختلف في قيمتها حسب موقع الحمل وحسب درجات الحرارة، فإنه من الضروري تحديد الوضع الحرج الذي ينتج عند أقصى إجهاد، والحالات الآتية قد اعتبرت لتحديد الإجهاد الأقصى:

أ-أثناء الصيف: الوضع الحرج للإجهاد في الداخل و عند الحافة أثناء منتصف النهار يحدث عندما تعمل البلاطة على الالتواء إلى أسفل في هذه اللحظة فإن إجهاد الشد يحدث عند السطح العلوي للبلاطة و التي تضاف إلى جهد الشد نتيجة للحمل، التجمع الحرج للإجهاد= (الإجهاد نتيجة للحمل+ إجهاد الالتواء- إجهاد الاحتكاك).

ب-أثناء الشتاء: يحدث الوضع الحرج للأوضاع السابقة عندما تنكمش البلاطة ويحدث الالتواء في البلاطة إلى أسفل أثناء منتصف النهار، التجمع الحرج للإجهاد للسطح السفلي للبلاطة =(الإجهاد نتيجة للحمل+ إجهاد الالتواء+ إجهاد الاحتكاك، و نظرا لأن التغير في درجة الحرارة (t) أقل قيمة خلال الشتاء عنه في الصيف، فان الحالة الأولى تعتبر هي الحرجة لحساب الإجهاد داخل البلاطة و عند الحافة. [7]

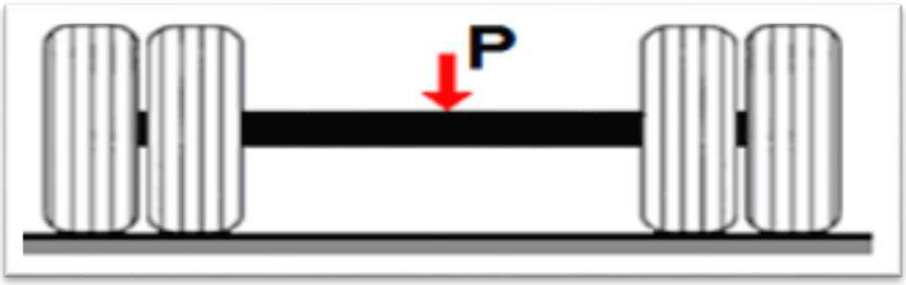
3- آثار الضرر على طبقات الرصف للطرق بسبب الحمولة الزائدة:

يعتقد الكثيرون وبالأخص سائقوا الشاحنات أن زيادة الحمولة المسموحة أمر عادي ولا يؤثر على المركبة أو على الطريق و لكن الأبحاث والدراسات تدل إلى إن تأثير تلك الحمولات الزائدة تؤدي إلى ضرر كبير في طبقات رصف الطرق بسببها، حيث أنها تسبب الضرر بمعدل الأسي قوة أربعة، أي إن الشاحنة المحملة فوق طاقتها 10 % يمكن أن تلحق الضرر بالطريق بنسبة أكبر من 40 % مقارنة مع نفس حمولة شاحنة نظامية. [9]

إضافة إلى بعض الأسباب التي تؤدي إلى الحاق الضرر على جسم الطريق مثل: (تصميم الطرق، إنشاء الطرق، صيانة الطرق، الكوارث الطبيعية).

حسب الكودات يعتبر المحور المعياري المكافئ الأحادي حسب الشكل (15) و الذي من خلاله تحسب سماكات الرصف و إن كافة المحاور المرورية ستحسب قياسا على الحمل المكافئ وفق معادلات تأخذ بعين الاعتبار تربة التأسيس و النمو المروري.

8.2= P طن



الشكل(13) يوضح وضعية قوة التحميل –

وقد تم دراسة العلاقة بين الحمولات النظامية والمخالفة وتحديد معامل الضرر حسب زيادة الحمولة النظامية إلى المخالفة ووضحت العلاقة مقدار الضرر وتأثيره على العمر التصميمي للطريق، على سبيل المثال تم حساب سماكات طبقات الرصف لعدد معين من الشاحنات حمولتها النظامية 40 طن و عمر تصميمي للطريق 15 سنة إضافة للعوامل الأخرى، فإن تجأوزت تلك الشاحنات الحمولات النظامية بنسبة 100% (أي كافة الشاحنات محملة حمولات مخالفة) فان النتائج ستكون كما يلي:

زيادة 5% (42 طن) يصبح العمر التصميمي 1.22/15 = 12.3 عاما

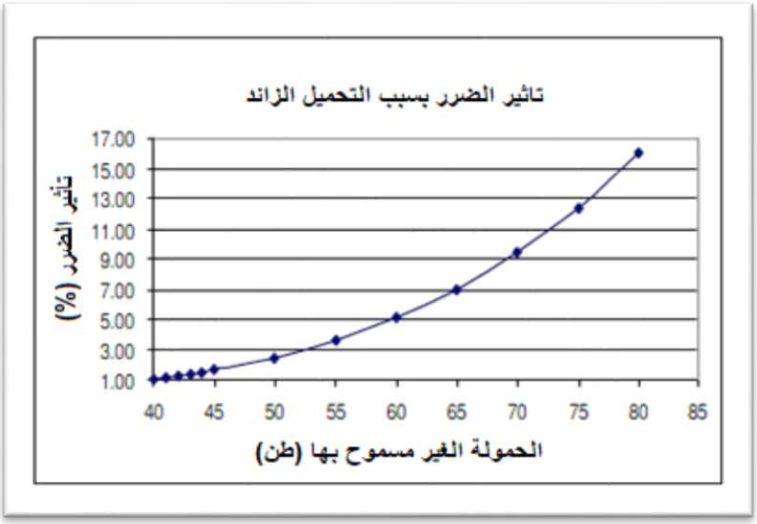
زيادة 10% (44 طن) يصبح العمر التصميمي 1.46/15 = 10.27 عاما

زيادة 15% (48 طن) يصبح العمر التصميمي 2.07/15= 7.25 عاما

و تبين الجدأول التالية معامل الضرر الناتج عن تأثير الفرق الحمولة النظامية و غير النظامية على طبقات الرصف و العمر التصميمي للطريق:

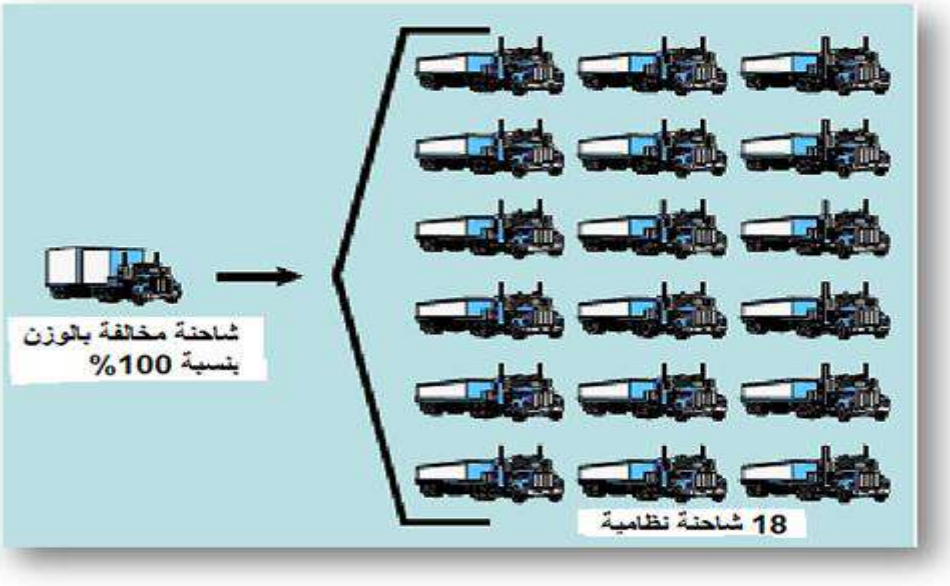
- الجدول(03) نسبة تأثير الضرر الذي تحدثه الحمولة غير المسموح بها –

حمولة مسموح بها (طن)	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**	**40**
حمولة غير مسموح بها (طن)	40	41	42	43	44	45	50	55	60	65	70	75	**80**
تاثير الضرر (%)	**1.00**	**1.10**	**1.22**	**1.34**	**1.46**	**1.60**	**2.44**	**3.57**	**5.06**	**6.97**	**9.38**	**12.36**	**16.00**



- الشكل(14) رسم بياني لتأثير الضرر بسبب التحمل الزائد –

ان السماح بمرور حمولة مخالفة للوزن بنسبة 100 % تسأوي مرور 18 شاحنة نظامية من نفس النوع، و إن منعها من السير سيبقي على عمر الطريق التصميمي و الحالة الجيدة لطبقات الرصف. [9]



- الشكل رقم (15) رسم مقارنة بين الحمولة النظامية وغير النظامية للشاحنات -

4-ضعف الخلطة الإسفلتية بسب ردائة المواد المكونة (الركام):

ان من أهم الركائز لمتانة الخلطة الإسفلتية وثباتها وتقديم العمر الافتراضي المحدد لها هي المواد الركامية المتواجدة داخل خليط الخلطة، ولذلك يجب أن تتوفر على مواصفات قياسية ومعتمدة مخبريا وعلى معاير لذلك أدرجت في مواصفات وتصنيفات فإذا كانت المواد الركامية المستعملة رديئة وليس لديها متانة وديمومة وملتصقة بالكتل الطينية الضارة وليست نظيفة كانت من أهم الأسباب التي تؤدي في ظهور عيب التخدد والمساهمة في عمقه.

4-عوامل المؤثرة في التخدد:

1-أهم العوامل المؤثرة في التخدد:

التخدد أو خراب الطريق، هو مصطلح يدل على التغيير في حالة الطريق نتيجة عوامل السير المتزايدة والعوامل البيئية ومستوى خدمة (صيانة) الطريق، هذه العوامل تتلخص في (التغير في درجات الحرارة اليومية و الوحدوية، الحمولات المرورية الزائدة، المياه و الرطوبة، ضعف خصائص تربة الأساس، كثافة المرور و تكراره، و كذا المؤثرات الخارجية البشرية و الطبيعية).

2-خواص المواد المؤثرة في حدوث الأخاديد:

أ-الركام: نوعية الركام من حيث الأصل الحجري و قوته وكذلك (التدرج, الشكل, النسيج السطحي)، حيث الشكل الزأوي والسطح الخشن للركام يكون ذا مقاومة للقص أعلى من الركام ذا الشكل المدور و السطح الأملس.

ب-تدرج الركام: خليط الركام الخشن تكون مقأومته للقص عالية بالمقارنة بخليط الركام الناعم.

ج-الركام الناعم: استخدام رمل الكسارات في الخليط أفضل من الرمل الطبيعي ويعطي ثباتاً عالياً ومقاومة قص عالية.

د-الركام الخشن: الركام الخشن المكسر ذو مقاومة قص أفضل من الركام الخشن غير مكسر، وكذلك يعطي قوة ثبات عالية.

