الجمهوريّة الجزائريّة الدّيمقراطيّة الشّعبيّة

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح –ورقلة–

كلية: العلوم التطبيقية

قسم: الهندسة المدنية و الري

نهاية أطروحة التخرج: مذكرة ماستر

شعبة: الأشغال العمومية

تخصص: طرق و منشأت فنية

الموضوع

تحديد الانحناء في الموقع بواسطة انعكاس كتلة السقوط للطبقة القاعدية الرملية

مقدمة من طرف: * بـاي أيـوب

* صالحي عبد الرحمان

لجنة المناقشة:

قبائلي نبيل	أستاذ محاضر	جامعة ورقلة	رئيسا
سعداوي صالح	مهندس	SNTP Ouargla	مناقشا
بن طاطه عيسى	أستاذ مساعد	جامعة ورقلة	مؤطرا

السنة الجامعية: 2020-2021

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى:

"اقرأ باسم ربك الذي خلق * خلق الإنسان من علق * اقرأ وربك الأكرم * الذي علم بالقلم * علم الإنسان ما لم يعلم "

العلق (1-5)

"فتعالى الله الملك الحق ولا تعجل بالقرآن من قبل أن يقضى إليك وحيه وقل رب زدني علما"

طه (114)

صدق الله العظيم

إلى من حصد الأشواك ليمهد لي طريق العلم والمعرفة إلى القلب الكبير

أخص هذا الاهداء لوالدي أطال الله بقائه وألبسه ثوب الصحة والعافية

ومتعني ببره ورد جميله، أهدي له ثمرة عملي هذا.

إلى من نذرت عمرها في أداء رسالة صنعتها من أوراق الصبر وطرزتها في ظلام الدهر

أمي الغالية بارك الله في عمرها ورزقني برها.

إلى إخوتي وفقهم الله في مشوارهم الدراسي

إلى كل من علمني حرفا أضاء لي الطريق أمامي, إلى أساتذتي بارك الله في أعمارهم

إلى كل أحبائي وأصدقائي

إلى كل من التمس طريقا يطلب فيه العلم

إلى كل هؤلاء أهدي بحثي المتواضع من دون استثناء.

صالحي عبد الرحمان

إلى من كانا لي سندا ومعينا في طريق العلم والمعرفة

أهدي هذا العمل إلى من قال الله فيهما

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

إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله وبارك في عمرهما

إلى إخوتي إلى كل الأهل و الأقارب

إلى جميع الأصدقاء

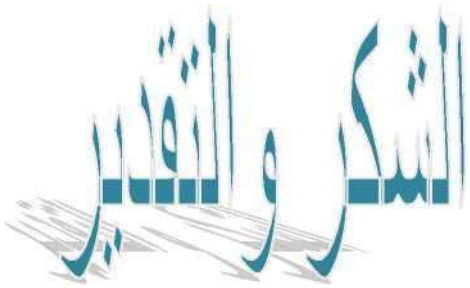
إلى كل من عرفته من قريب أو بعيد

إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم والمعرفة, أساتذتي الأفاضل

إلى كل من ذكرته ومن لم يسعفني قلمي أن أذكره

إلى كل هؤلاء أهدي بحثي هذا.

باي أيوب



"الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله"

فالحمد لله الذي وفقنا لإتمام هذا البحث

كما نتقدم بأسمى عبارات الشكر إلى كل من ساعدنا وتعاون معنا ونخص بالشكر الأستاذ الفاضل: بن طاطه عيسى الذي جاد علينا بالإشراف والمتابعة

كما لا ننسى مخبر الأشغال العمومية بالجنوب بورقلة وشركة "أستيك" لتحليل التربة، اختبارات ودراسات البناء.

كما لا ننسى أيضا مسؤول المخابر في كلية العلوم التطبيقية بجامعة قاصدي مرباح ورقلة عمي علي الذي رافقنا طيلة مدة عملنا المخبري بالإرشادات والتوجيه.

ملخص:

ينعكس أداء طبقات القاعدة الخاصة بالطريق في مقاومة هذه الطبقات للتشوهات الدائمة التي تنتج بشكل عام عن طريق تطبيق الأحمال الدورية والمتكررة بسبب حركة المرور.

يتعامل موضوع البحث الحالي مع هذا الأداء من خلال قياس الانحناء لطبقة قاعدة الكثبان الرملية المحسنة بالأجور بواسطة اختبار مقياس انعكاس كتلة السقوط، حيث تم تهيئة اللوحة التجريبية وفقا للقواعد وبنسب محددة وبأبعاد 1.67 x2 x0.35م ورصها على طبقتين.

Summary:

The performance of road base layer sis reflected in their resistance to permanent deformations generally caused by the application of periodic and repetitive loads due to traffic.

The current research topic deals with this performance by measuring the curvature of the dune base layre enhanced by the drop mass inversion test, where the experimental board will be prepared according to the rules, in specific proportions, with dimensions of 1.67x2x0.35, and compacted on two layers.

Résumé :

La performance, des couches d'assises se traduise par la résistance de ces couches aux déformations permanentes qui sont généralement produites par l'application des charges cycliques et répétées due à la circulation.

Le présent de sujet de recherche traite cette performance par la mesure de déflexion d'une couche de base à base sable de dune par l'essai réflectomètre à masse tombant, la planche de démonstration sera formatée selon les règles, dans des proportions précises, avec des dimensions de 1.67x2x0.35 ,et compactée en deux couches.

الفهرس

الإهداء ..... ب
الشكر والتقدير ..... ج
ملخص ..... د
مقدمة 1

الإطار النظري

الفصل الأول: طبقات الرصف القاعدية للطريق

مقدمة 3
مراحل إنشاء طبقة الأساس وما تحت الأساس 3
أنواع الرصف 3
الرصف الصلب 3
الرصف المرن 4
الرصف المركب 6
طرق إنشاء طبقة الأساس وما تحت الأساس 8
خطوات إنشاء طبقة ما تحت الأساس..... 8
خطوات إنشاء طبقة الأساس 8
خطوات إنشاء طبقة الأساس من طبقة أو طبقات حصوية 8
الخلاصة 9

الفصل الثاني: دمك طبقات الطريق

الغرض من دمك التربة 11
اختبارات الدمك المعملية 11
اختبار بركتور القياسي 12
اختبار بركتور المعدل 13
العوامل المؤثرة على كثافة الدمك 14
اشتراطات الدمك في الموقع 15
تنفيذ الدمك في الموقع 15
طرق الدمك في الموقع بالوسائل الميكانيكية 16
أنواع معدات الدمك في الموقع 16
معايير إستلام الدمك في الموقع 19

الفصل الثالث: استعمال رمال الكثبان في انجاز الطرقات

مقدمة 22
تعريف الرمال 22
اهتمام برمال الكثبان الرملية 22
الجانب الاقتصادي 22
الجانب التقني 22

استخدام رمال الكثبان في الخرسانة 23
استخدام رمال الكثبان الرملية في مجال الطرق 23
الخلاصة 24

الجانب التطبيقي

الفصل الربع: خصائص المواد المستعمل في التجارب

مقدمة 27
أولا/ الكثبان الرملية 27
عوامل تكوين وحركة الكثبان الرملية 27
أنواع الكثبان الرملية 27
أشكال الكثبان الرملية 28
فوائد الكثبان الرملية 28
مخاطر الكثبان الرملية 28
ثانيا/الطوب الأحمر 29
المواد الخام المستخدمة لصناعة الطوب الأحمر 29
مميزات الطوب الأحمر 29
عيوب الطوب الأحمر 31
ثالثا/ الحجز الجيري أو الحجر الكلسي 31
استخدامات الحجر الجيري 32
أنواع الجير 32
الجير الحي 32
الجير المطفي 32
الخلاصة 32

الفصل الخامس: نتائج التجارب المخبرية واختبارات FWD

مقدمة 34
نتائج تجربة مكافئ الرمل 34
نتائج تجربة التحليل الحبيبي 35
نتائج تجربة الدمك 36
خطوات إنجاز العمل التجريبي في الموقع 38
اختبار ضغط اللوحة الديناميكي FWD 41
جهاز الوزن الخفيف HMP LFG 41
عملية القياس 43
نتائج وتحليل القياسات 43
الخاتمة 45
خلاصة عامة 47
الملاحق 49
المراجع 52

قائمة الجـداول

الجدول1: المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة الأساس الحصوي 6

الجدول2: المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة ما تحت الأساس 7

الجدول3: معامل قوة الطبقات المستعملة في الرصف 7

الجدول4: نتائج تجربة مكافئ الرمل 34

الجدول5: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (أ) 43

الجدول6: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (ب) 44

الجدول7: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (ج) 44

الجدول8: كميات المواد المستخدمة في التجارب الميدانية 50

قائمة الأشكال

الشكل1-1: رسم توضيحي لطبقات رصف الطريق 3

الشكل1-2: رسم توضيحي لطبقات الرصف الصلب 4

الشكل1-3: رسم توضيحي لطبقات الرصف المرن 5

الشكل2-1: جهاز بركتور.....12

الشكل 2-2: منحنى الدمك 13

الشكل 2-3: مقارنة بين بركتور القياسي وبركتور المعدل 14

الشكل 2-4: منحنى تأثير طاقة الدمك على أقصى كثافة جافة ونسبة مياه حرجة 15

الشكل 3-1: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (أ) 35

الشكل 3-2: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (ب) 35

الشكل 3-3: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (ج) 36

الشكل 3-4: منحنى الدمك للعينة (أ) 37

الشكل 3-5: منحنى الدمك للعينة (ب) 37

الشكل 3-6: منحنى الدمك للعينة (ج) 38

الشكل 3-7: المعلومات الفنية لجهاز HMP LFG 42

الشكل 3-8: أعمدة بيانية توضح قيم الانحناء للعينات الثلاثة (أ , ب , ج) 49

الشكل 3-9: أعمدة بيانية توضح قيم معامل التشوه الديناميكي(Evd)للعينات الثلاثة ...(أ، ب، ج).49

الشكل 3-10: أعمدة بيانية توضح نسب التحميل لكاليفورنيا(CBR) للعينات الثلاثة ...(أ، ب، ج).50

المقدمة

تظهر أهمية الطريق في كونه المجال الذي يتحرك فيه الناس وينتقلون عبره من مكان لأخر لنقل السلع أو المحاصيل أو لتلبية مختلف الحاجيات, ولعل أول إنشاء للطريق كان عن طريق المرور المتكرر للأشخاص والحيوانات وكذا العربات المجرورة على نفس المسلك حيث يتحتم رص سطح هذا الأخير وعندما كان من الصعب اجتيازه في الشتاء بسبب الأمطار أصبح من الضروري التفكير في طريقة ناجعة لحل هذه المشكلة فكانت الطرق الحجرية هي البديل, ومع التطور الذي شهدته البشرية وزيادة حاجيات الإنسان المختلفة كان لابد من مواكبة الطرق لهذا التطور لضمان تحمل الكثافة المرورية للسيارات والشاحنات وفي تنقل البضائع والسلع فظهرت الطرق الإسفلتية والخرسانية وغيرها والتي تتشكل من عدة طبقات, أهمها التربة.