ه-الفلر: كلما كانت نسبة المواد الناعمة (نسبة المواد العابرة من الغربال) عالية، تكون المقاومة جيدة حيث تملأ الفراغات الهوائية و تزيد من قوة الثبات، و في كل الأحوال يجب ان لا تزيد نسبة الفلر في المزيج عن حدود المواصفات. [10]

5-إجراءات تساهم في مقاومة التخدد:

يتم إتخاد بعض الإجراءات للمحافظة على جسم الطريق من التخدد وإطالة العمر التشغيلي لها، أهمها الصيانة المستمرة لطريق منذ لحظة الانتهاء من تنفيذه والمتمثلة في متابعة أوزان السيارات المحملة والحرص على عدم تجاوز الحمولات القانونية حتى يبقى الطريق صالحا للمرور في صورته الأصلية طيلة فترة عمره الافتراضية، أما أثناء تصميم الخلطة الإسفلتية فهناك عدة عمليات تساهم في علاج التخدد منها:

- ✓ دمك الإسفلت جيدا للحصول على نسبة الدمك المطلوبة.
- ✓ عدم زيادة نسبة البيتومين، واستخدام بيتومين أكثر لزوجة، فمثلا استخدام البيتومين 50/40 بدلا من 70/60.
- ✓ متابعة أوزان السيارات المحملة.
- ✓ عدم استعمال المواد الناعمة بنسبة كبيرة وعدم زيادة سمك طبقة.
- ✓ الحفاظ على درجة حرارة الخلطة في الخلاطة 160+5 م، وفي الموقع أثناء الدمك 140+5 م.
- ✓ الحفاظ على نسبة الفرغات في طبقة الأساس للخلطة الإسفلتية الساخنة وهي من (5:8) %، وفي طبقة السطح للخلطة الإسفلتية هي من (4:7) %.
- ✓ نسبة الرمل الطبيعي لا تزيد عن 15 % من المار من الغربال رقم 4 على ألا تزيد نسبة الرمل النافذ عن 50 % من الرمل الطبيعي، أي أن نسبة الرمال النافذة يجب ألا تزيد عن 7,5 %.
- ✓ عدم المبالغة في سمك الطبقة التأسيسية البتومينية أكثر من اللازم. [10: 8]

1- معدات و ماكينات المخصصة لصيانة الرصف الإسفلتية :

الجدول(04) دور ومسميات ماكينات ومعدات الصيانة- -

النوع	دور	مسميات
ماكينات	أزالة الرصف	منشار، شوفل، ماكينة الكشط، الكومبريسر(الضاغط الهوائي) ، القلاب
	الصيانة	فارشة إسفلتية، كريدر، مكنسة ميكانيكية أو آلية
معدات	الحدل	الحادلات المطاطية و الحديدية و الإهتزازية و (حادلات حديدية بتشغيل يدوي)
	ثانوي عام	معدات دهان باتجاه حركة السير، معدات أزالة دهان الطريق، تانكر ماء

2-صيانة التخددات على سطح طرقات:

يتم إصلاح التخددات بمساواة السطح، بملء القنوات بخليط إسفلت ساخن إذا لم يكن هناك زحف جانبي، ومن ثم تغطية السطح بطبقة إسفلتية إضافية خفيفة، أما إذا كان السبب هو الحركة الجانبية للطبقة الإسفلتية فإنه يجب إزالتها وإعادة إنشائها. [6:11]

3-الأدوات المستخدمة في البحث وقياس عمق الأخاديد:

أ-لتحديد عيوب التبليط تشير مواصفات الـ (PIC) إلى أدوات قياس العيوب وهي شريط القياس لمعرفة أبعاد، أطوال العيوب ومسطرة معدنية، لقياس مقدار العمق لتحديد درجة شدة بعض العيوب كالأخاديد أو التموجات ويمكن استخدام الأجهزة المساحية الحديثة لتحديد بعض هذه المتطلبات.

ب-يتم أخذ (10) عينات أسطوانية من التبليط الإسفلتي بجهاز اللباب الاسطواني للطبقة السطحية وذلك لأجراء فحص السمك، الكثافة ونسبة الدك، فحص ثبات مارشال، الانسياب...الخ.

ج-أخذ (10) عينات من تبليط الطبقة السطحية من نفس الموقع لإجراء فحص الاستخلاص. [10]

-الجدول رقم (05) نوع الصيانة اللازمة لتخدد حسب شدة العمق-

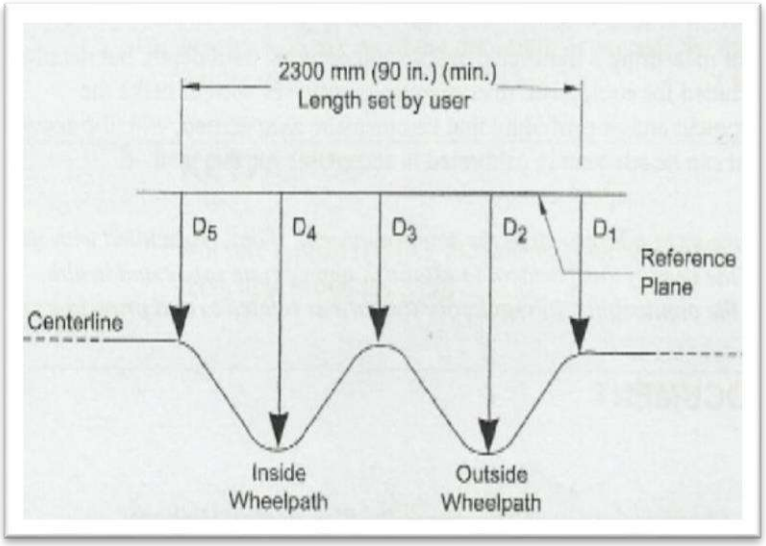
التخدد			
الكثافة / الشدة	**منخفضة** أقل من 10 %	**متوسطة** ما بين 11% -50%	**عالية** أكثر من 50%
منخفضة	لا تفعل شيئا	لا تفعل شيئا	لا تفعل شيئا
متوسطة	كشط و إعادة الرصف	كشط و إعادة الرصف	كشط و إعادة الرصف
عالية	ترقيع عميق	ترقيع عميق	إعادة إنشاء

طريقة الـ ASTM: في هذه الطريقة يتم قياس عمق التخدد لسطح التبليط باستخدام المسطرة ذات الحافة المستقيمة باعتماد الخطوات المذكورة في المواصفات سنة (ASTM E1703/E1703-95) 2000. في هذه الطريقة يتم قياس عمق التخدد في المكان الذي يتم اختياره على سطح التبليط تحت أحد الإطارات، دون اعتبار مقدار التخدد تحت الإطار باستخدام المسطرة، ويتم بذلك حساب أقصى مسافة عمودية بين السطح السفلي للمسطرة ومنطقة اتصال المقياس مع سطح التبليط في مكان محدد.

تنويه: (ASTM) هي المواصفات القياسية للجامعة الأمريكية للاختبارات والمواد.

طريقة الـ AASHTO: في هذه الطريقة يتم قياس عمق التخدد لسطح التبليط لكامل المقطع العرضي من خلال (خمس نقاط على الأقل) لكل 50 متر من الطريق و باعتماد الخطوات الموصوفة في نظام AASHTO R48-10.

تنويه: (AASHTO) هو الكود الأمريكي لتصميم الطرق مواصفات العالمية.



- الشكل رقم (16) أبعاد قياس التخدد المعمول بها –

حيث:

$R_0=D_2-[(D_1+M)/2]$

$R_1=D_4-[(M+D_5)/2]$

$M=(D_1+D_5)/2$ أو D_3

نختار أيهم الأقل

R_0: عمق التخدد تحت الإطار الخارجي (ملم).

R_1: عمق التخدد تحت الإطار الداخلي(ملم).

- D_1,D_2,D_3,D_4,D_5: الارتفاعات المقاسة كما في الشكل رقم (19) (ملم).[11]

6-علاج التخدد:

1-دمك الأسفلت جيدا للحصول على نسبة الدمك المطلوبة.
2-عدم زيادة نسبة البيتومين، واستخدام بيتومين أكثر لزوجة إن أمكن فمثلا أستخدم بيتومين 50/40 بدلا من 70/60.
3-متابعة أوزان السيارات المحملة.
4-عدم أستعمال المواد الناعمة بنسبة كبيرة.
5-عدم زيادة سمك طبقات الرصف.
160+5م ، وفي الموقع أثناء الدمك 140+_5م.°6- الحفاظ علي درجة حرارة الخلطة في الخلاطة
7-الحفاظ علي نسبة الفراغات في B.B.C وهي من 5 : 8% وفي B.W.C هي من 4 : 7.%
8-نسبة الرمل الطبيعي natural sand لاتزيد عن 15% من المار من منخل رقم 4 علي ألا تزيد نسبة رمال النفود dune sand عن 50 % من الرمل الطبيعي natural sand أي نسبة رمال النفود يجب ألا تزيد عن 7.5 % من نسبة الناعم المار من منخل رقم 4.
9-عدم استعمال R.C أكثر من اللازم. [13:12]

خاتمة المحور:

هذا المحور عملنا على التعريف بالظاهرة الأساسية المراد دراستها في هذه الأطروحة وهي "التخدد"، فالتقليل من ظهورها على مستوى أسطح الطرقات هو يعد مكسب لمهندسي الطرق و مستعمليها كذلك، حيث يوفر هذا الأخير راحة القيادة للمركبات وانسيابية التنقل، وهذا هو المبدأ الأساسي في تصميم الطرق.

الفصل الثاني (الجانب التطبيقي)

المحور الأول:

"اختبـــــار المـــــواد المستعـملة في التجارب "

المحور الأول: "اختبار المواد المستعملة في التجارب "

تمهيد:

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

1. تحديد المواد المكونة (الركام، البيتومين، حصى الخرسانة المستعمل في البناء).
2. تصنيف حصى الخرسانة المستعمل في البناء وتحديد الفئة الحيبيبة التي ينتمي لها.
3. اختبار التخدد لمختلف الخلطات تبعاً والمقارنة مع النتائج المسجلة للخلطة المرجعية.

1-تحديد المواد المستعملة:

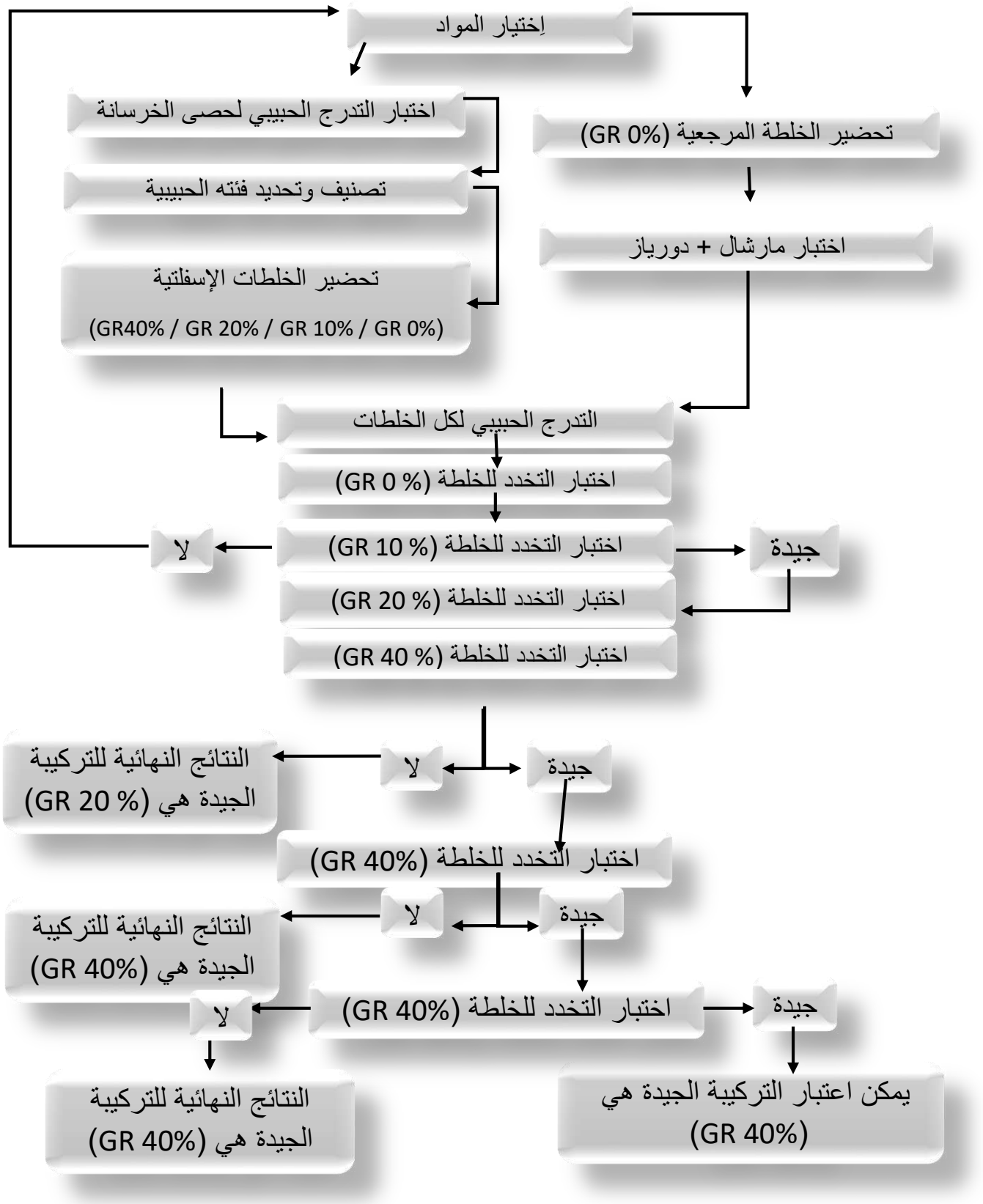
تشمل الدراسة التجريبية للمغلف الإسفلتي عدة تجارب تتطلب مواد طبيعية يتم قلعها وأخرى نفطية يتم معالجتها وكذلك حصى الخرسانة المستعملة في البناء لإعادة استعمالها كمواد مشكلة لتصميم الخلائط الإسفلتية لطرق، يوضح الجدول كل المواد المستعملة في الدراسة والفئة التي تنتمي إليها والكمية اللازمة لتجربة هذه الدراسة، 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	حصى الخرسانة المستعملة في البناء	شركة total ورقلة