وبما أن التربة عنصر أساسي من طبقات رصف الطريق لا بد من دراسة المسائل المتعلقة بها، وفهم خصائصها وسلوكها تحت تأثير أحمال المرور والظروف الجوية والبيئية السائدة حتى يمكن إنشاء أنواع من الطرق الجيدة الصالحة لأداء خدمة المرور والتنقل عليها بكفاءة وأمان وبأقل تكلفة إنجاز، ومن هنا نهدف إلي استغلال المواد الموجود بكثرة (رمل/بقايا الآجر/جير) والتي نريد إدخالها في تكوين طبقات الرصف وقياس التشوهات (الانحناء) التي تحدث لهته الطبقات بفعل تطبيق أحمال عليها، من ناحية أخرى فإن استعمال هذه المواد المحلية يجعل انجاز هاته الطبقات بأقل تكلفة وبطريقة جيدة ومتماسكة قد تساعد في الحصول على طريق أكثر استقرار وصلابة, وقد تم إنجاز هذا العمل وفق المخطط التالي: جزء نظري مكون من ثلاث فصول

- الفصل الأول: والذي يتناول معلومات عن رصف الطرق ومكوناتها.
- الفصل الثاني: والذي يتطرق إلى أعمال دمك طبقات الطريق والوسائل المتبعة في دالك.
- الفصل الثالث: والذي يتمحور حول استعمال رمال الكثبان في مجال الطرق.

ويحتوي على جزء عملي مكون من فصلين

- الفصل الرابع: ويتحدث عن خصائص المواد المستخدمة في التجارب.
- الفصل الخامس : خاص بالتجارب المخبرية واختبارات على اللوحة التجريبية والمكونة من

اللوحة (أ) : تتكون من 10% أجور و90% رمل.

اللوحة (ب) : تتكون من 5% جير و15% أجور و80% رمل.

اللوحة (ج) : وتتكون من 5% جير و10% أجور و85% رمل.

في الأخير تحصلنا على نتائج مقبولة توافق المعايير المطلوبة لإنجاز الطبقات القاعدية للطريق.

الفصل الأول:

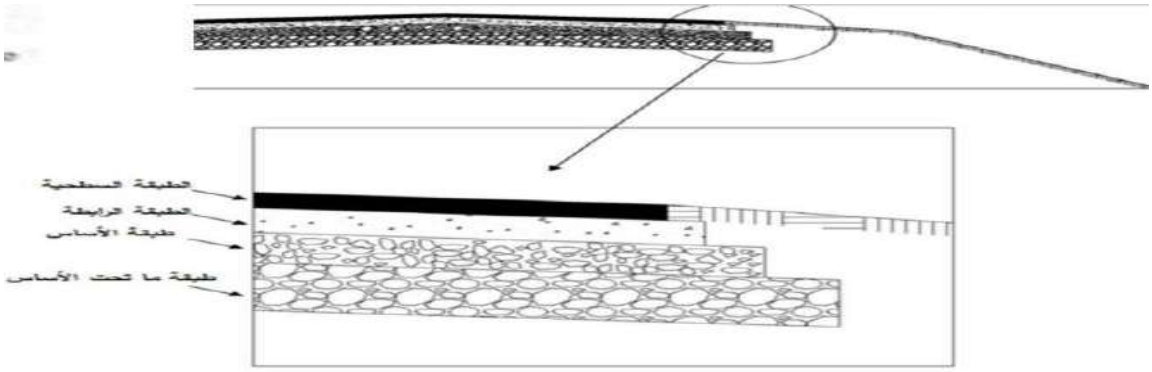
طبقات الرصف القاعدية للطريق

مقدمة:

بعد تحضير سطح الطريق الترابي وتحسين خواص التربة الطبيعية يتم وضع طبقة أو مجموعة طبقات فوق هذا السطح تعرف بالرصف. ويكمن الغرض من وضع طبقات الرصف في تحمل كل الإجهادات الناتجة من حركة المرور ونقلها إلى طبقة التربة التي تعتبر الأساس الحقيقي للطريق. وتصميم طبقات الرصف بحيث تكون قادرة على تحمل ثقل العربات وتوصيل الثقل إلى السطح الترابي بشكل لا يسبب أي هبوط أو انهيار للطريق.

أولا/ مراحل إنشاء طبقة الأساس وما تحت الأساس:

بعد إنهاء عمليات القطع والردم والدمك والتسوية للتربة الأصلية يتم إنجاز سطح ترابي مدحول ومستوي توضع عليه طبقات الرصف المختلفة كما هو موضح في الشكل ، وهي طبقة ما تحت الأساس ثم طبقة الأساس ثم طبقة السطح. ويجب أن تكون طبقات الرصف قوية بحيث تتحمل أثقال المركبات وتنقلها إلى الجسم الترابي دون أن يحدث فيها هبوط أو خراب[1]. وحتى نضمن ذلك يجب أن تنشأ طبقات الرصف من مواد قادرة على تحمل الثقل وأن تدمك دمكا جيدا مع الرش بالماء.



الشكل 1-1: رسم توضيحي لطبقات رصف الطريق

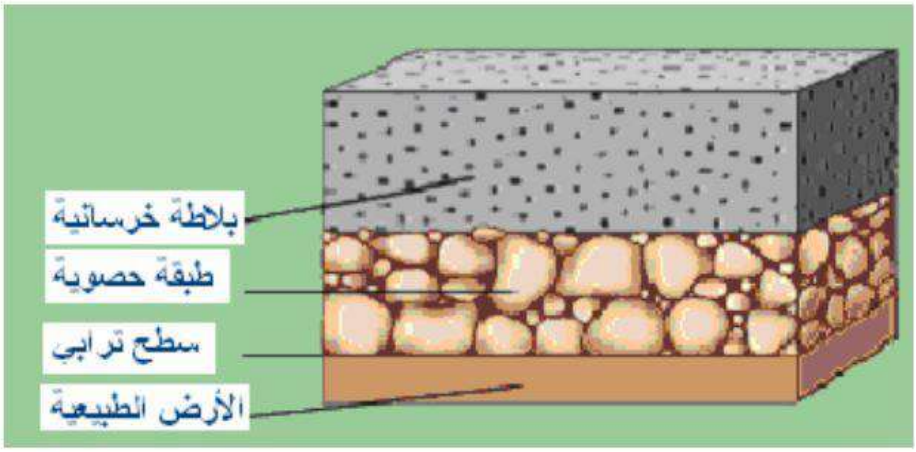
ثانيا/ أنواع الرصف:

1. الرصف الصلب (Rigid Pavement)
2. الرصف المرن (Flexible Pavement)
3. الرصف المركب (Composite Pavement)

حيث لكل نوع خواصه ومميزاته وسلبياته ومجال تطبيقه والتي سنذكرها بالتفصيل

1 /الرصف الصلب:

ويطلق عليه أيضا الرصف الخرساني حدث يتكون من بلاطات خرسانية يتراوح سكها ما بين 15و30 سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية كما هو موضح في الشكل[2].

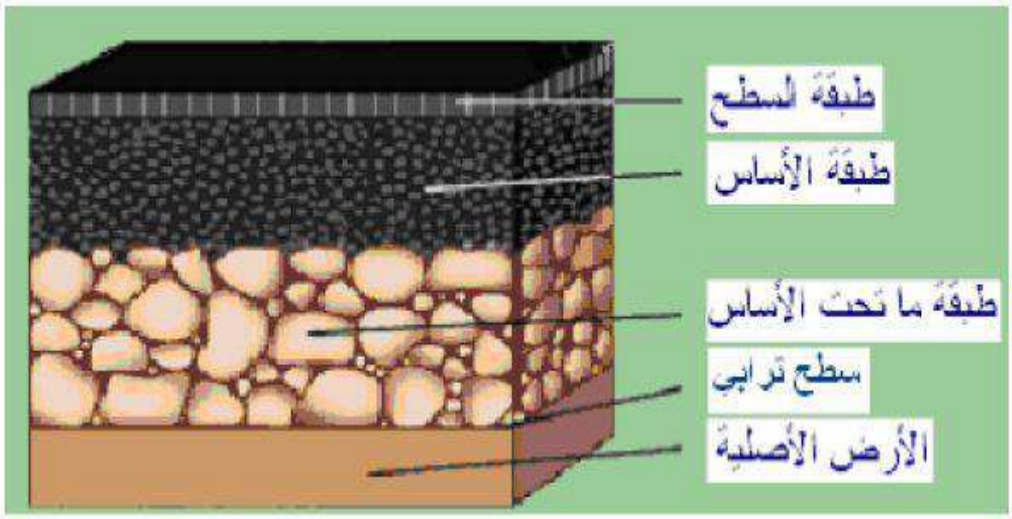


الشكل 1-2: رسم توضيحي لطبقات الرصف الصلب

وقد تكون البلاطات الخرسانية مسلحة وقد تكون بدون تسليح وتصب على شكل قطع يتراوح طولها ما بين 5 و30 مترفي الخرسانة العادية وقد يصل إلى 300 مترفي الخرسانة المسلحة. ويمتاز. الرصف الصلب بمقاومته الكبيرة للانحناء حدث لا يسمح بهبوط السطح الترابي ولكن ممكن أن يتعرض للتشققات أو الكسر عندما تتعرض الرتبة الأصلية لتغيرات معتبرة في شكلها ولإنشاء الرصف الصلب يجب تحضير الأرضية ودمكها جيدا وإزالة المناطق الضيقة ووضع الطوبار الجانبي والفواصل. ثم تصب الخرسانة لنصف السماكة ويوضع حديد التسليح على شكل شبك وتصب باقي الخرسانة ويسوى السطح لتخشينه ومعالجته. إن الرصف الصلب هو المناسب للتربة الضعيفة لأنه أقدر على تحمل الإجهادات العالية، في حين يعد الرصف المرن مناسبا للتربة القوية نوعا ما. كما أن عمر الرصف الصلب أكبر من عمر الرصف المرن ولذلك فهو يستعمل بكثرة عند الأحمال الثقيلة مثل المطارات والطرق الهامة ومقاطع الأودية[1].

2/ الرصف المرن:

يعد هذا النوع من الرصف الأكثر استخداما ويطلق عليه أيضا الرصف الأسفلتي وهو الرصف بالإسفلت والمكادم، حدث يتكون جسم الطريق من عدة طبقات توضع على سطح الأرض الطبيعية الواحدة فوق الأخرى[1] كما هو مبين في الشكل.



الشكل 1-3: رسم توضيحي لطبقات الرصف المرن

طبقات الرصف المرن:

طبقة السطح: يشكل السطح ا لجزء الذي يلامس عجلات المركبات ويتألف من طبقة أو طبقتين إسفلتية تعطي قوة للرصف وتقاوم البري والتفتت والاهتراء الناتج عن حركة المرور والعوامل الجوية ويمنع من دخول الماء إلى الطبقات السفلية.