- الجدول (06) مواقع وكميات المواد المستعملة في التجارب-

- الشكل رقم (17) المواد المستعملة في التجارب-

2-المخطط الانسيابي منهجية اختبار العمل في المخبر:



3-نسب المواد المكونة لمختلف التركيبات:

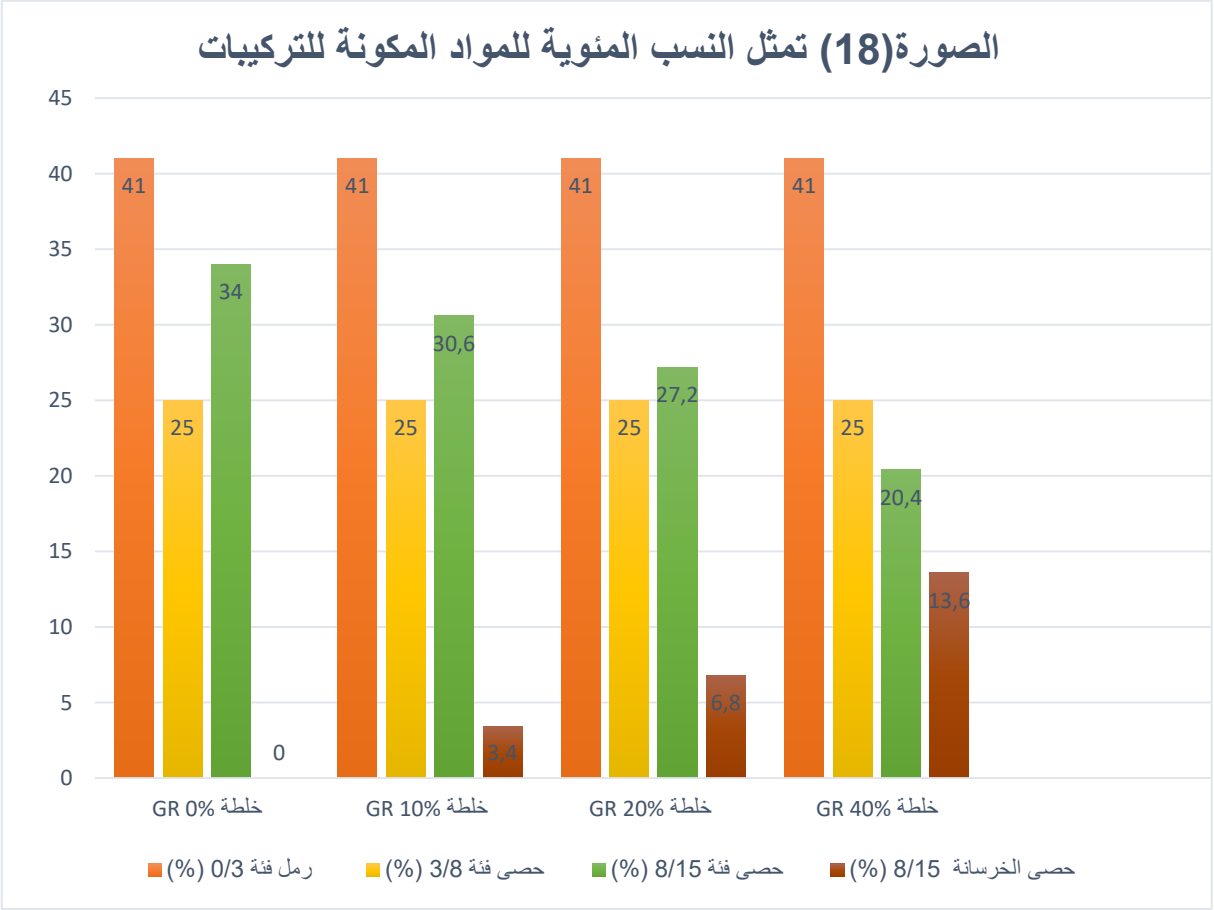
لدراسة طبقة الخرسانة البيتومينية العادية "BB" ذات خلطة تحتوي على نسب مختلفة من الخرسانة المحطمة، وضعنا التركيبات التالية:

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

الآن لدينا أربع خلطات تقسم نسبها كالتالي:

.

الصورة(18) تمثل النسب المئوية للمواد المكونة للتركيبات



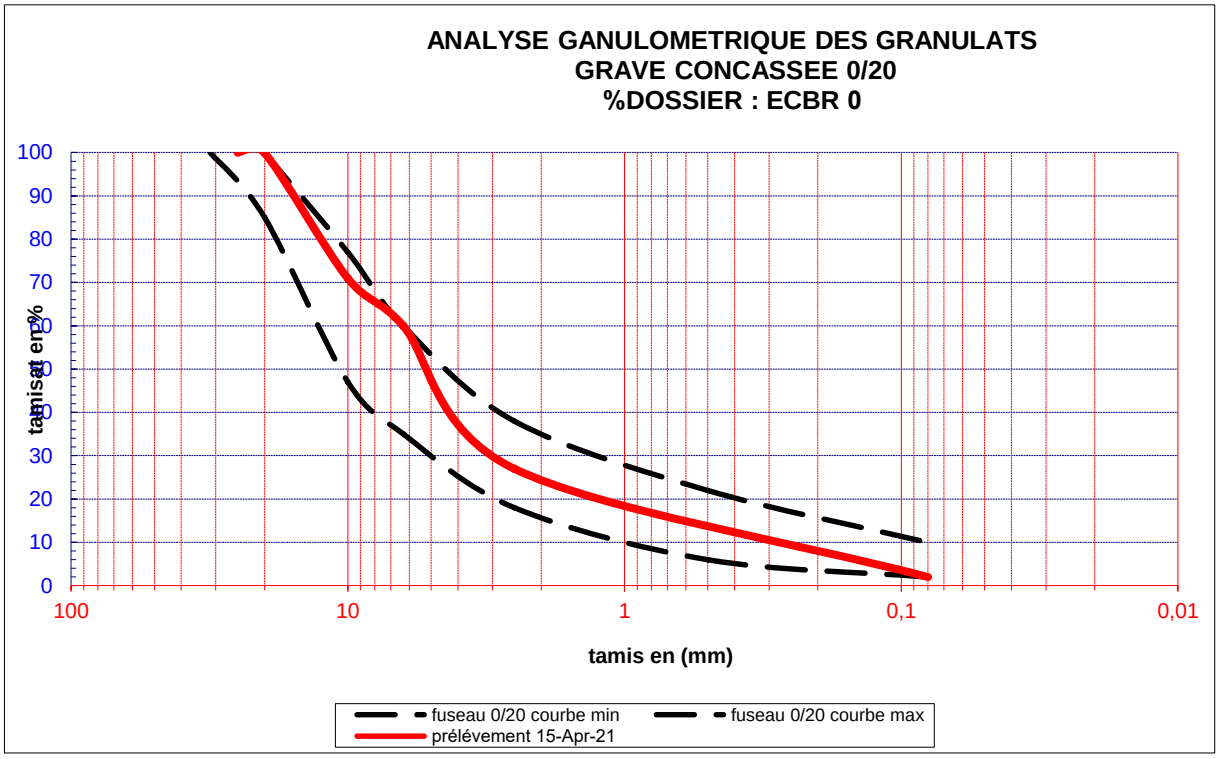
4-اختبار المواد:

1-التحليل الحبيبي:

منحنيات لحجم جسيمات مختلف الخلطات في الجداول التالية:

- جدول (07) قيم منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التدرج الحبيبي –

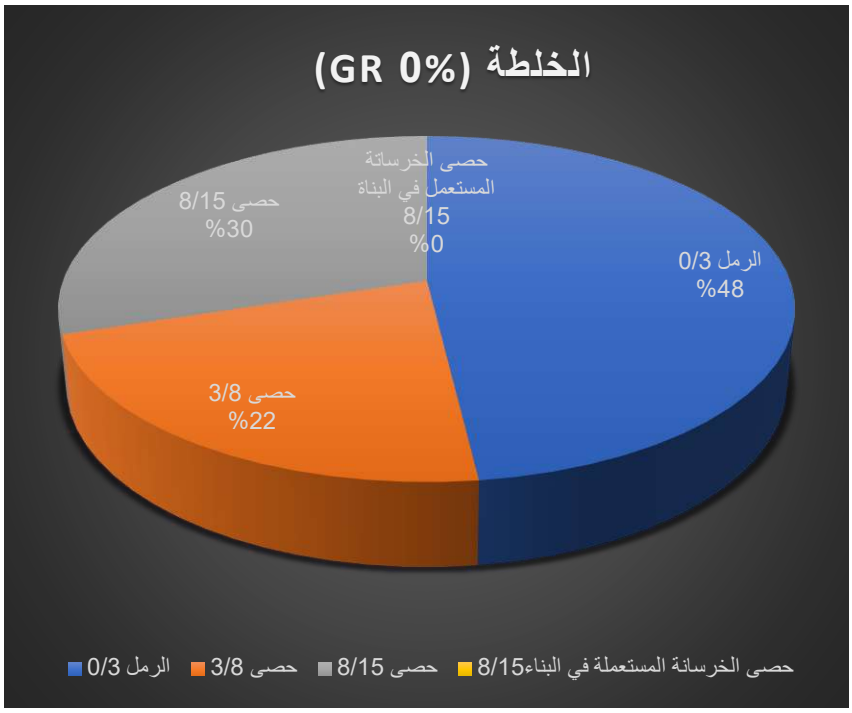
غربال (مم)	نسبة المار (%) من F1 إلى F2
16	من 94 إلى 100
12,5	من 84 إلى 90
10	من 72 إلى 84
6,3	من 50 إلى 66
2	من 28 إلى 40
0,08	من 7 إلى 10