طبقة الأساس: وهي الطبقة التي يرتكز عليها سطح الطريق وتتولى بشكل رئيس نقل وتوزيع الأحمال الناتجة عن المرور إلى الطبقات السفلى. كما أنها تساعد على حماية سطح الطريق من الخراب الناتج عن انتفاخ وهبوط التربة الأصلية وعن صعود المياه الجوفية إلى أعلى. وتكون طبقة الأساس إما من المكادام أو من مواد حصوية مثبتة بالإسمنت أو بالجير أو معالجة بالبيتومين وقد يكون الأساس من خلطة إسفلتية.

طبقة ما تحت الأساس: توضع هذه الطبقة فوق السطح الترابي بعد تهيئته وتساعد على تقويته وصايته من الخراب. كما توفر في تكاليف الرصف وتعمل على توزيع الأحمال وعلى تصريف المياه. وتكون من مواد حصوية أقل جودة من مواد الأساس.

السطح الترابي: يأتي تحت طبقة الأساس المساعد وجب أن تنشأ مواده بشكل جيد وأن يدمك جيداً وأن يكون مستوياً حسب المناسيب.

التربة الأصلية: وهي طبقة الأرض الطبيعية التي يتم وضع طبقات الرصف عليها بعد تمهيدها وتسويتها. وتعتبر التربة الأصلية الأساس الحقيقي لجسم الطريق حيث إنها القاعدة الأساسية التي ترتكز عليها جميع طبقات الرصف.

ويتميز الرصف المرن بمقاومة قليلة نسبيا ضد الانحناء لهبوط أو لتغيير في شكل التربة الأصلية أو في طبقة الأساس التي يصاحبها تغيرا مماثلا في طبقة الرصف. وتتلخص عملية إنشاء الرصف المرن في تحضير الأرضية ثم وضع الطبقات وفرشها ودمكها ورش الإسفلت التأسيسي ووضع الخلطة الإسفلتية ودحلها.

3/ الرصف المركب:

يحتوي هذا النوع من الرصف على طبقات إسفلتية وخرسانية معا وتكون الطبقة الإسفلتية فوق البلاطة الخرسانية كطبقة إكساء (overlay) بغية إعادة تأهيل أو إصلاح الرصفة.

تستخدم الرصفات المركبة عند إعادة الإنشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الاستراتيجية.

1/ الجدول1: المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة الأساس الحصوي

مقياس المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل		
	التدرج 1	التدرج 2	التدرج 3
50 mm (2 in)	100	-	-
74.5 mm-(1.5in)	-	100	-
25 mm (1in)	85 55	95 – 70	100
19 mm (75in)	80 -5-	85-55	100-70
4.75mmNo(4)	60-30	56 -35	65 -35
0.425 mm No(40)	25 -10	25-10	10-3
0.75 No(200)	10 -3	10-3	3-10
يجب ألا يزيد الجزء المار من منخل رقم)200(عن نصف الجزء المار من منخل رقم (40)			

2/ الجدول 2: المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة ما تحت الأساس:

مقياس المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل	
	تدرج 1	تدرج2
26.5mm (2.5in)	100	-
50 mm (2in)	100-95	100
37.5 mm (1.5in)	0	100-95
19 mm (3in)	-	85 -55
9.5 mm (3) in	-	80 -50
4.75 mm No(4 in)	-	70 -40
2.24 mm No (10 in)	70 -53	60 -30
0.445 m-m No (40 in)	-	50 -20
0.075 m-m No (205in)		30 -10
	15 -0	15 -0

3/الجدول3: معامل قوة الطبقات المستعملة في الرصف:

نوع الطبقة	أدنى سمك	أقصى سمك	معامل قوة الطبقة	
السطح	سم	سم	A_1	A_2 A_3
خلطة الريق	4	75	0.07	
خلطه قوية	2.5	1	0.17	
خلطة رملية	2.5	7.5	0.16	
الأساس				
رمل وحصمة	10	حسب كمية الاسمدت		0.4
حصمة سيل	10			0.06
حصمة كسارة	10			0.06
حصمة مثبته بالاسمدت	10			0.09-0.08
حصمة مثبته بالاسمدت	10			0.12-0.10
حصمة مثبته بالجير	10			0.12
ما تحت الأساس				A_3
رمل وحصمة	10			0.03
رمل وتراب	10			0.04-0.02

ثالثا/طرق إنشاء طبقة الأساس وما تحت الأساس

1) خطوات إنشاء طبقة ما تحت الأساس:

- يورد الركام بشكل أكوام كافية لإنشاء طبقة مدموكة حسب السمك المطلوب.
- يفرش الركام ويخلط بالماء حسب نسبة الرطوبة المطلوبة ثم تقلب.
- تدمك الطبقة وجب ألا يزيد دكها بعد الدمك عن ١٥ سم.
- بجب التأكد من دمك جميع المناطق إلى نسبة الدمك المطلوبة.
- بعد إنهاء عملية الدمك بجب التأكد من استواء السطح للطبقة المدموكة.

2/ خطوات إنشاء طبقة الأساس:

- يورد الركام بشكل أكوام كافية لإنشاء طبقة مدموكة حسب السمك المطلوب.
- توضع أولا طبقة خشنة من الحصى تتراوح ما بين (١- ٤) بوصة ثم تفرش وتدمك.
- تفرش فوقها طبقة أنعم من الحصى تتدرج من (٨/٣ بوصة -رقم ١٠٠) وترش بالماء وتدمك.
- توضع طبقة أخرى خشنة تليها طبقة ناعمة وهكذا حتى يتم بناء الطبقة حسب السمك المطلوب.

يراعى عمل الميل اللازم للسطح وجب أن يكون خاليا من الأخاديد.

3/ خطوات إنشاء طبقة الأساس من طبقة أو طبقات حصوية:

تورد الحصمة كأكوام وتوضع كميات كافية لإعطاء السمك المطلوب بعد الدمك.

قد يلزم إضافة مواد تثبيت وخلطها مع الحصى لتعديل النقص فيتم رشها على الحصى.

تفرش الحصى وترش بالماء ويبدأ الدمك من الجانبين مع الانتقال التدرجي إلى المنتصف.

توضع طبقة الأساس على طبقات وتسوى كل طبقة وتدمك ويكون دك الطبقة ١٥ سم.

يقاس دك الطبقة بعد عمل حفر في الطبقات[2].

بجب أن يكون الميلان جيداً لتصريف الماء.

الخلاصة:

وفي هذا الفصل تعرفنا على أنواع الرصف وخصائص كل نوع وعلى طبقات رصف الطريق والمتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقات الرصف وكذا خطوات إنجاز رصف الطبقات.

الفصل الثاني

دمك طبقات الطريق

1) الغرض من دمك التربة:

الدمك هو عملية طرد الهواء من فراغات التربة باستخدام وسائل ميكانيكية مختلفة ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وقدرة تحملها للإجهاد ونقص في نسبة هبوطها ويعد الدمك من أهم العمليات التي تستخدم في مجال الطرق والسدود الترابية وتهدف عملية الدمك في مجملها إلى تحسين الخواص الهندسية للتربة من خلال تحقيق المتطلبات التالية[3]:

1 _ الزيادة في مقدار تحمل التربة للإجهادات

2_ التقليل في حجم الفراغات الموجود بالتربة ومن ثم الحد من هبوط التربة

3_ التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ

4_ الزيادة في عامل الأمان ضد انزلاقات التربة

5_ خفض نفاذية التربة للمياه

وكانت عملية دمك التربة تتم بطريقة غير مدروسة ومعرضة لكثير من المحاولات التي ينتج عنها بعض الأخطاء، حتى عام1930 تقريبا حينما استطاع مهندس أمريكي يدعى بروكتور أن يحدد مجموعة عوامل ترتبط بدمك التربة وهي:

1_ الكثافة الجافة γd

2_ المحتوى المائي w

3_ الجهد المبذول للدمك (طاقة الدمك)

4_ نوع التربة

2) اختبارات الدمك المعملية:

هنالك العديد من الاختبارات المعملية التي تعتمد على طريقة ونوع الدمك وتهدف في مجملها إلى إيجاد قياس يكون أساسا لعملية الدمك في الموقع، ومن أهمها:

1_ اختبار بروكتور القياسي

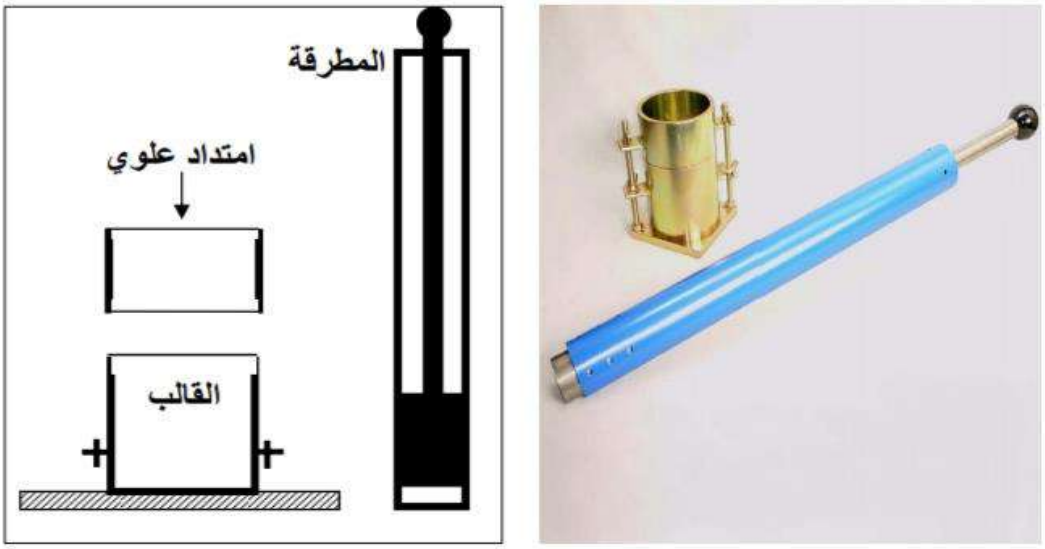
2_ اختبار بروكتور المعدل

3_ _ اختبار الاستاتيكي

ويعد اختبار بروكتور القياسي واختبار بروكتور المعدل من أهم اختبارات الدمك المعملية. وبروكتور هو أول من طور تجارب الدمك وأدخل عليها الأسلوب العلمي. واستنتج بروكتور من خلال أبحاثه المتنوعة في هذا المجال أن درجة دمك التربة تعتمد على الكثافة الجافة والمحتوى المائي والتوزيع الحبيبي للتربة وكذلك على طاقة الدمك المستعملة.

أ) _ اختبار بروكتور القياسي (Standard Proctor test)

يستخدم في هذا الاختبار جهاز بروكتور الموضح في الشكل



الشكال 2–1: جهاز بروكتور

يتكون جهاز بروكتور من جزأين رئيسين هما:

1_ قالب أسطواني لدمك التربة قطره 10,2 سم وارتفاعه 11,6 سم وله امتداد علوي ارتفاعه 6 سم

2_ مطرقة يتم بواسطتها دمك العينة ووزنها 2,49 كجم تسقط من ارتفاع 30,5 سم ولإجراء هذا الاختبار نتبع الخطوات التالية:

1_ تجفيف التربة المراد اختبارها.