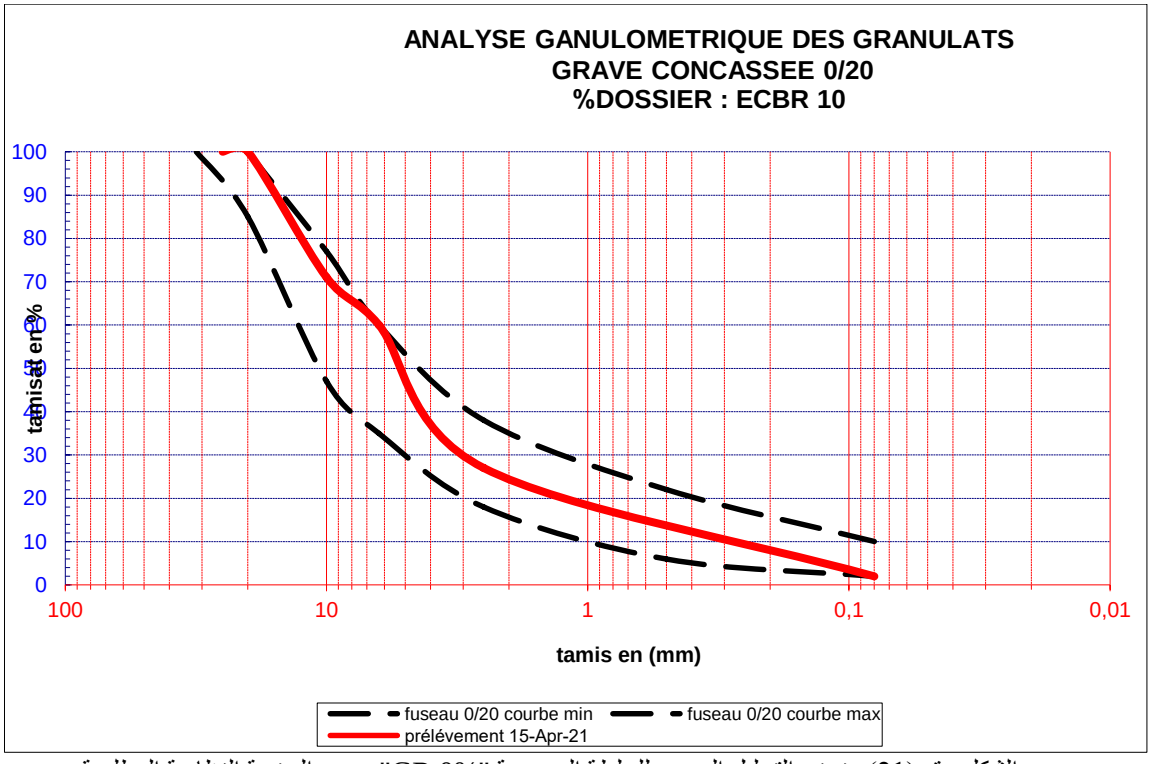
- الشكل رقم (19) منحنى الحزمة النظامية المطلوبة في التحليل الحبيبي –

- جدول (08) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%" -

نسبة المار (%)	غربال (مم)
95	16
86	14
73	12,5
67	10
62	8
56	6,3
49	5
41	4
26	3,15
17	2,5
11	2
5	1
3	0,63
3	0,315
2	0,16
2	0,08

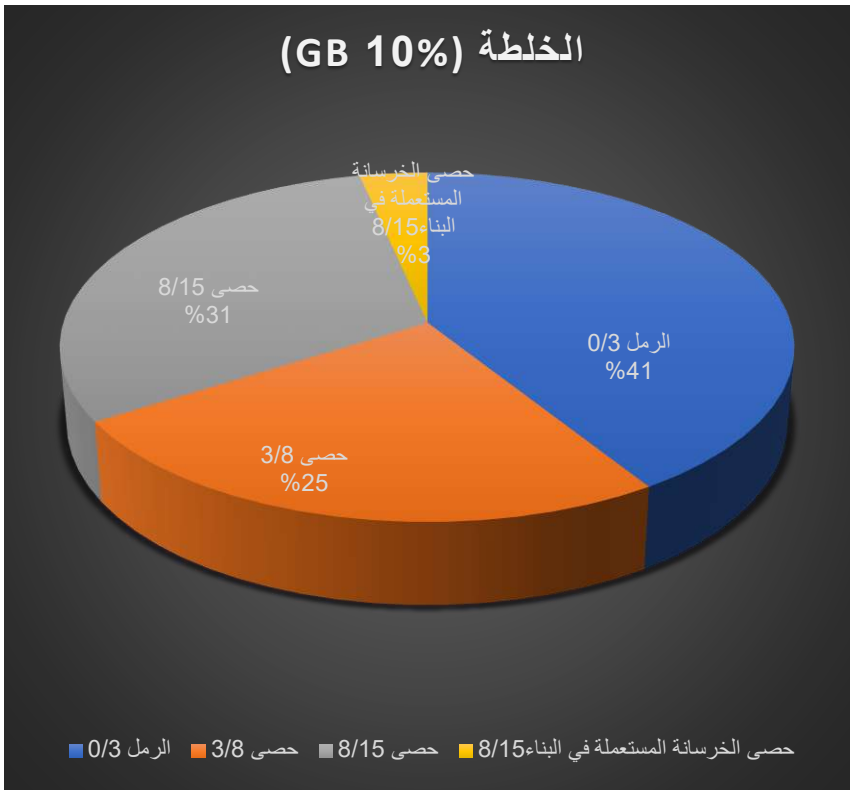


- الشكل رقم (20) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%" –



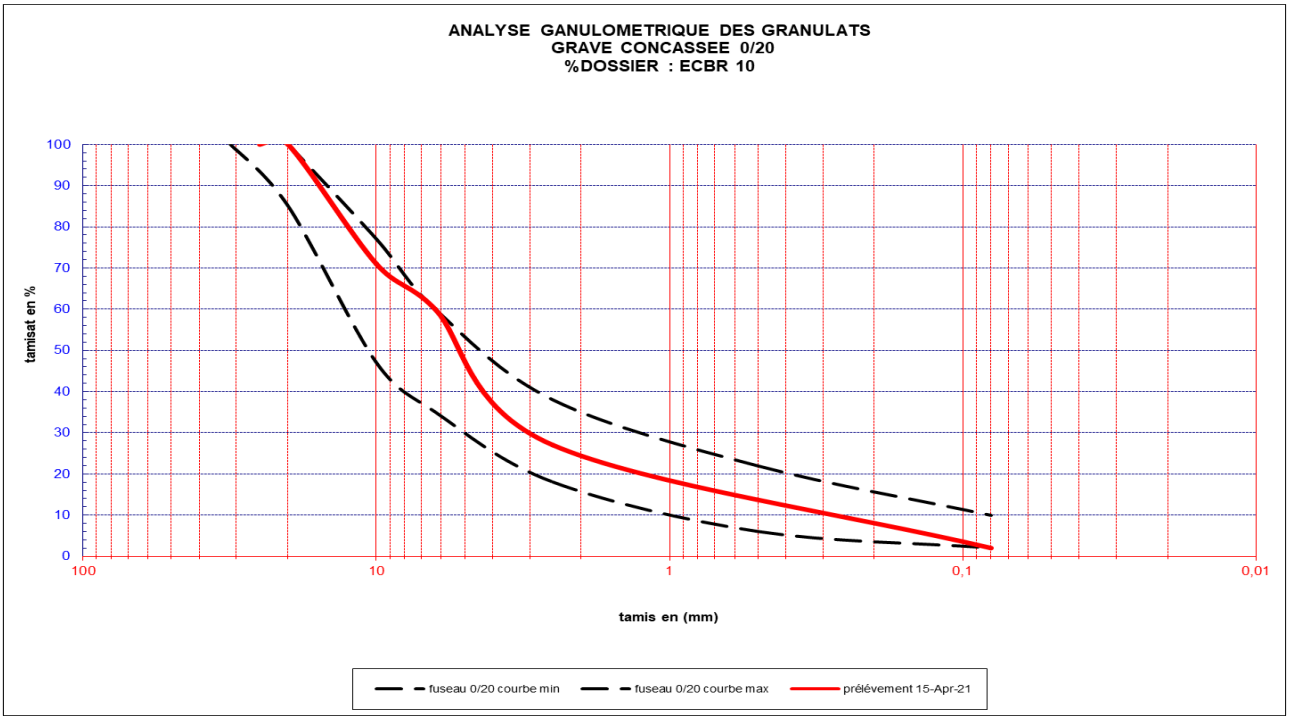
- الشكل رقم (21) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة المرجعية "GR 0%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة -

- جدول (09) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10%"-



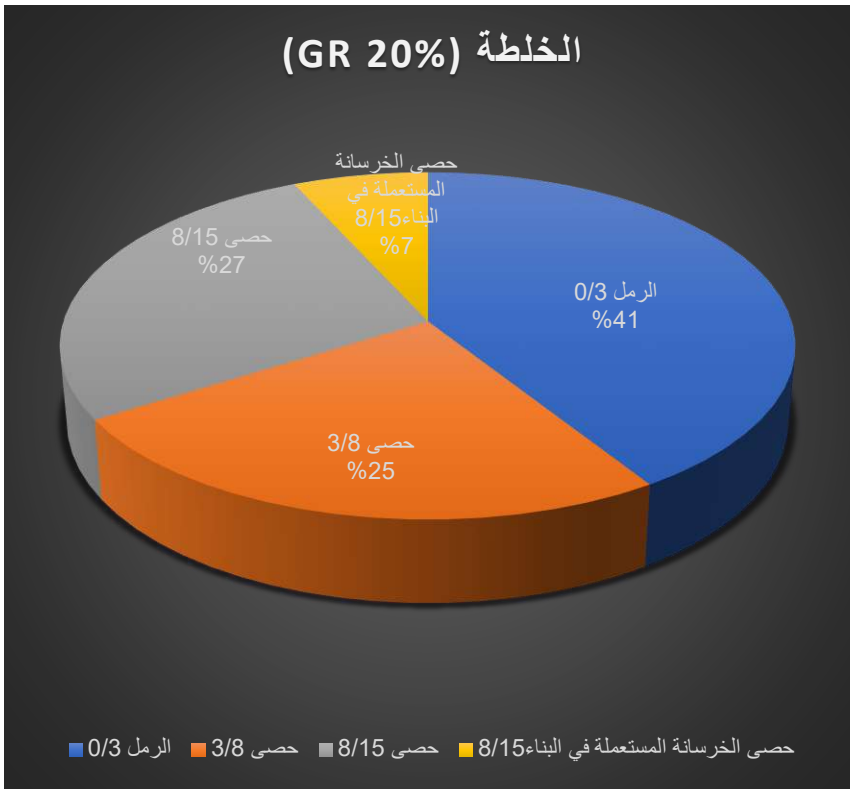
نسبة مار (%)	غربال (مم)
97	16
81	14
71	12,5
67	10
60	8
53	6,3
46	5
39	4
27	3,15
20	2,5
14	2
7	1
5	0,63
4	0,315
4	0,16
2	0,08

- الشكل رقم (22) النتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 10%" –