2_ إضافة كمية من الماء إلى عينة من هذه التربة ثم خلطها جيدا.

3_ وضع العينة في القالب على ثلاث طبقات بالعينة حيث تدمك كل طبقة 25 ضربة بواسطة المطرقة.

4_ وزن العينة وحساب الكثافة الرطبة لها.

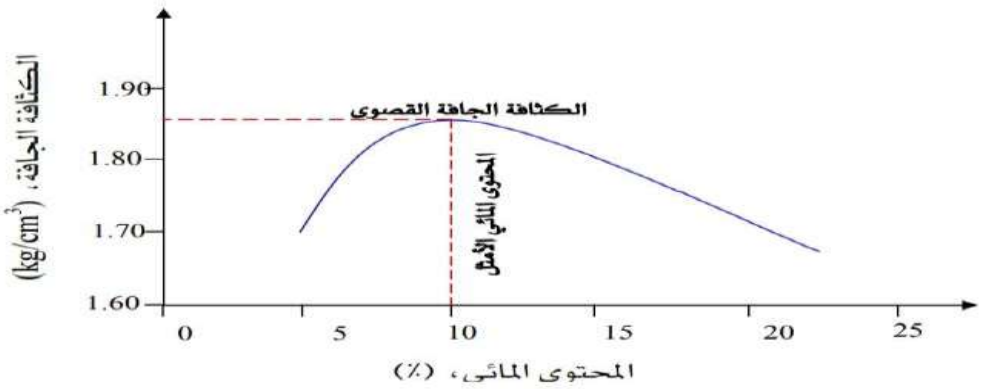
5_ حساب الكثافة الجافة للعينة من العلاقة:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}}$$

6_ تكرار التجربة عدة مرات بزيادة المحتوى المائي في كل مرة للعينات وتحديد الكثافة الجافة.

7_ رسم العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي كما هو مبين في الشكل (2)

8_ تعين الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الحرج او الامثل للتربة من خلال منحى الدمك.



الشكل 2-2: منحنى الدمك

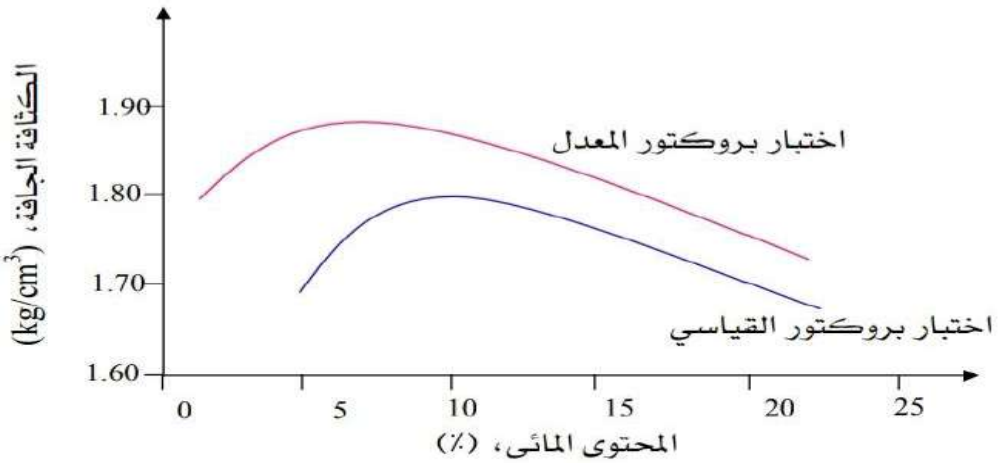
ب) اختبار بروكتور المعدل (Modified Proctor test)

مع زيادة حجم المرور وكبر حمولة العربات تبين ان الكثافة الجافة للتربة المحددة عن طريق اختبار بروكتور القياسي لاتعطي المقاومة الكافية لتحمل تلك الاثقال العالية لذا أحدث الاتحاد الامريكي لموظفي الطرق الحكومية(AASHTO) تطورا في مواصفات اختبار بروكتور القياسي للحصول على اعلى كثافة جافة للتربة. وأصبح هذا الاختبار يعرف باختبار بروكتور المعدل وشمل التطورات التالية مقارنة باختبار بروكتور القياسي:

1. وزن المطرقة =4.54 كجم
2. ارتفاع سقوط المطرقة =45.7 سم

3. وضع العينة على 5 طبقات

ويتم اختبار بروكتور المعدل بنفس الطريقة التي يتم بها اختبار بروكتور القياسي مع الاخذ بعين الاعتبار دمك العينة على خمس طبقات ثم ترسم العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي وتحدد الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الامثل للتربة. ويتضح من الشكل(3) انه كلما زاد جهد الدمك كلما حصلنا على أكبر كثافة جافة للتربة بأقل محتوى رطوبة.



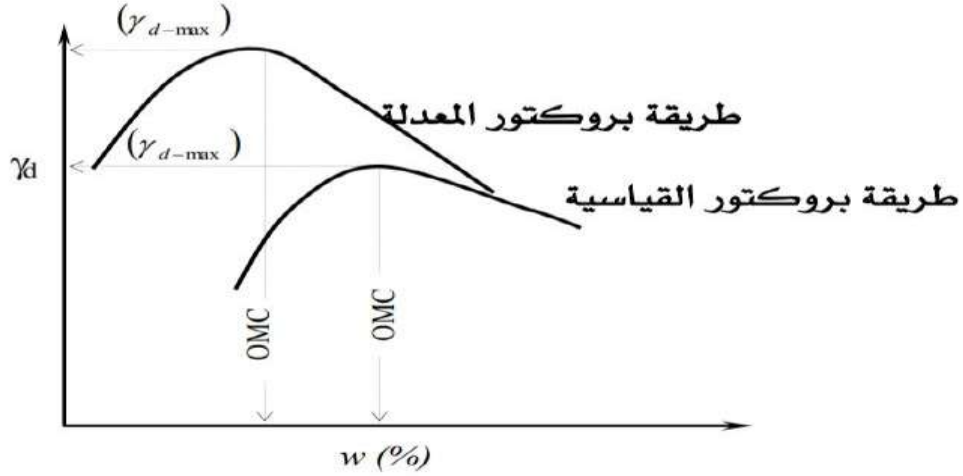
الشكل 2–3: منحنى مقارنة بين اختبار بروكتور القياسي و بروكتور المعدل

3) العوامل المؤثرة على كثافة الدمك:

تحت تأثير أي جهد لدمك التربة فإن الكثافة الجافة للتربة تتغير حسب محتواها المائي. فعندما يكون المحتوى المائي للترب ة w=0فإن الكثافة الرطبة تساوي الكثافة الجافة. وبزيادة نسبة المحتوى المائي للتربة تدريجياً فإن كثافتها الجافة تزيد عند نفس جهد الدمك. وهذا يعود إلى ان دمك التربة يعمل على طرد الهواء الموجود في فراغات التربة، حيث يترك ذلك إمكانية لحبيبات التربة أن تنزلق إلى تلك الفراغات وتأخذ الوضع الذي يؤدي إلي زيادة كثافة التربة بالإضافة إلى وجود الماء بين الحبيبات. وطالما هناك إمكانية لطرد الهواء فإن الكثافة الجافة تزيد بزيادة المحتوى المائي للتربة حتى يصل إلى أعلى قيمة لها. بعد ذلك تبدأ الكثافة الجافة بالإنخفاض تدريجياً نتيجة أن الماء يبدأ في الإحلال بدلاً من الحبيبات الصلبة للتربة، لأن الماء لا ينضغط بل يتحرك من خلال فراغات التربة. وتعد نسبة المياه الحرجة حد فاصل، فاذا كان المحتوى المائي للتربة أقل من هذا الحد فإن التربة تكون خشنة وصعبة الدمك وذات فراغات كثيرة تؤدي إلى إنخفاض كثافتها الجافة، أما إذا كان المحتوى المائي أعلى من هذا الحد فإن حبيبات التربة تكون قابلة للحركة والانزلاق والتباعد مما يؤدي إلى انخفاض كثافتها الجافة أيضاً[3].

باستخدام أي نوع من اختبارات الدمك فإن الخواص الهندسية للتربة المدموكة وتركيبة حبيباتها تتأثر مباشرة بعدة عوامل أهمها:

1) **نوع التربة:** تتأثر عملية دمك التربة بحسب نوعها وخواص حبيباتها مثل شكل الحبيبات وتوزيعها والوزن النوعي لها ونسبة المواد الطينية بها.
2) **المحتوى المائي:** المحتوى المائي للتربة هو العامل الرئيسي للحصول على أقصى كثافة جافة للتربة تحت تأثير درجة دمك معينة. ويتم زيادة المحتوى لعينات التربة بهدف الحصول على نسبة المياه الحرجة والمثالية للدمك.
3) **طاقة الدمك:** وتعني الجهد المبذول للدمك، وتعد من المعايير التي يمكن من خلالها الحكم على جودة دمك التربة ومن الملاحظ في الشكل فإن الزيادة في طاقة الدمك تؤدي إلى الزيادة في الكثافة الجافة ونقصان في المحتوى المائي لجميع أنواع التربة وهذا واضح في الفرق بين اختبار بروكتور القياسي واختبار بروكتور المعدل.



الشكل 2-4: منحنى تأثير طاقة الدمك على أقصى كثافة جافة ونسبة المياه حرجة

4) اشتراطات الدمك في الموقع:

يجب أن تدمك الطبقات دمكا جيدا حتى نحصل على الكثافة الجافة القصوى، وإن لم تدمك التربة جيدا فإن حركة المرور ستقوم بإضعافها وإحداث تشوهات فيها[3].

5) تنفيذ الدمك في الموقع:

لتنفيذ الدمك في الموقع نتبع الخطوات التالية:

1) تحضير المخططات ودراستها ورسم خطة عمل.

2) تنظيف الموقع وإزالة الأوباش والمخلفات.
3) اختيار المداحل المناسبة للدمك مع أخذ نوع التربة بعين الاعتبار.
4) إجراء تجارب أولية في الموقع لتحديد نسبة الماء الحرجة الواجب اتباعها وعدد الأشواط اللازم لدمك التربة إلى الكثافة القصوى المطلوبة.
5) وضع التربة على طبقات بسمك 20 إلى 30 سم.
6) رش كل طبقة بكمية الماء اللازمة ثم خلطها جيدا.
7) دمك طبقة التربة بالمدخل المناسب لها.
8) عمل فحوصات على الطبقة المدموكة لمعرفة درجة الدمك.
9) إذا كانت درجة الدمك كافية فإننا نستمر في عملية الإنشاء وإلا يعاد حرث الطبقة ومن ثم رشها ودحلها وإعادة فحصها.
10) بعد الانتهاء من دمك التربة يجب تسوية سطحها بشكل نهائي قبل وضع طبقات الرصف.

6) طرق الدمك في الموقع بالوسائل الميكانيكية:

يتم دمك التربة في الموقع بواسطة معدات ميكانيكية مخصصة لهذا الغرض يرتبط استخدام كل منها بنوع التربة، وسماكة الطبقة، والكثافة المطلوبة، ويترك للمقاول اختيار النوع المناسب من المداحل والمعدات الازمة لذالك، ويتم دحل الطبقات عبر عدة أشواط بأحد المداحل الخاصة إلى أن نحصل على الكثافة القصوى اللازمة.

7) أنواع معدات الدمك في الموقع:

تختلف معدات الدمك في الموقع من حيث طريقة استخدامها، فمنها ما يعتمد على الضغط ومنها ما يعتمد على الاهتزاز ومن أهم هذه المعدات ما يلي:

المداحل الرجاجة و الثابتة(vibratory and static compactors)

تعريف: هي معدات ذاتية الحركة أو مقطورة تقوم بأعمال الرص، والدحل، وتهيئة السطوح النهائية لمختلف مراحل أعمال إنشاء جسم الطريق وتقسم إلى فئات:

7-1) المداحل الرجاجة للتربة (عجلات+حديد): تستخدم هذه المداحل في أعمال التربة بمختلف أنواعها، وطبقات ما تحت الأساس والأساس، وتكون مزودة بطنبور معدني مفرد أملس أمامي وعجلتين مطاطيتين في الخلف كما في الشكل(7-1) وتنحصر أنواعها بما يتفق مع العمل المطلوب وفقا لاستطاعة المحرك ووزن التشغيل وعرض الدحل[4].

الصورة 1: مدحلة رجاجة (عجلات + حديد)

7-2) المداحل الرجاجة أرجل الغنم للتربة(عجلات+حديد): هي معدات هندسية ذاتية حركة تقوم بأعمال الرص، وتستخدم في مراحل تهيئة طبقة ما تحت الأساس، وفي رص التربة الغضارية، والتربة الناعمة، وفي التربة التي تحتاج إلى قوى رج عالية، وتكون مزودة بطنبور أرجل غنم يتضمن عدد من المداسات بحدود 75 إلى 150 رأس مداس كما في الشكل(7-2) , ويختلف تصنيفها وفق استطاعة المحرك ووزن التشغيل وعرض الدحل, وقوة الإهتزاز[4].

الصورة 2: مدحلة رجاجة أرجل الغنم (عجلات + حديد)

7-3) المداحل الرجاجة (حديد+حديد): تستخدم في رج مختلف طبقات المجبول الأسفلتي، وتكون مزودة بطنبور رجاج أملس في الأمام والخلف [4] كما في الشكل(7-3)

ويختلف تصنيفها وفق استطاعة المحرك ووزن التشغيل وعرض الدحل، وقوة الاهتزاز.

الصورة 3: مدحلة رجاجة (حديد + حديد)

4-7) المداحل الستاتيكية: هي مداحل ذاتية الحركة لها عدة أنواع:

1) مدحلة بطنبور معدني أمامي وخلفي.
2) مدحلة بطنبور معدني أمامي وعجلات معدنية في الخلف (إثنان).
3) مدحلة بطنبور معدني أمامي وعجلات مطاطية ملساء في الخلف.
4) مداحل مطاطية أمام وخلف بعدد من العجلات المطاطية الملساء.

الصورة 4: مدحلة ستاتيكية (حديد + جديد)

والمداحل المطاطية هي ما يغلب استخدامها في عمليات إنهاء السطوح المختلفة لطبقات الإسفلت النهائية، حيث تعطي سطحا نهائيا أملسا جيد التماسك، ولا يستعمل الرج فيها.

الصورة 5: مدحلة ستاتيكية (عجلات مطاطية)

5-7) مداحل اهتزازية: وهي معدات صغيرة نسبيا تعمل ذاتيا بمحرك يحدث حركات اهتزازية متكررة على سطح الأرض، وتستخدم عموما في دمك التربة والإسفلت في الأماكن التي لا تتسع للمعدات الكبيرة كما في الشكل (7-6)

الصورة 6: مدحلة اهتزازية

8) معايير استلام الدمك في الموقع: للحكم على جودة الدمك في الموقع يجب تعيين الكثافة الجافة في الموقع ومقارنتها بالكثافة الجافة القصوى وتتم هذه المقارنة بحساب نسبة الدمك من العلاقة التالية:

$$RC(\%) = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d-\max(lab)}} \times 100$$

RC = نسبة الدمك.

$\gamma_{d(field)}$ = الكثافة الجافة للتربة في الحقل.

$\gamma_{d-\max(lab)}$ = أقصى كثافة جافة للتربة في المعمل.

وتكون نسبة الدمك في أعمال الطرق بين 90% إلى 100%

وتتم حساب الكثافة الجافة الموقعية بإحدى الطرق التالية:

1) **اختبار مخروط الرمل:** تعتمد هذه الطريقة على الحصول على حجم معين من التربة المدموكة وإيجاد وزن هذا الحجم ومنه تعيين الكثافة، ويستخدم في هذا الاختبار قارورة بلاستيكية أو زجاجية مملوءة برمل جاف من نوع أوتاوا معلومة الكثافة وملحقة بمخروط معدني كما في الشكل (7-7)

الصورة 7: اختبار مخروط الرمل

2) **اختبار الكثافة النووي:** يستخدم في هذا الاختبار جهاز نووي تم تطويره لقياس الكثافة الجافة في الموقع ومحتوى الرطوبة لجميع أنواع التربة. ولإجراء الاختبار يتم وضع هذا الجهاز مباشرة على سطح الارض فيرسل أشعة جاما عالية السرعة تخترق الطبقات المختلفة للتربة وتحدد كثافتها ومحتوى الرطوبة لكل طبقة وهذا بدون القيام بعمليات حفر كما في اختبار مخروط الرمل وهذا في وقت قصير وفي عدة نقاط في الموقع[3].

الفصل الثالث:

استعمال رمال الكثبان في انجاز الطرقات

المقدمة:

في هذا الفصل، سنتطرق إلى تعريف رمل الكثبان ومجالات استخدامه خاصة في مجال الطرق.

تعريف الرمل:

من وجهة النظر الجيولوجية, الرمل مادة طبيعية عبارة عن خليط من الحبيبات الغير متماسكة يتراوح حجمها بين 0.062 و 2 مم, تتكون رمال الكثبان بشكل رئيسي من معدن الكوارتز SiO_2, وكميات قليلة من الشوائب والمعادن الثقيلة ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي FeO_3, كربونات الكالسيوم $CaCO_3$, ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم Al_2O_3,

الصورة 8: رمل الكثبان

1)الاهتمام برمال الكثبان الرملية: ميزة استخدام رمال الكثبان على مستويين: تقني واقتصادي.

1-1)الجانب الاقتصادي:

المميزات الاقتصادية واضحة بسبب الوفرة في رمال الكثبان الرملية وخاصة في الجنوب لأنها متوفرة في كل مكان من حيث الكمية لا ينضب, بالإضافة إلى دلك لا ينتج عن استخراجها أي تكاليف إضافية ويمكن مزجه بسهولة مع مواد أخرى في الموقع[2].

1-2)الجانب التقني:

يستخدم الرمل في كثير من المجالات كالزراعة حيث تعتبر التربة الرملية مثالية لبعض المحاصيل كالبطيخ والفول السوداني والبناء والصناعة حيث تدخل الرمال الغنية بالسيليكا في صناعة الزجاج كما تستخدم الرمال أيضا في عملية إزالة الدهان.

كما يتم ملئ الرمل في أكياس وتستخدم في الجيوش والحروب للحماية من طلقات الرصاص إضافة إلى استخدامها في الفيضانات

كما تستخدمها في صناعة الإسمنت وفي مجال الطرق.

2) استخدام رمال الكثبان في الخرسانة:

نظرا للتواجد الكبير لرمل الكثبان في الجنوب الجزائري ونقص الحصى بصفة عامة فقد قام كل من المركز الوطني للدراسات والأبحاث الخاصة بالمنشآت(CNERIB) والمدرسة الوطنية المتعدد التقنيات بعدة أبحاث على خرسانة الرمل أهمها التي أجريت من طرف المهندسين CHELGOUM.F وLOUATI.M والمهندسين CHIKHI.H وOUCHERIF.N وفي نفس الصدد قامت عدة جامعات بدراسات مختلفة لاستغلال رمل الكثبان ومن أهم هذه الدراسات تلك التي قامت بها جامعة ورقلة وتحت إشراف كريكر عبد الواحد وبن طبة محمد الطاهر وفي إطار تثمين الموارد الطبيعية في المناطق الصحراوية قامت عدة أبحاث حول إمكانية استعمال رمل الكثبان في مجال الإنشاء كأعمال السادة:BELFERRAG.A وBENTATA.A وBARKAT.A وBOUHNIK.B.

بالإضافة إلى دراسات جامعة بسكرة وجامعة تولوز في هذا المجال أيضا[5].

3) استخدام رمال الكثبان في مجال الطرق:

ليس بالجديد استخدام رمل الكثبان في قطاع الطرق حيث يتم استخدامه كطبقة أساس لبلاط الرصيف وبلاط الانترلوك والذي يستخدم في الأرصفة وبديلا للطريق الأسفلتي في الأحياء العتيقة والضيقة وهذا نظرا لضيق المساحة والجانب الاقتصادي الغير مكلف في تنفيذها ومقاومتها الجيدة, حيث يتم فرش طبقة من رمل الكثبان بسمك يتراوح بين 10 و20 سم, يتم رشه بالماء ويفرد ثم يتم دكه وتسويته, بعدها يتم تركيب بلاط الإنترلوك على طبقة الرمل المستوية[8].

الصورة 9: عملية تبليط الرصيف ببلاط الإنترلوك

ومن بين البحوث التي أجريت في مجال استخدام رمل الكثبان في قطاع الطرق، طلب إدارة 1999-1993، في هيئة الرقابة الوطنية في منطقة ورقلة، تقنية الأشغال العامة، لصياغة الرمال المغلفة لتقديم أفضل أداء ميكانيكي على أساس المواد المحلية من ناحية ومن ناحية أخرى لمتابعة بناء لوحة تجريبية 300 متر على مستوى مشروع التعزيزRN49(تقرير: اختيار صياغة RN49 الرمال المغلفة للوحة تجريبية في RN49، مديرية الأشغال العامة في ورقلة). المواد الرئيسية التي تشكل المزيج المستخدم هي : الكثبان الرملية، الرمال الغرينية، والقار 50/40[2].

الخلاصة:

وفي الأخير نخلص إلى أن لرمال الكثبان عدة استخدامات من بينها مشاريع الطرق ويمكن استغلالها في مشاريع عدة بالتحسين من خصائصها عبر دمجها مع مواد أخرى.

الجانب التطبيقي

الفصل الرابع:

خصائص المواد المستعملة في التجارب

مقدمة:

في هذا الفصل نقوم بدراسة المواد المستخدمة في إجراء التجارب ومعرفتها ومعرفة خصائصها ومكوناتها.