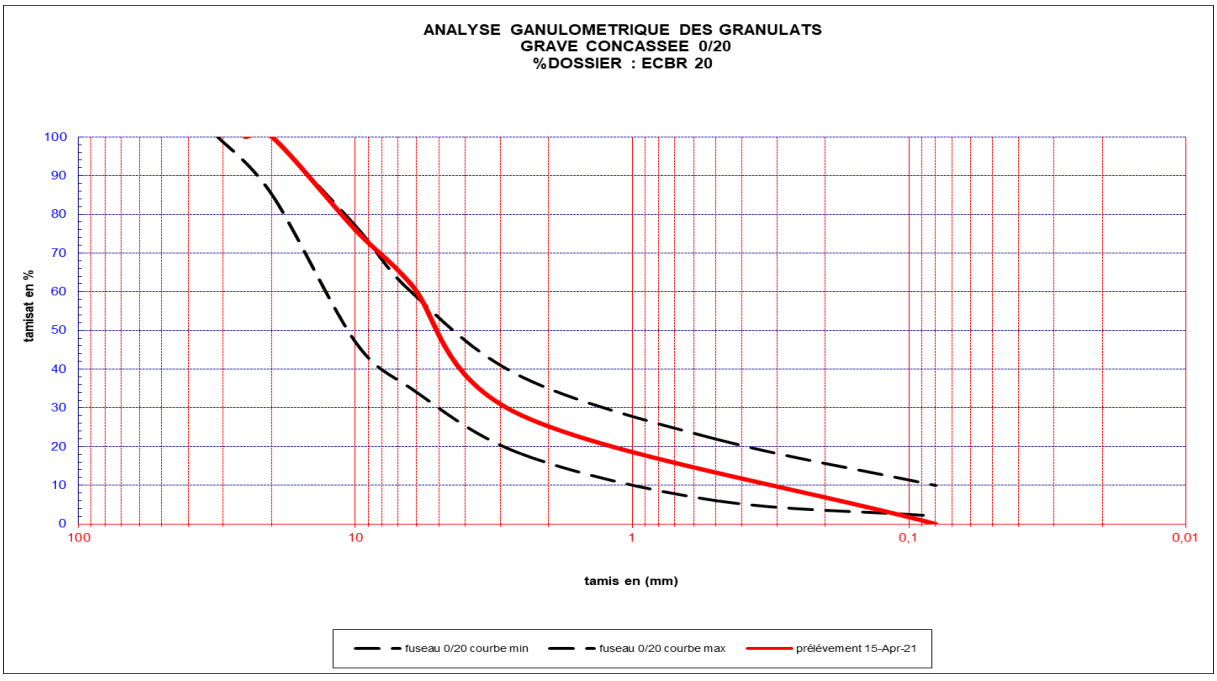
- الشكل (23) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 10%" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة –

- جدول (10) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 20%" -



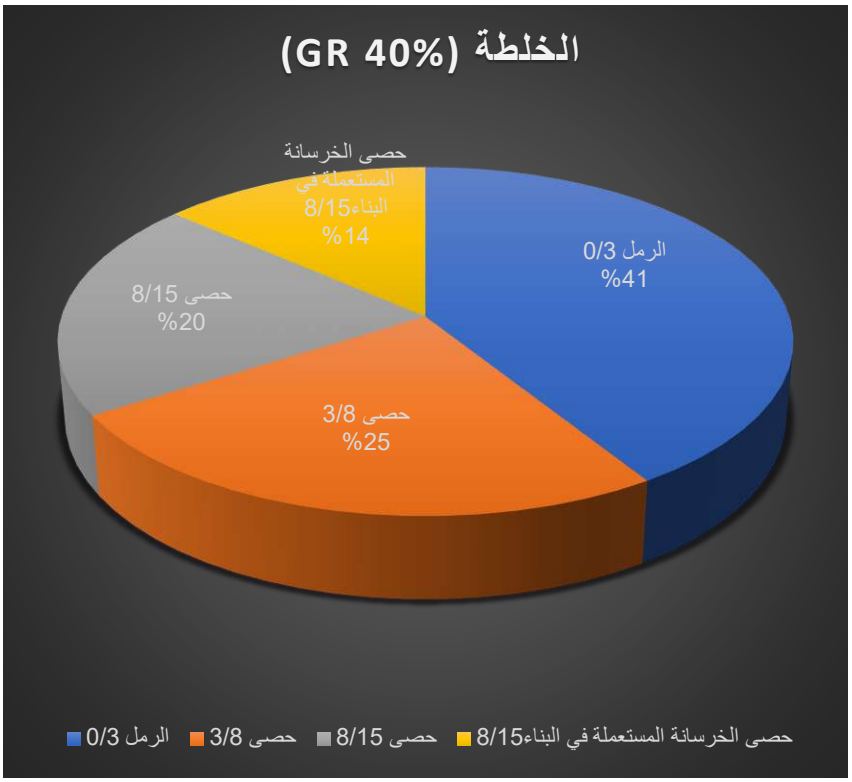
نسبة مار (%)	غربال (مم)
99	16
87.15	14
87	12,5
76	10
68	8
62	6,3
55	5
47	4
41	3,15
28	2,5
22	2
16	1
10	0,63
8	0,315
7	0,16
5	0,08

-الشكل رقم (24) نتائج تجربة التدرج الحبيبي "GR 20%" -



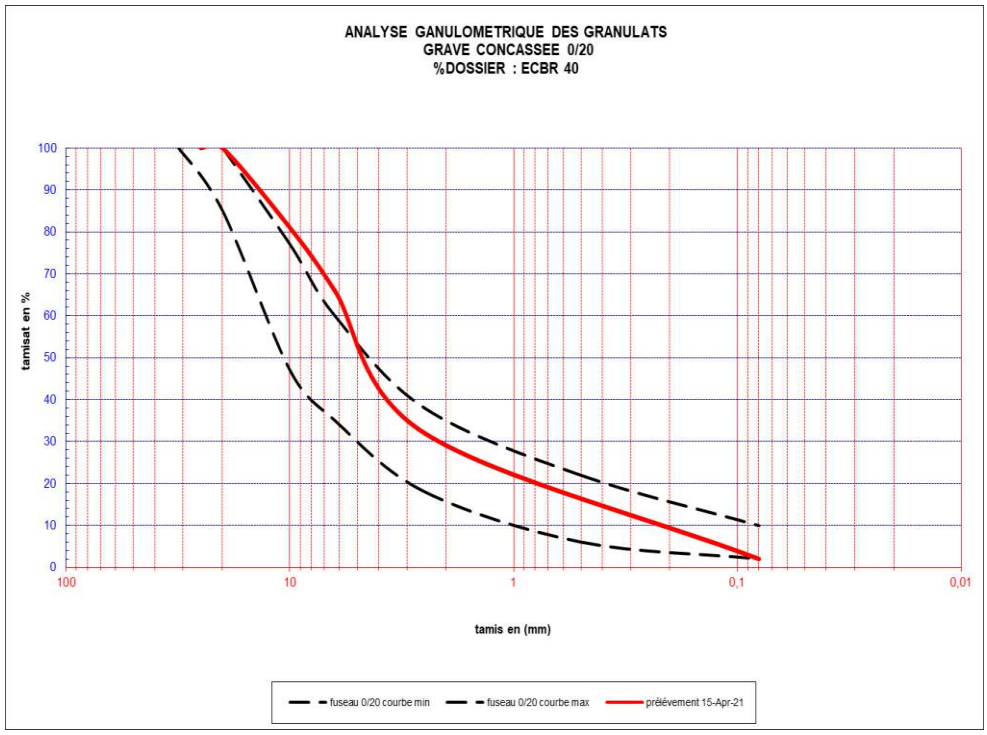
- الشكل رقم (25) منحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 20 %" ضمن الحزمة النظامية المطلوبة -

- جدول رقم (11) 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

- الشكل رقم (26) نتائج تجربة التدرج الحبيبي للخلطة "GR 40%" -



- الشكل رقم (27) المنحنى التحليل الحبيبي للخلطة "GR 40%" 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 حصى الخرسانة المستعمل في البناء.

5-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		-	فئة 10/14 %	% أقل من 25
اختبار ميكرودوفال	23.51		-	فئة 10/14%	% 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	2.61	2.61	2.60	المطلق (ط/م^3)	-
	1.42	1.36	1.43	الظاهرة (ط/م^3)	

- الجدول رقم (12) 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 (13) 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
نسبة الكبريتات (%) (SO3)	0.89	0.75
نسبة الكربونات (%)	56	77
نسبة الكلوريدات (%)	0.009	0.009

- الجدول رقم (14) نتائج اختبار كيميائي للغضار –

خاتمة المحور: تناولنا خلال هذا المحور مجموعة الاختبارات على المواد المستعملة في تصميم خلاطات الإسفلتية المراد دراستها بداية بتدرج الحبيبي لمزيج الركام المحتوى على نسب مختلفة من حصى الخرسانة المستعمل في البناء ثم نتائج تجارب اختبار البيتومين، وكل النتائج المحصل عليها نثبت ان المواد المستعملة متطابقة في اغلب المواصفات المطلوبة في تركيب الخليط الهدروليكي، وعليه في الفصل الموالي نقوم بتركيب الخلائط الهدروليكية باستعمال هذه المواد واجراء بعض التجارب

الفصل الثاني (الجانب التطبيقي)

المحور الثاني:

"اختبار خطة الخرسانة الإسفلتية"

المحور الثاني: "اختبار خلطة الخرسانة الإسفلتية"

تمهيد:

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

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

1-تجربة "دورياز" (NF P9-251-1): الغرض من هذا الاختبار هو تحديد قوة الانضغاط لعينة من الإسفلت بأوزان محددة ومقاطع عرضية، كما يمكن تحديد مقاومة المزيج للماء من خلال نسبة قوة الانضغاط بعد الغمر للعينة في حمام مائي.

.

- الشكل رقم (28) لجهاز اختبار دورياز -

الاستقرار في اختبار دورياز (بار)						
مقاومة ضغط الهواء	(R)	101.4	136.5	128	121.35	70 < كلغ/سم^2
مقاومة ضغط بعد الغمر	(r)	85	119.55	109.75	99.35	-
نسبة ضغط الإنغمار	(r/R)	0.83	0.87	0.85	0.81	> 0.8

- جدول رقم (15) ملخص نتائج اختبار دورياز –

2-تجربة "مارشال" (NF 98-251-2): مبدأ الاختبار تحديد ثبات وانسياب عينة مدموكة من الخلطة الإسفلتية وتحديد نسبة الإسفلت المثلى.

- الشكل رقم (29) 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.

- جدول رقم (16) 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:

- الشكل رقم (30) صورة لفرن التسخين

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

و "γG" هي الكتلة الحجمية الحقيقية للحصى.

K: معامل الوفرة.

Σ: مساحة سطح تقليدية محددة.

ا-قياس السطح المحدد: $\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f$

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

(% 5,38 = f ; % 41 = s ; % 25 = S ; % 34 = G)

نحصل على قيمة السطح المحدد $\Sigma = 12.84\ m^2/kg.$

معامل التصحيح: $\alpha = 2.65/\gamma G$

حيث **γG** هي الكثافة الحقيقية للـ

قيمة معامل التصحيح لكل خليط: **α = 1**

ب- تحديد محتوى الرابط بدلالة لمعامل الوفرة (K):

يمكن لمعامل الوفرة (K) أن يأخذ القيم بين 3.9 و3.3 في حالة الخرسانة الإسفلتية.

الجدول (22) محتويات الرابط الإسفلتي لقيم مختلفة لمعامل الوفرة.

- الجدول رقم (17) نسب محتويات الرابط الإسفلتي -

المعامل (K)	3,4	3,5	3,6	3,7
محتوى الربط الإسفلتي (%) (مقارنة المجاميع)	5,76	5,93	6,10	6,27
محتوى الربط الإسفلتي (W) (%) (بنسبة الخلط)	5,66	5,83	6	6,16

يتم تحديد محتوى الموثق لكل خليط W بواسطة: $\frac{100\,TL}{100 + TL} = W$

يتم تعريف هذه النتائج التي تم الحصول عليها بشكل عام على أنها محتوى الموثق للخلطات المختلفة (GR 0% , GR 25% , GR 50%).