تعريف الكثبان الرملية :

الكثبان هو جمع كثيب وهو عبارة عن تجمع كمية كبيرة جدا من حبيبات الرمل في مكان واحد من خلال تدخل عوامل السطح ونمط الرياح السائد في تلك المنطقة[7].

1/عوامل تكوين وحركة الكثبان الرملية :

- أ) **الرياح**: التي تعتبر العامل الرئيسي في انجراف التربة فحبيبات الرمل تبدأ حركتها عندما تتراوح سرعة الرياح ما بين 9 إلى 12 كم/ساعة حيث تتم عملية انتقال الحبيبات الرملية بفعل الرياح بثلاث ميكانيزمات:
  - **التدحرج**: ويخص الحبيبات ذات الأحجام الأكبر من 5 ملم.
  - **القفز**: ويخص الحبيبات ذات الأحجام من 0.5 ملم إلى 2 ملم.
  - **التطاير**: ويخص الحبيبات الأقل من 0.15 ملم.
- ب) **توافر مصادر الرمال**: كلما كانت كميات الرمل متواجدة بكثرة على سطح الأرض كلما كان زاد احتمال تكوين الكثبان الرملية, هذه الرمال يكون مصدرها الأساسي هو الرواسب المفككة(الشاطئية أو التي تجلبها السيول) أو الرواسب المتماسكة وتشمل الأحجار الرملية الناتجة عن الحت للسلاسل العملاقة[6].
- ج) **خصائص طوبوغرافية**: تمهيدا لتكوين الكثيب يلعب شكل السطح دورا مهما، حيث توجد أماكن ذات طبيعة خاصة من القشرة الأرضية مهيأة لحركة الرمال وأكثر احتمالا لاستقرارها[6].

2/أنواع الكثبان الرملية:

1. كثبان رملية شاطئية
2. كثبان رملية صحراوية [7]

3/أشكال الكثبان الرملية:

1. الكثبان الهلالية والكثبان المقوسة
2. الكثبان العرضية
3. الكثبان الطولية
4. الكثبان النجمية

1 2 3 4

الصورة 10: أشكال الكثبان الرملية

4/فوائد الكثبان الرملية:

- تستخدم رمال الكثبان في الزراعة حيث تعتبر مثالية لبعض المحاصيل كالبطيخ والفول السوداني
- تستخدم في إنشاء الجزر الصناعية مثل الموجودة في الخليج العربي.
- الترفيه، فاللعب بالرمل هو أحد الأنشطة المفضلة على الشاطئ.
- أكياس الرمل حيث تستخدم لدى الجيوش والثكنات كالدروع للحماية من الرصاص.

5/مخاطر الكثبان الرملية:

1. هجرة الناس إلى أماكن أخرى.
2. انعدام الرؤيا أمام السائق اثناء العواصف الرملية[2] .
3. تعطيل حركة المرور.
4. دمار المحاصيل الزراعية وزيادة التصحر.
5. المشكلات الصحية التي تنجم عن استنشاق الهواء المحمل بذرات الرمل والغبار.

ثانيا/ الطوب الأحمر:

يعد طوب البناء الأحمر من أفضل أنواع الطوب للبناء قديما وحديثا، إذ يتكون من خليط من الطين والرمل والجير، إلى جانب أكسيد الحديد والمغنسيوم، حيث يتم استخدام التربة الطبيعية لإنتاج الطوب، علما بأن جميع الأنواع من الطوب الأحمر يستخدم في البناء بما في ذلك البيوت والأكواخ الصيفية وتغطية الأسقف وتشييد الأرضيات.

1- المواد الخام المستخدمة لصناعة الطوب الأحمر:

الطين هو عبارة سيليكات الألومينا المائية ويحتوي على شوائب مثل أكسيد الحديد وأكسيد الكاالسيوم وأكسيد المغنسيوم والقلويات وبعض المواد العضوية. ويحتوي الطين الجيد والصالح للاستعمال في صناعة الطوب على المواد الكيميائية التالية:-

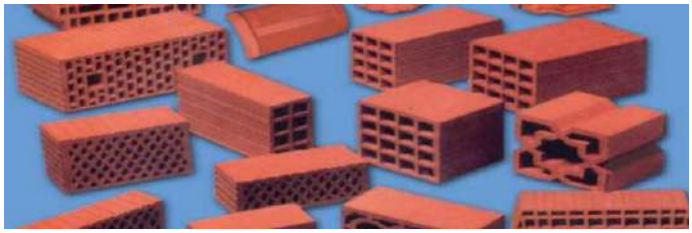
سيلكا : 40 - 60 %، - ألومينا : 10 - 25 %.

- أكسيد الحديد: 4 -8 %) -الجير : 1 - 15 %) - أكسيد المغنسيوم :(0 - 4 %).

- القلويات: وتكون هذه المجموعة حوالي 20 % من الطين وتعمل كعناصر مساعدة للانصهار.

- الماء.- ثاني أكسيد الكربون وثالث أكسيد الكبريت : وهي موجودة بنسبة قليلة جداً.

أ/مميزات الطوب الأحمر: شيوع استخدام الطوب الأحمر في أعمال البناء والتشييد لم يأت من فراغ، بل هو نتاج طبيعي للمميزات العديدة التي يوفرها هذا النوع من أنواع الطوب لمستخدميه وما يمتاز به من خصائص[9] ، ومن أهمها:



الصورة 11: أنواع الطوب الأحمر

1 العزل الحراري: يحفظ الطوب الأحمر طاقة المنازل خلال فصل الشتاء، إذ أنه يعمل على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس نهارا ويبثها مع حلول الليل، والعكس صحيح إذ يبقيها باردة خلال فصل الصيف.

2 الصلابة والتحمل: تمنح هاتان الميزتان الطوب الأحمر القدرة على مقاومة الأحوال الجوية السيئة ومنها الرياح العاتية وكذا مقاومة الأحمال.

3 الأمان ضد الحرائق : في حالة وقوع حادث أو نشوب حريق فإن المباني المقامة من الطوب الأحمر تلحق بها أضرار أقل مقارنة بالمباني الأخرى، وذلك لأن هذا الطوب مقاوم للنيران بطبيعته، وذلك لأن عملية تصنيعه في الأساس تتم من خلال وضعه داخل أفران خاصة تصل درجة حرارتها لحوالي 1000 درجة مئوية[9].

4 عازل للصوت : الطوب الأحمر كما يعزل الحرارة فإنه أيضاً يعد أحد وسائل عزل الصوت، مما يعني إن استخدامه يغني عن استخدام وسائل عزل الصوت الأخرى، أو على أقل تقدير يمكن حينها استخدام الوسيلة الأقل تكلفة.

5 سهولة الاستخدام: من أهم مزايا الطوب الأحمر سهولة التعامل معه وذلك لأنه خفيف الوزن بجانب وجود فراغات في داخله، والسهولة هنا لا تقتصر فقط على عملية الإنشاء ذاته، بل إن أعمال إمداد الخدمات والمرافق إلى العقارات المقامة بواسطة الطوب الأحمر تكون أسهل وأكثر يسراً، فيمكن نحته وحفره لتوصيل مواسير المياه وإمداد خطوط الكهرباء وغير ذلك.

ب/عيوب الطوب الأحمر :

رغم كل المميزات التي سلف ذكرها والتي تميز الطوب الأحمر على غيره من أنواع الطوب الأخرى، إلا إن له عيوب لا يمكن إغفالها والتي تتمثل في:

- صعوبة التعامل مع بعض أنواع الطوب الأحمر خاصة النوع الذي يكون مفرغاً من داخله، وذلك لأن هذا النوع يكون هشاً ضعيفاً والتعامل معه يتطلب احترافية شديدة كي لا يتعرض إلى الشروخ أو الكسر.
- يمتص الطوب الأحمر الماء بسرعة[9].
- يمكن أن يتسبب البحث عن المواد الأولية لصناعة الطوب الأحمر في استنزاف التربة الخصبة الصالحة للزراعة

ثالثا/الحجر الجيري أو الحجر الكلسي:

الحجر الجيري أو الحجر الكلسي Limestone، الاسم الكيميائي له كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate، الرمز الكيمائي: $CaCo_3$، الحجر الجيري من الصخور الرسوبية التي تتكون أساسا من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، والتي تكون عادة في شكل كالسيت أو أراجونيت وقد يحتوي الحجر الجيري على كميات كبيرة من كربونات المغنسيوم (الدولوميت) أيضاً، وتشمل المكونات الثانوية للحجر الجيري أيضاً بشكل شائع الطين، كربونات الحديد، الفلسبار، البيريت، والكوارتز.

ويمتلك الحجر الجيري نسيج حبيبي يتراوح حجم الحبوب المكونة له من 0.001 مم (0.00004 بوصة) إلى جسيمات مرئية، وتتكون هذه الحبوب من شظايا مجهرية من أصداف الحيوانات الأحفورية.

الصورة 12: الحجر الكلسي الخام

الصورة 13: مسحوق الجير

استخدامات الحجر الجيري :

1. يستخدم الحجر الجيري في تحسين التربة .

2. يستخدم الحجر الجيري كصبغة بيضاء في صناعة حشوه معجون الأسنان .

3. يستخدم الحجر الجيري في الحصول على الجير المستخدم في البناء .

4. يستخدم الحجر الجيري في صناعة الإسمنت .

5. يستخدم الحجر الجيري في صناعة الحديد والصلب، حيث تتم إضافته إلى الفحم وخام الحديد في الأفران العالية، ليخفض من درجة انصهار خام الحديد.

6. يستخدم الجير الحي في صناعة 90% من الأوعية الزجاجية المستخدمة لحفظ المشروبات والتى اسمها زجاج الصودا والجير .

أنواع الجير:

1 الجير الحي:

وهي المادة الناتجة من حرق الأحجار الجيرية الطبيعية عند درجات حرارة تتراوح ما بين 950 -1050 إذ يصبح الجير عندها قابلا للتفكك تماما عند إطفائه بالماء، وينقسم الجير الحي إلى قسمين:

أ. جير حي دسم

ب. جير حي غير دسم

2 الجير المطفي:

هي المادة الناتجة من معالجة الجير الحي بإطفائه (إضافة الماء إليه) حيث يزداد حجمه نتيجة إضافة الماء وينتج عن ذلك حرارة.[2] عالية, لذلك يجب الاحتراس أثناء عملية الطفي

الخلاصة:

تطرقنا في هاذا الفصل إلى التعريف بالمواد المستخدمة في التجارب وذكر خصائصها ومميزاتها .

الفصل الخامس

نتائج التجارب المخبرية واختبارات FWD

مقدمة :

سنقوم في هذا الفصل بذكر خطوات إنجاز اللوحة التجريبية وعرض نتائج التجارب المخبرية وكذا طريقة أخذ القياس في الموقع لطبقة قاعدة الكثبان الرملية المحسنة(رمل/أجور/جير) وتحليل النتائج.

* بهدف إنجاز اللوحة التجريبية قمنا بمزج رمل الكثبان (سيدي خويلد) مع بقايا الأجور وهذا بعد طحنه وغربلته بواسطة غربال (0.3ملم) ونسبة من الجير (غرداية) حيث قمنا بتحضير ثلاث خلطات من نفس المواد مع الاختلاف في النسب بين هذه المواد, حيث كانت كتالي:

1- الخلطة (أ) تتكون من 90%من رمل الكثبان و10%من بقايا الأجور.

2- الخلطة (ب) تتكون من 80%من رمل الكثبان و15%من بقايا الأجور و5%من الجير.

3- الخلطة (ج) تتكون من 85%من رمل الكثبان و10%من بقايا الأجور و5%من الجير.

بعد مزج عينات صغيرة من هذه النسب وهذا لكل خلطة من الخلطات الثلاث من أجل القيام بالتجارب المخبرية تحصلنا على النتائج التالية:

1) الجدول4 :نتائج تجربة مكافئ الرمل: والتي أجرية على عينة من رمل سيدي خويلد

العينة	1	2	3
m (g)	120.1	120.1	120.1
h_1 (cm)	13.3	13.2	13
h_2 (cm)	10.8	10.6	10.5
h'_2 (cm)	10.2	9.9	10
ESV (%)	81.20	80.30	80.77
ESP (%)	76.69	75.00	76.92
ESV_{moy}(%)			80.76
ESP_{moy}(%)			76.20

* $85>ESV_{moy}>75$ و$80>ESP_{moy}>70$ **أي** أن **الرمل** نظيف وكمية الشوائب به قليلة.

2) نتائج تجربة التحليل الحبيبي:

من خلال القيام بتجربة التحليل الحبيبي على العينات الثلاثة تحصلنا على المنحنيات التالية:

الشكل 3-1: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (أ)

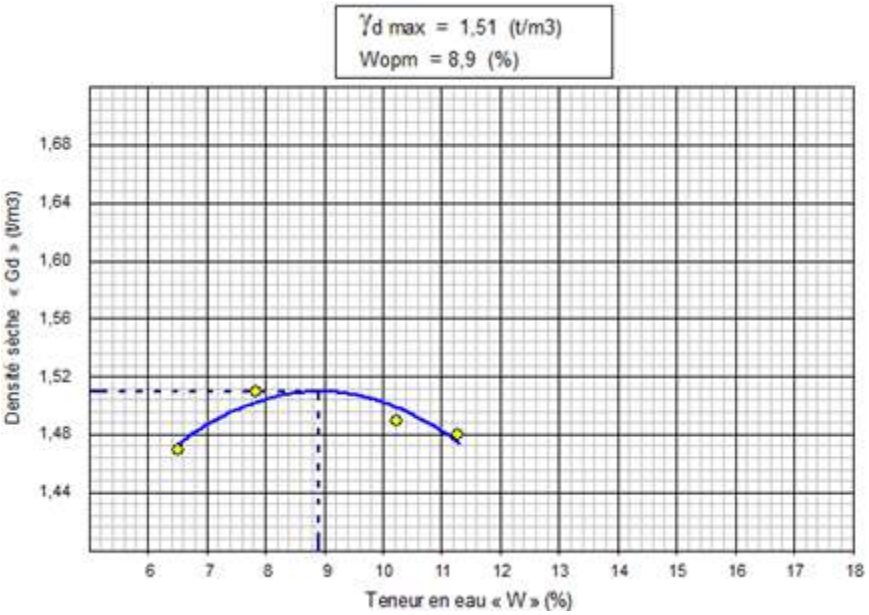
الشكل 3-2: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (ب)

الشكل 3-3: منحنى التدرج الحبيبي للعينة (ج)

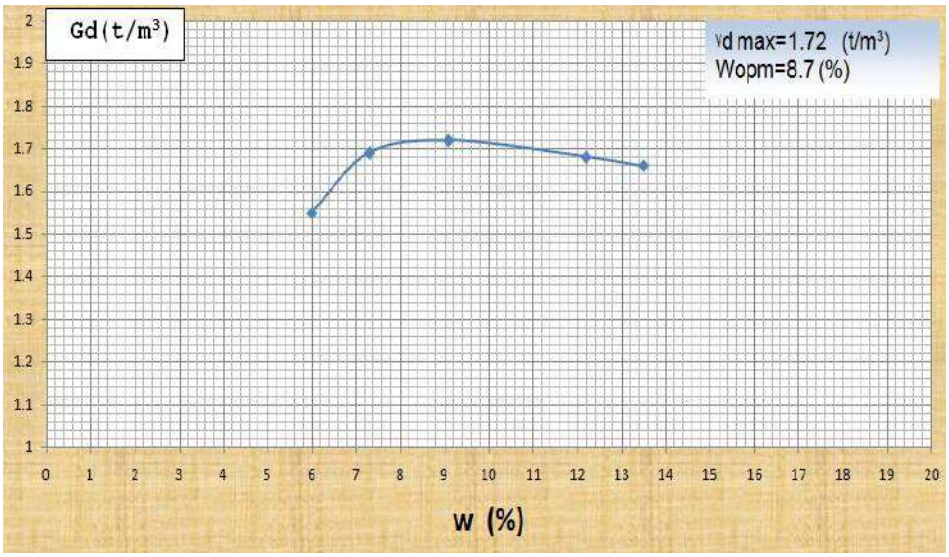
- من خلال المنحنيات الخاصة بالعينات الثلاثة نلاحظ أن العينات تحتوي على نفس المواد والتركيب الحبيبي (التشابه بين أقطار حبيبات العينة الواحدة)، الاختلاف يكون في نسب المواد المكونة للعينة فقط وبتالي لا يؤثر هذا الاختلاف على تجربة التحليل الحبيبي.
- معامل النعومة (خاص بالعينة (ب)) $1.8 \leq M_f = 1.954 < 2.2$ أي أن الرمل دقيق.
- معامل الانحناء $1 < C_c < 3$ أي أن العينات متجانسة.

3)نتائج تجارب الدمك:

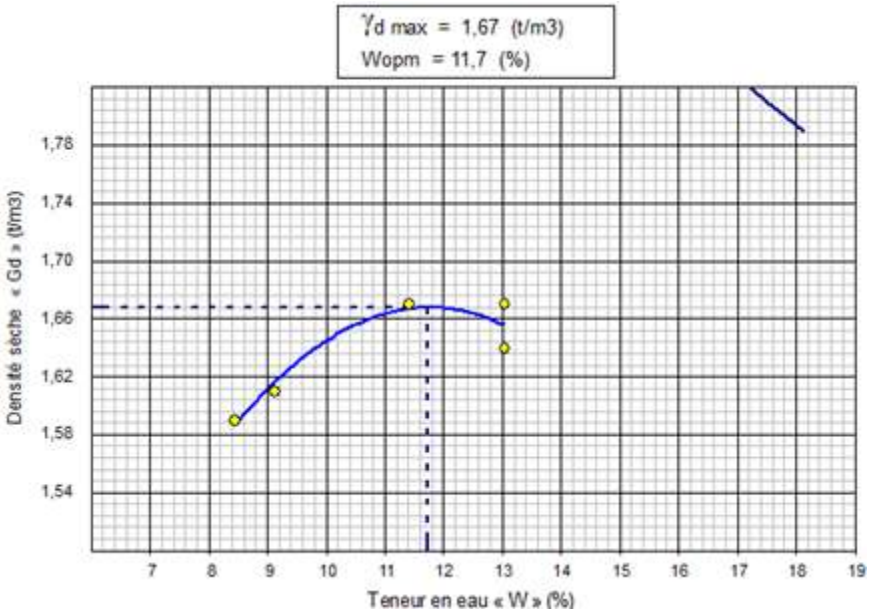
حيث تسمح تجربة الدمك بتحديد طاقة الدمك الازم توفيرها لدمك التربة في الموقع ونسبة الماء الموافقة لها.



الشكل 3–4: منحنى الدمك للعينة (أ)



الشكل 3–5: منحنى الدمك للعينة (ب)



الشكل 3-6: منحنى الدمك للعينة (ج)

من خلال نتائج منحنيات دمك العينات نلاحظ أن أحسن كثافة للتربة هي $1.72(t/m^3)$ ونسبة الماء الموافقة لها هي 8.7%

4) خطوات إنجاز العمل التجريبي في الموقع:

بعد تحضير المواد وطحن الأجور نبدأ في العمل الميداني والذي تم وفق المراحل التالية:

1- حفر مساحة من الأرض ذات طول5متر وعرض2متر وبعمق 35 سنتمتر.

الصورة 14: مكان إجراء اللوحة التجريبية

2- تحضير الخلطات (أ ب ج) وهذا بحساب كمية المواد المكونة للخلطة انطلاقا من نسبة هاته المادة في الخلطة الكلية ومزجها مع بعض جيدا.

3- إضافة كمية الماء المناسبة لكل خلطة مع مراعات تقليب التربة جيدا لضمان التوزيع الجيد والمتساوي للماء في العينة كاملة.

الصورة 15: عملية خلط العينات

4- بعد تقسيم المساحة المحفورة على ثلاثة بواسطة أغلفة بلاستيكية من أجل الفصل بين العينات وضمان عدم اختلاط التربة نبدأ في وضع تربة العينات كل مجموعة في الحيز الخاص بها وفق طبقات ارتفاع كل طبقة 10 سنتمتر وهذا من أجل دمك التربة جيدا.

الصورة 16: طريقة الفصل بين العينات

5- البدا في عملية الدمك بواسطة مدحلة رجاجة ذات عجلات حديد ملساء صغيرة وفق طبقات لضمان دمك جيد إلى غاية الانتهاء ودمك جميع الطبقات.

الصورة 17: عملية دمك العينات

6- بعد الانتهاء من عملية الدمك نقوم باختبار إنزال اللوحة الديناميكي على العينات الثلاثة.

الصورة 18: القيام باختبار ضغط اللوحة الديناميكي على العينات

5) اختبار ضغط اللوحة الديناميكي(FWD):

هو اختبار يجرا لتقييم الخصائص الفيزيائية للرصف والتربة في الطرق السريعة والطرق المحلية وفي المطارات ومسارات السكك الحديدية وفي أعمال الحفر وإنشاءات الصرف الصحي والخنادق وهذا لتحديد جودة الدمك وقدرة تحمل التربة[10]، يتم هذا الاختبار بواسطة جهاز الوزن الخفيفHMP LFG

6) جهاز الوزن الخفيف HMP LFG:

هو جهاز يتيح تحديد سريع وغير معقد لقدرة تحمل التربة وجودة الدمك للطبقات القاعدية وتحسينات التربة حيث يمكن هذا الجهاز من إجراء اختبار ضغط اللوحة الديناميكي بسرعة كبيرة وبدون دعامات تحميل وبالتالي يمكن استخدامه في الأماكن التي يصعب الوصول إليها مع إعطاء نتائج فورية ودقيقة إضافة إلى سهولة نقله والتعامل معه من قبل شخص واحد فقط[10].