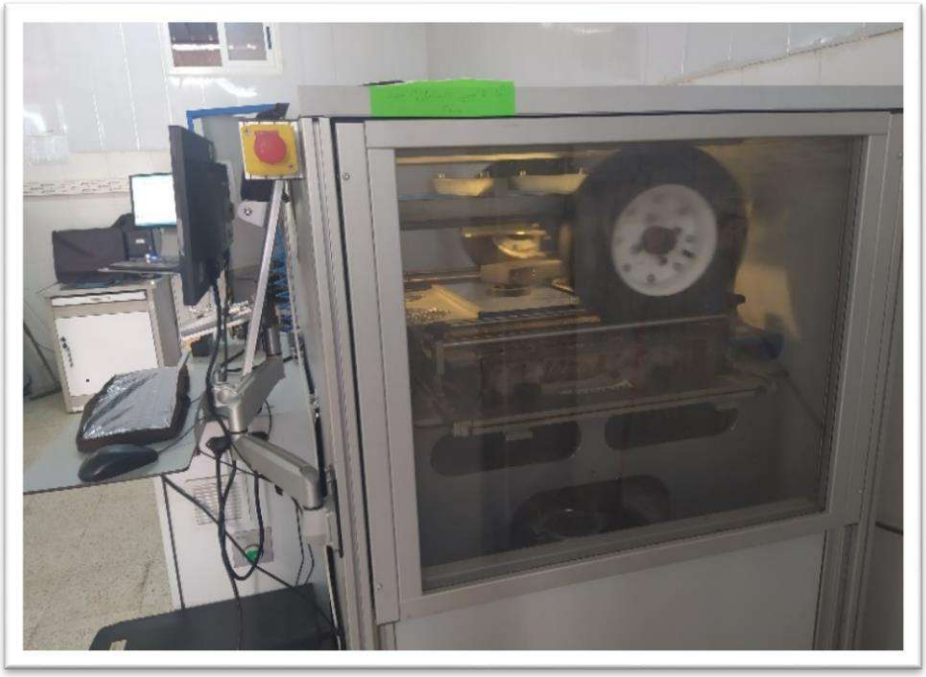
- الجدول رقم (18) ملخص نتائج اختبار للخلطة إسفلتية –

التجارب		النتائج				النصائح
		خليط .ا	خليط .ب	خليط .ج	خليط .د	
معامل	K	3,4	3,5	3,6	3,7	-
محتوى البيتومين	%	5,76	5,93	6,10	6,27	-
الكثافة الظاهرة	غ/سم^3	2.20	2.22	2.21	2.20	-
الكثافة النظرية	غ/سم^3	2.408	2.403	2.398	2.393	-
الفرغات الحجمية%	%	8.65	7.60	7.85	8.05	-
تجانس	%	91.35	92.40	92.15	91.95	92 à 96

3-تجربة التخدد (NF EN 12697 – 1):

يهدف اختبار التخدد لتقييم سلوك تشوه المواد البيتومينية الساخنة، بعمق الأخدود أقل أو Dmax يساوي 32مم الذي يتشكل بعد الممرات المتكررة للحمل المتداول عند درجة حرارة ثابتة، يعرض هذا الدليل في حالة يكون الجهاز الكبير.

نوع الإطار: (Trelleborg T522 BV Extra: 400×8)



- الشكل رقم (31) جهاز اختبار التخدد –

1-خطوات العمل على اختبار التخدد:

- الشكل رقم (32) جهاز دمك اللوحات قبل اختبار تخدد –

أ-معايرة وتحقق:

- ✓ معايرة كل من (الفرن، الميزان، جهاز التوجيه، ضاغطة اللوح، كمية العينة، الكثافة الفعلية للعينة).
- ✓ تسجيل تاريخ ووقت بدء الاختبار

ب-اختيار قالب الاختبار: يتم اختيار قالب الاختبار وفقًا لحجم حبيبات الخليط على النحو التالي

- ✓ إذا كان Dmax أقل من 14مم نختار حجم القالب 500×180×50 مم.
- ✓ إذا كان Dmax أكبر من 14مم نختار حجم القالب 500×180×100 مم.

و نسجل بعاد التشوه:

ج-تحقق من أبعاد القالب: يسمح جهاز التخدد باختبار لوحتين في آن واحد حسب دليل**33 - NF EN 12697**

حيث الابعاد النظامية كالتالي 500 ± 2 مم، 180 ± 2 مم المطلوب حساب النسبة المئوية للفراغ المستهدف.

- الجدول رقم (19) تعريف لرموز ومصطلحات القياس -

رمز	وحدة القياس	تعيين
h_A, h_B	مم	على التوالي A وB متوسطات سمك الألواح
N	-	عدد الدورات
$m_{A_j}^0, m_{B_j}^0$	مم	على التوالي J في الموقع A و B القياسات الأولية للواحات
$m_{A_j}^N, m_{B_j}^N$	مم	عدد دورات N على التوالي و Jفي الموقع A و B قياسات الانفعال للواحات
P_A^N, P_B^N	%	على التوالي A و B النسبة المئوية لعمق الشق المقاسة من الصفيحتين
P^N	%	النسبة المئوية لمتوسط عمق الشبق للصفيحتين تحت تحميل دورات N

د-قياس سمك وكتلة الألواح: هناك نوعان الألواح بسمك 50± 2,5 مم والألواح بسمك 100±5 مم

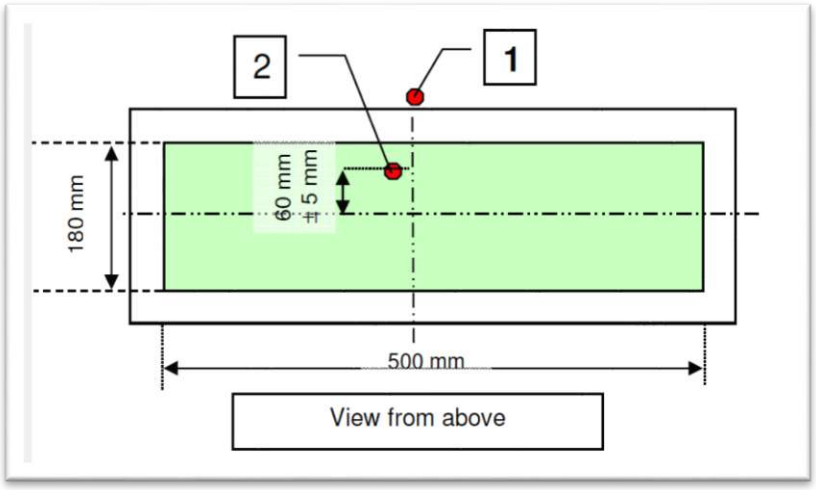
مع تحديد قيمة الكتلة لكل لوحة كمثال (اللوحة أ) M= كتلة (أ)

ه- حساب الكثافة الظاهرية للوحات : "EN 12697-6"

كمثال تسجيل الكثافة الظاهرية للوحة (ا) = MVA(اللوحة أ)

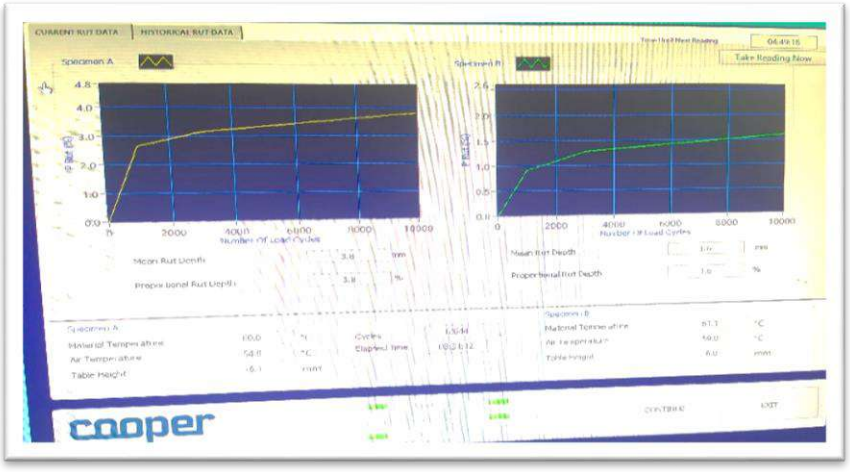
ي – تحضير أطباق الاختبار:

نستخدم مثقاباً كهربائياً لحفر ثقب بقطر 8 مم في كل لوحة، كما هو موضح في الشكل (41)



- الشكل رقم (33) مواضع ثقب لتثبيت مقياس الحرارة –

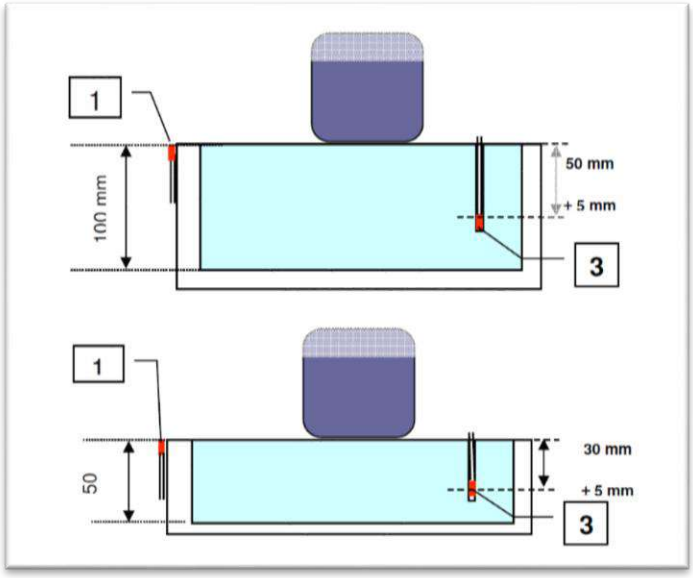
- نقوم بملء المعلومات: فترة التكييف (دورات التحميل): درجة حرارة الاختبار يجب أن تكون 60 ± 1 درجة مئوية.



- الشكل رقم (34) واجهة برنامج جهاز اختبار التخدد -

فترة الاختبار (دورات التحميل) ، فترة الاختبار هي عدد الدورات التي سيتم تنفيذها وفقاً لطلب دليل

NF 13108-1 القراءة الأولية: هذه هي قياسات التشوه عند 30 و100 و300 دورة،



- الشكل رقم (35) مقطع عرضي للوحة الاختبار -

يجب فحص ضغط الإطارات، حيث يجب أن تكون 6±0,3 بار قبل بدء الاختبار باجتياز 1000 دورة عند درجة حرارة الغرفة بين 15 و25 درجة مئوية، و تؤخذ قياسات الضغط عند انتهاء هذه المرحلة.

2-مراحل عرض النقاط على واجهة البرنامج:

المرحلة الأولى: 1000 دورة تستغرق حوالي 25 دقيقة.

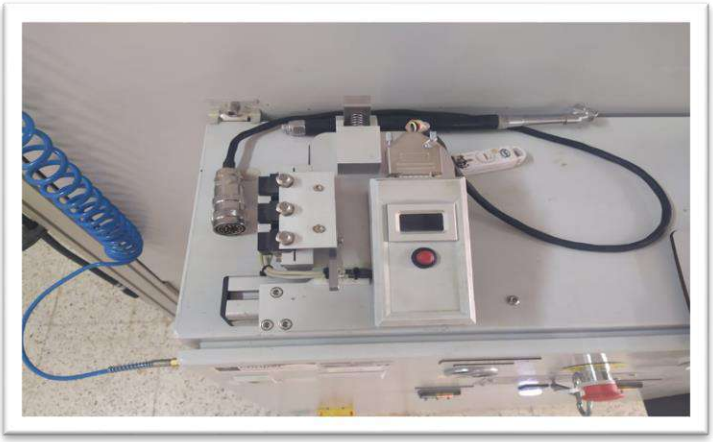
المرحلة الثانية: 3000 دورة تستغرق حوالي 35 دقيقة.

المرحلة الثالثة: 10000 دورة تستغرق حوالي ساعتين و30 دقيقة.

المرحلة الرابعة: 30000 دورة تستغرق 5 ساعات و40 دقيقة.

المرحلة الخامسة: 100,000 دورة تستغرق أكثر من 19 ساعة.

في نهاية قياس الانفعال في كل مرحلة.



- الشكل رقم (36) أداة قياس الاخدود –

4-حساب نسبة التخدد:

يتم احتساب نسبة التخدد تلقائيًا بواسطة البرنامج وفقًا للصيغة التالية

$$P_{A,B}{}^{N} = 100 \times \left[\sum^{j=15} \left(m_{A,B}{}_{j}^{N} - m_{A,B}{}_{j}^{0} \right) / 15 \times h \right]$$

A و B لوحات الاختبار N عدد الدورات يتم حساب متوسط النسبة المئوية للتخدد باستخدام الصيغة التالية:

$$P^{N} = (P_{A}{}^{N} + P_{B}{}^{N}) / 2$$

نهاية الاختبار يتم الحساب في كل مرحلة (عدد الدورات) ويتم عرض النتائج في ملف امتداد.

- الجدول رقم (20) معلومات عن التركيبة المرجعية –

التركيبة	GR 0 %
تاريخ تصنيع اللوحات	2021/06/14
طريقة ضغط اللوح	عجلة
العمر الافتراضي للعينات	ستة ايام
درجة حرارة التخزين	25°C
شرط الاختبار	
تاريخ الاختبار	2021/06/20
اختبار درجة الحرارة	60°C
عدد العينات	1

- الشكل رقم (37) للعينة المرجعية بعد الاختبار-

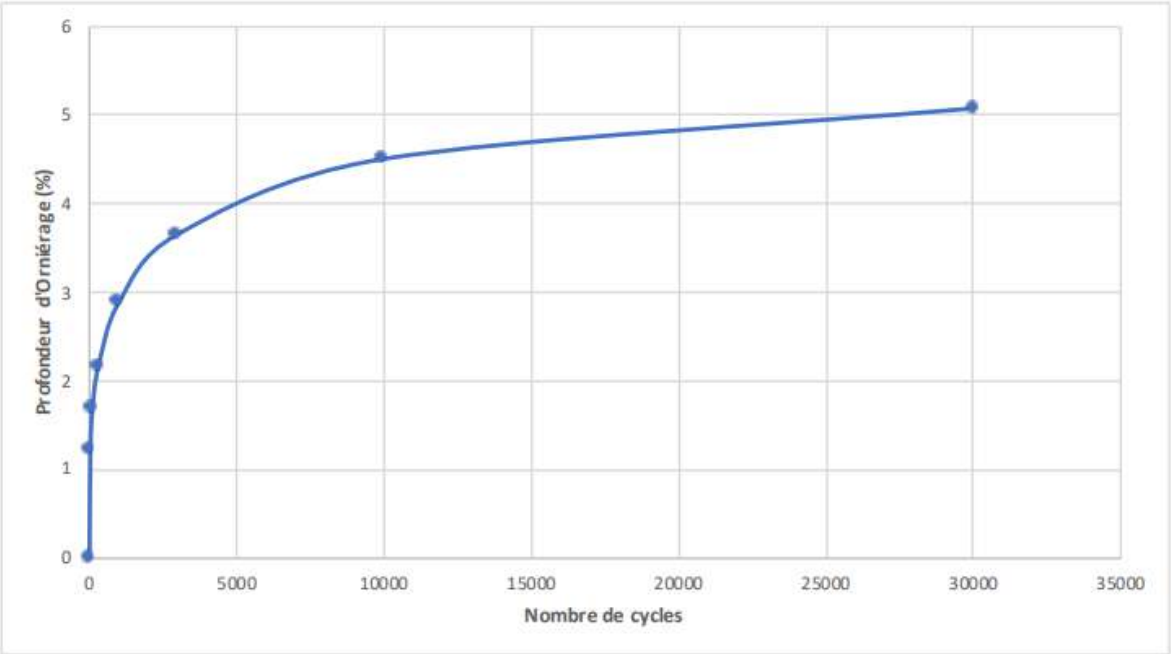
- جدول رقم (21) ابعاد العينة المرجعية –

معلومات العينة	الابعاد (مم)			كتلة (كلغ)	MVA (كلغ/م^3)	MVA(1) (كلغ/م^3)	(%) الهواء
	طول	عرض	سمك				
	500	180	102,95	21020	2268.63	2490	8.89

-الجدول رقم (22) نسب التخدد في العينة المرجعية –

-

مرجع العينة: 0 % من حصى الخرسانة المستعملة في البناء						
نتائج الاختبار	عدد الدورات	1000	3000	10000	30000	**100000**
	قيم التخدد بالـ %	2.89	33.66	4.51	5.08	-



- الشكل رقم (38) منحنى التخدد للعبنة المرجعية-

- الجدول رقم (23) معلومات عن التركيبة GR 10 % -

التركيبة	GR 10 %
تاريخ تصنيع اللوحات	2021/06/15
طريقة ضغط اللوح	عجلة
العمر الافتراضي للعينات	خمسة ايام
درجة حرارة التخزين	25°C
شرط الاختبار	
تاريخ الاختبار	2021/06/20
اختبار درجة الحرارة	60°C
عدد العينات	1

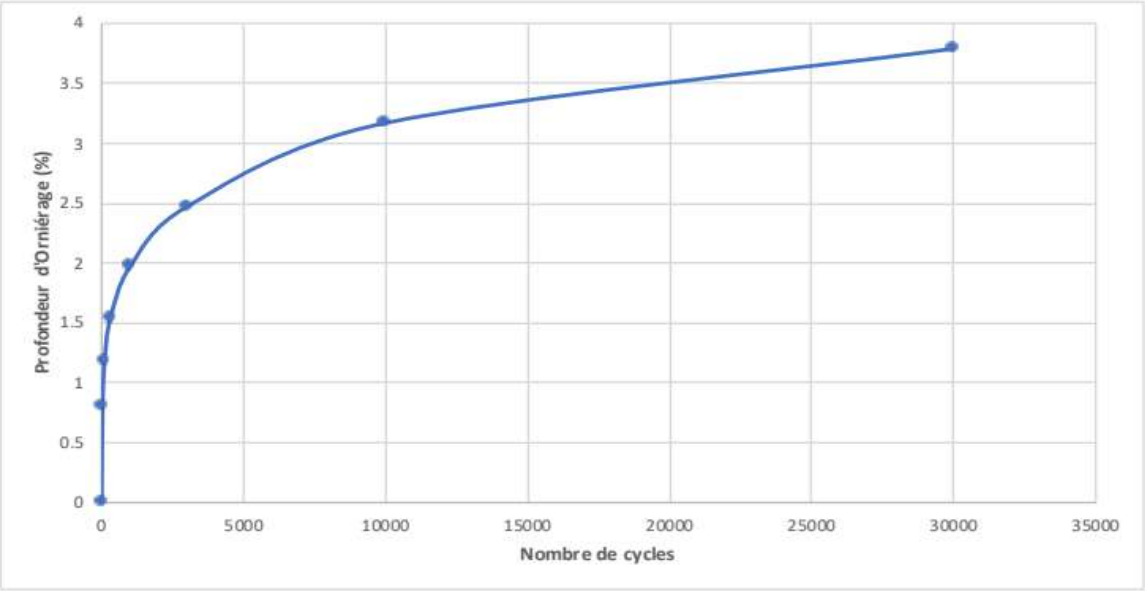
- الشكل رقم (39) للعينة GR 10 % بعد الاختبار-

- جدول رقم (24) ابعاد العينة GR 10 % -

معلومات العينة	الابعاد (مم)			كتلة (كلغ)	MVA (كلغ/م^3)	MVA(1) (كلغ/م^3)	الهواء (%)
	طول	عرض	سمك				
	500	180	102.95	21046	2271.44	2400	8.78

- الجدول رقم (25) نسب التخدد في العينة GR 10 % -

مرجع العينة:10% من حصى الخرسانة المستعملة في البناء						
نتائج الاختبار	عدد الدورات	1000	3000	10000	30000	100000
	قيم التخدد بالـ %	1,97	2,47	3,17	3.79	-



- الشكل رقم (40) منحنى التخدد للعينة GR 10 % بعد الاختبار-

- الجدول رقم (26) معلومات عن التركيبة GR 20% -

التركيبة	GR 20 %
تاريخ تصنيع اللوحات	2021/06/15
طريقة ضغط اللوح	عجلة
العمر الافتراضي للعينات	سبعة ايام
درجة حرارة التخزين	25°C
شرط الاختبار	
تاريخ الاختبار	2021/06/22
اختبار درجة الحرارة	60°C
عدد العينات	1

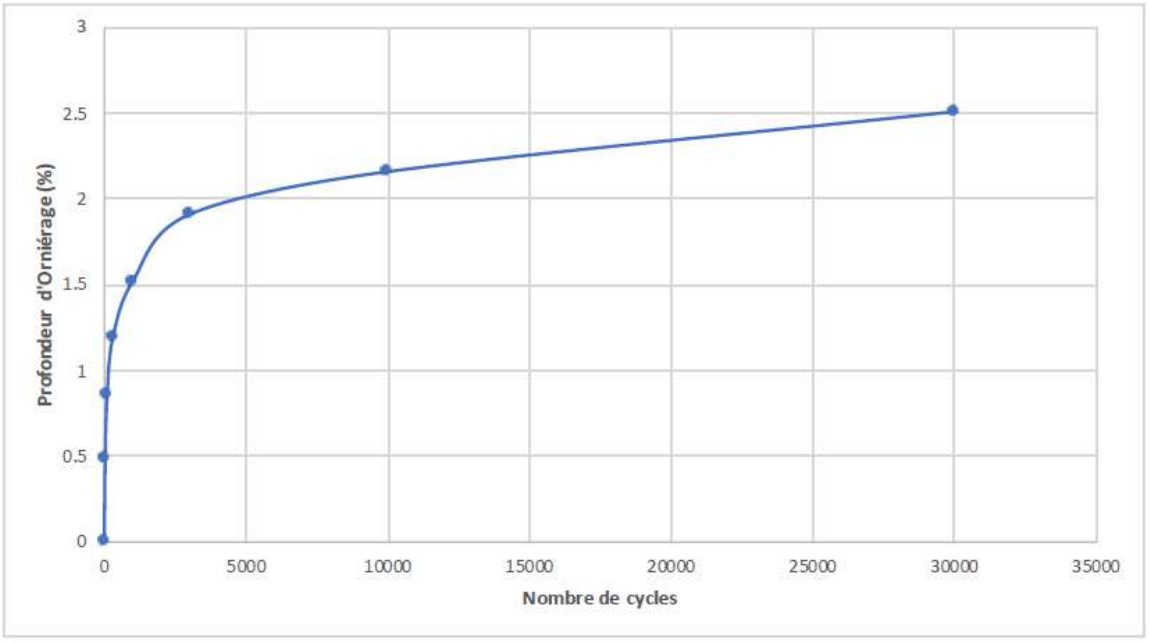
- الشكل رقم (41) للعينة 20GR % بعد الاختبار-

- جدول رقم (27) ابعاد العينة GR 20% -

معلومات العينة	الابعاد (مم)			كتلة (كلغ)	MVA (كلغ/م^3)	MVA(1) (كلغ/م^3)	الهواء (%)
	طول	عرض	سمك				
	500	180	102.95	21.02	2268.63	2490	8.89

- الجدول رقم (28) نسب التخدد في العينة GR 20 % -

مرجع العينة: 20 % من حصى الخرسانة المستعملة في البناء						
نتائج الاختبار	عدد الدورات	1000	3000	10000	30000	100000
	قيم التخدد بالـ %	1.52	1.91	2.16	2.51	-



- الشكل رقم (42) منحنى التخدد للعينة GR 20 % بعد الاختبار-

- الجدول رقم (29) معلومات عن التركيبة GR 40% -

التركيبة	GR 40 %
تاريخ تصنيع اللوحات	15/06/2021
طريقة ضغط اللوح	عجلة
العمر الافتراضي للعينات	يومان
درجة حرارة التخزين	25°C
شرط الاختبار	
تاريخ الاختبار	22/06/2011
اختبار درجة الحرارة	60°C
عدد العينات	1

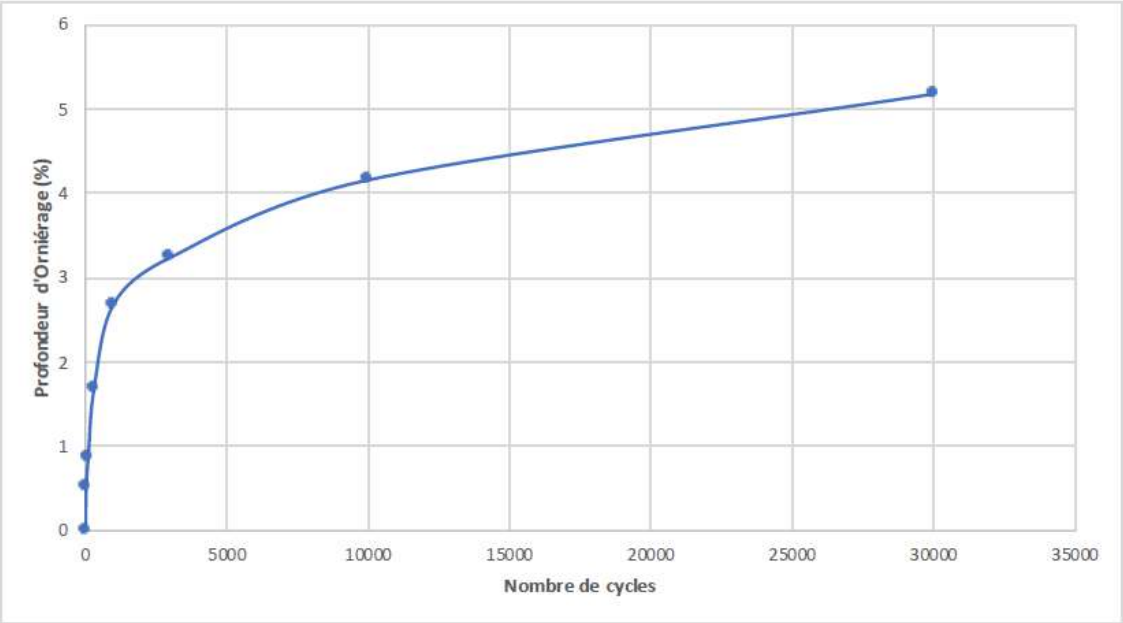
- الشكل رقم (43) للعينة GR 40 % بعد الاختبار-

- جدول رقم (30) ابعاد العينة GR 40 % -

معلومات العينة	الابعاد (مم)			كتلة (كلغ)	MVA (كلغ/م^3)	MVA(1) (كلغ/م^3)	الهواء (%)
	طول	عرض	سمك				
	500	180	102.92	20.87	2252.44	2490	9.54

- الجدول رقم (31) نسب التخدد في العينة GR 40 % -

مرجع العينة: 40 % من حصى الخرسانة المستعملة في البناء						
نتائج الاختبار	عدد الدورات	1000	3000	10000	30000	**100000**
	قيم التخدد بالـ %	2.69	3.24	4.16	5.18	-



- الشكل رقم (44) منحنى التخدد للعينة GR 40 % بعد الاختبار-

ملاحظات : العينات مطابقة للمواصفة القياسية NF EN 13108-1 فئة BBSG1

لم تفقد التركيبة الأولى والثانية مقاومتهما للتحميل المتكرر طيلة مدة الاختبار بينما فقدت التركيبة الثالثة المقاومة عند عدد معين من الدورات، أما التركيبة الرابعة فقدت المقاومة وتماسك معا من البداية ولم تسجل أي نتيجة لتخدد.

5- تحليل النتائج:

- التركيبة المرجعية "GR 0%":

سجلت التركيبة 5,08 % كنسبة للهبوط بعد بلوغ 30000 دورة وهي نسبة جيدة وفقاً للمعايير النظامية ويعود هذا لتدرج الجيد لمختلف حجوم الحصويات والنوعية الجيدة للمواد المكونة، كما انها تخلو من المواد الإضافية.

- التركيبة "GR 10%":

سجلت التركيبة 3.79 % كنسبة للهبوط بعد بلوغ 30000 دورة وهي نسبة وهي نسبة أفضل من نسبة التركيبة السابقة ويعود هذا لعديد من العوامل، لعل أبرزها المواد المستعملة التي تمت اضافتها، بعد

استبدال جزء من الحصى (G 8/15) بنسبة 10% بحصى الخرسانة المستعمل في البناء منها في تصميم خلطة الاختبار الإسفلتية.

- التركيبة "GR 20%":

مقاومة التركيبة للتحميل المتكرر بعد 3000 دور حيث سجلت: 2.51% وهي نسبة جيدة جدا وقد تعود الى النسبة المرتفعة للمواد المستعملة من تركيبة حصى الخرسانة المستعلة في البناء، حيث انها ساهمت بـنسبة 20 % لجزء من حصى (G 8/15) في تصميم هذه التركيبة.

- التركيبة "GR 40%"

مقاومة التركيبة للتحميل المتكرر بعد 3000 دور حيث سجلت: 5.18% وهي نسبة مقبولة وقد تعود الى النسبة المرتفعة للمواد المستعملة من تركيبة حصى الخرسانة المستعلة في البناء، حيث انها ساهمت بـنسبة 40 % لجزء من حصى (G 8/15) في تصميم هذه التركيبة.

خاتمة المحور:

توصلنا من خلال هذا المحور إلى اعتماد نسبة 20 % من الحصى المستعمل في البناء كأحسن نسبة مع انه النسب السابقة تبقي مقبولة ويمكن أو يسمح بإضافتها لتصميم الخلطات الخرسانية الإسفلتية دون أن يشكل ذلك اي ضرراً من ناحية التخدد، بل يساهم في تماسك الخليط ومقاومته للتخدد بالنسبة السابقة الذكر.

ان استعمال حصى البناء المدور في الخرسانة الاسفلتية بدأ من نسبة 10 % الى غاية 20 % يعطى إيجابية من حيث مقاومة الخرسانة الاسفلتية ضد التخدد وهو الامر المشجع لإتمام تجارب ميكانيكية أخرى.

حتى نصل الى اعتماد نسب معينة في الحصى المدور من الخرسانة المستعملة في البناء في تصميم الخرسانة الاسفلتية لتكون أكثر صلابة واستقرار.

خاتمـــــــــــــــة عامـــــــــــــــة

يتناول موضوع المذكرة مساهمة بشكل جزئي في التنمية المستدامة للتمكين من السيطرة على خصائص مواد الطرق، وهذا من خلال تقديم دراسة تجريبية تهتم باسترجاع بعض النفايات والمتمثلة في إمكانية استرجاع حصى الخرسانة الإسمنتية المستعملة في البناء وإمكانية استغلالها في تحسين بعض الخصائص الميكانيكية لطبقة السير وكظاهرة التخدد.(Orniérage)

تم اعداد هذه الدراسة في جزء نظري وجزء عملي

الجانب نظري يتضمن ثلاث فصول وهي:

- الفصل الاول يتناول عموميات حول الطرق والخلطة الاسفلتية وهذا من اجل توضيح مكونات الطرق وشروط تصميمها لمقارنتها بالنتائج المحصل عليها في الدراسة التجريبية
- الفصل الثاني يتضمن معلومات وبعض البحوث حول اعادة تدوير حصى الخرسانة واستعمالها في اشغال الطرق
- اما الفصل الثالث فهو خاص بكل ما يتعلق بظاهرة تخدد الطرقات مبرزا اسباب هاته الظاهرة ومكانيزمات تشكيلها في طبقات السير.

بالنسبة للجانب التجريبي فقد تم إعداده في فصلين وهما:

فصل خاص بتجارب حول المواد المستعملة في الخليط الخرسانة الاسفلتية المراد اختبارها حيث النتائج بينت ان كل هاته المواد تقريبا تستجيب للمواصفات المطلوبة

اما الفصل الموالي في الجانب التجريبي وهو أخر فصل في الدراسة والذي من خلاله تمت التجارب المخبرية على الخلطات الاسفلتية المشكلة حسب النسب المئوية من الحصى المعاد تدويره من خرسانة الاسمنت.

حيث بعد تشكيل الخرسانة الاسفلتية المرجعية وتحديد نسبة كل مادة من المواد المشكلة لهاته الخرسانة المرجعية وذالك باستعمال نتائج تجربة مارشال قمنا بإدخال وبصفة تدريجية نسب من الحصى المعاد تدويره بتغير هاته النسب مكان الحصى العادي قسم 8/3 حيث كانت النسب كالتالي: 0% من الحصى يعنى خرسانة مرجعية , 10% , 20%و40% من حصى المعاد تدويره.

اظهرت نتائج تجربة التخدد ان هناك نسبة معينة من الحصى المعاد تدويره كانت اضافة إيجابية من حيث تمساك الخطلة الاسفلتية ومقاومتها للتخدد حيث أحسن النتائج كانت محصورة بين نسبة 10 % و20 % من الحصى المعاد تدويره واعلى نتيجة كانت تلك المرافقة لنسبة 20 %.

في النهاية؛ يفتح هذا البحث الأبواب أمام أبحاث جديدة تعتمد على ما توصلنا إليه من نتائج

وتعمل على ما لم نتمكن من التحقق منه بتجارب واختبارات أخرى، وتحمل هذه الدراسة وجهات نظر مختلفة مثل أن يكون التركيز على استعادة حصى الخرسانة المستعملة في تصميم الخرسانة البيتومينية من عدة مواقع أو طرق تختلف في تاريخ الإنشاء وتاريخ الكشط لتعطي نتائج متباينة تحدد تصنيف الحصى المستعمل والنسب الدقيقة لاستعماله، أو التركيز على التعامل مع الحصى الخرسانة المعاد تدويرها بشكل آخر بدرجة حرارة معينة، ويبقى الهدف هو امكانية اعتبار حصى الخرسانة المستعملة في البناء مساهماً في تصميم كل الطرقات.

قائمة المراجع

[1] هندسة تشييد وصيانة الطرق جامعة الزقازيق مصر

[2] حسين كمال علبة و اياد امير صقور,2016, الأسس النظرية والتطبيقية لتصميم الخلطات الإسفلتية.

[3] المهندس أراس عبدالله صابر عثمان,2013,تصميم الخلطات الإسفلتية للطرق.

[4] خوجة نزهة +قوي عائشة 2013 مذكرة نهايـة الدراسة دراسة منشأ R+1.

[5] حسين كمال علبة واياد امير صقور,2016، مذكرة الأسس النظرية والتطبيقية لتصميم الخلطات الإسفلتية

[6] ملتقى طلاب فلسطين من الهندسة المدنية.

[7] د: محمود توفيق سالم، هندسة الطرق (1)، شركة منشورات، دار الراتب الجامعية.

[9] المهندس الاستشاري حسان عزالدين ابو خريش في أبريل 03, 2017، الدليل الفني للطرق والكباري.

[8] م.وليد عبد الرازق -موقع انترنات ملفات الهندسة المدنية https://www.civil-files.com/2019 مذكرة الوليد فى هندسة الطريق.

[10] دليل المهندس لإعمال الطرق، كاتب غير محدد (egyptsystem),قسم الهندسة العامة , تاريخ انشاء الملفات, 2004.

[11] غريب خضر, 2007,صيانة الطرق.

[12] جاسم عطية علوان، مجلة القادسية للعلوم الهندسية، المجل د8 ،2015عيوب التبليط الاسفلتي.