الصورة 19: جهاز HMP LFG

المعلومات الفنية للجهاز:

	LFG برو	LFG 4
جهاز قياس التسوية الإلكترونية		
نطاق قياس الاستقرار 0.1 إلى 2.0 مم ± 0.02 مم	✓	✓
نطاق القياس Evd <225 MN / m²	✓	✓
نطاق درجة الحرارة من 0 إلى 40 درجة مئوية	✓	✓
عالية الجودة LEMO كابل توصيل قوي للغاية ومقاوم لرش السوائل مزود بمقابس	✓	✓
عرض الرسوم بالمليمتر	56 × 73	38 × 68
الملونة , مستشعر الضوء المتحكم فيه ومضاء	✓	
اسود ابيض		✓
معالج 32 بت سريع وقوي	✓	
طابعة حرارية , USB , واجهة بلوتوث	✓	✓
GPS	✓	اختياري
الأبعاد بالملم	210 × 100 × 31	211 × 100 × 26
سعة التخزين الداخلية في سلسلة من القياسات	1000	500
مزود الطاقة		
بطارية ليثيوم بوليمر قوية 3.7 فولت , 6300 مللي أمبير	✓	
4 بطاريات R6		✓
يمكن تحديد التنقل في القائمة بـ 18 لغة	✓	✓
جهاز التحميل الميكانيكي		
الوزن الإجمالي 15.0 كجم	✓	✓
كتلة الوزن الساقط 10.0 كجم	✓	✓
أقصى قوة تأثير 7.07 كيلو نيوتن	✓	✓
مدة الصدمة 17.0 ± 1.5 مللي ثانية	✓	✓
المادة: فولاذ مجلفن / مطلي بالكروم الصلب	✓	✓
عنصر الربيع 17 نوابض قرصية	✓	✓
لوحة التحميل		
قطر 300 مم , سماكة اللوح 20.0 مم	✓	✓
الوزن 15.0 كجم المادة: فولاذ مجلفن	✓	✓

الشكل 3-7: المعلومات الفنية لجهاز HMP LFG

7) عملية القياس:

– تسوية منطقة الاختبار.

– وضع لوحة التحميل على سطح التربة.

– إعداد جهاز التحميل ووصله بجهاز القياس.

– التشغيل واتباع التعليمات على الشاشة.

– تنفيذ 3 صدمات تحميل مسبق و3 صدمات قياس واحدة تلو الأخرى.

– بعد الانتهاء من سلسلة القياسات يتم عرض جميع بيانات القياس وقيمة Evd.

– حفظ أو طباعة أو نقل القياس.

8)نتائج وتحليل القياسات:

باستخدام برنامج اللوحة الديناميكي تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول 5: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (أ)

S_{123} (mm	S_{moy} (mm)	V (mm/s)	S/V (ms)	Evd (MN/m^2)	Ev2 (MN/m^2	CBR (%)
S_1=0.63	1.64	71.5	22.99	13.69	28.02	6.13
S_2=2.08						
S_3=2.22						

الجدول 6: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (ب)

S_{123} (mm	S_{moy} (mm)	V (mm/s)	S/V (ms)	Evd (MN/m^2)	Ev2 (MN/m^2	CBR (%)
S_1=0.62	0.4	30	13.33	56.25	124.58	35.47
S_2=0.32						
S_3=0.26						

الجدول 7: نتائج اختبار ضغط اللوحة الديناميكي للعينة (ج)

S_{123} (mm	S_{moy} (mm)	V (mm/s)	S/V (ms)	Evd (MN/m^2)	Ev2 (MN/m^2	CBR (%)
S_1=65.52	43.78	9.4	4.6	0.51	1.02	0.12
S_2=65.52						
S_3=0.31						

تحليل النتائج:

* من خلال نتائج القياس نلاحظ أن أقل قيمة للانحناء كانت عند العينة(ب) (S=0.4mm) وأحسن قيمة لمعامل التشوه الديناميكي لدى نفس العينة أيضا (E_{vd}=56.25 MN/m^2)

*العينة (أ) أظهرت نتائج جيدة هي كذألك بينما العينة (ج) لم تعطي النتائج المتوقعة والمرجوة والتي كان من المفروض أن تكون نتائجها هي الأخرى قريبة من نتائج العينات (أ و ب)، قد يرجع هذا السبب إلى عدم دمك العينة (ج) جيدا.

– لم نستطع إعادة تجربة العينة (ج) بسبب ضيق الوقت ومدة طحن بقايا الأجور الطويلة إضافة إلى تكاليف إعادة كراء جهاز الدمك الكبيرة نوعا ما.

الخاتمة:

سمحت لنا هذه الدراسة التجريبية بقياس الانحناء في الموقع لطبقة رمل الكثبان المحسن (رمل/أجور /جير) بعد تطبيق اختبار ضغط اللوحة الديناميكي والكشف عن المزيج الأمثل لهذه المواد كبديل لطبقة الرصف القاعدية للطريق، ومما سبق نستخلص ما يلي:

* التدرج الحبيبي لمزيج العينات الثلاثة مقبول.

* أحسن كثافة للتربة عند العينة (ب).

* أقل قيمة للانحناء عند العينة (ب).

* النتائج المتحصل عليها من خلال اختبار ضغط اللوحة الديناميكي تعطي نتائج جيدة باستثناء العينة (ج).

خلاصة عامة

خلاصة عامة:

تحتل صحراء الجزائر حوالي ثلثي مساحتها الكلية من الاراضي ومعظم هذه الصحاري تتكون من الرمال الغير مستغلة حتى يومنا هذا.

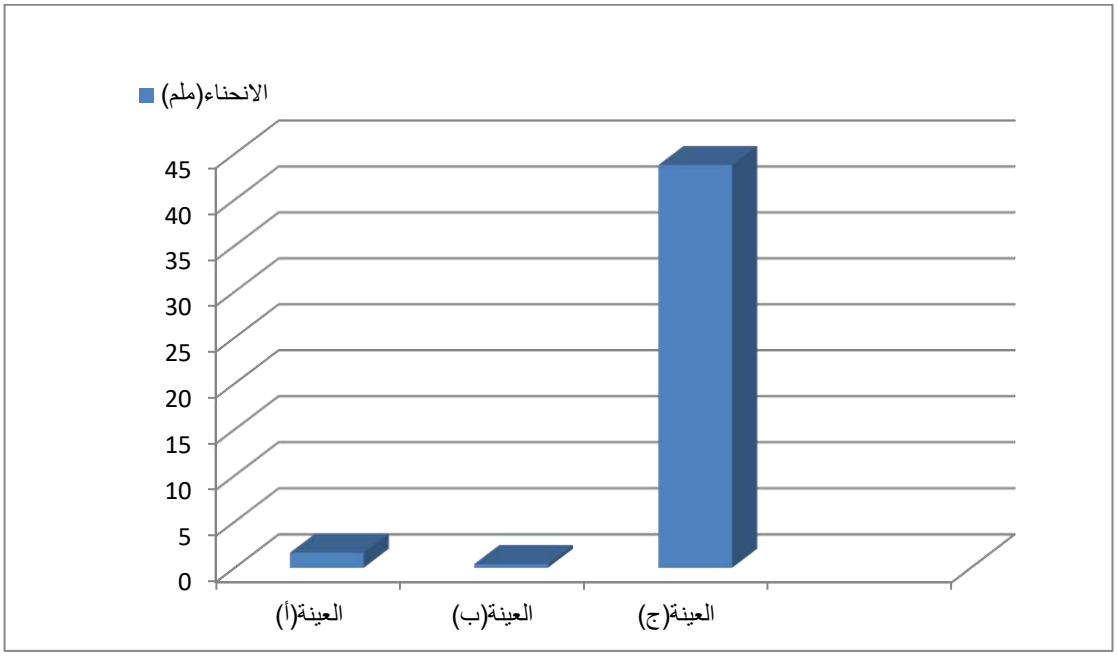
وبهدف الاستفادة من هذه الثروة الوطنية أقمنا هذه الدراسة التجريبية والتي أساسها هو استعمال رمل الكثبان المحسن في طبقات الرصف القاعدية للطريق بدعم رمل الكثبان بمادة الأجور والجير وفق نسب محددة لكل مادة من أجل إيجاد التركيبة الأمثل من هاته المواد والتي تعطي أقل قيمة للانحناء بعد تطبيق أحمال على عينة هذه التركيبة.

مع العلم أن النتائج المتحصل عليها من خلال التجارب الأولية والاختبارات الميدانية تعطي نتائج جيدة

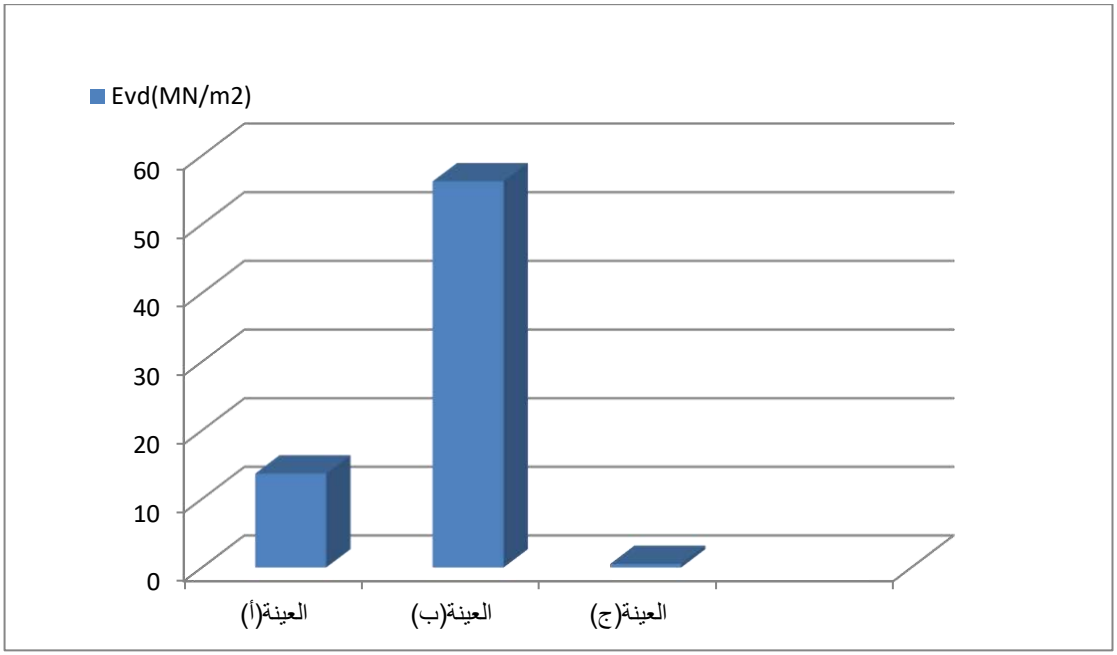
باستثناء العينة (ج) التي تعذر إعادة أدائها بسبب ضيق الوقت وتكاليف إعادة كراء جهاز الدمك المرتفعة والمدة الطويلة التي يستغرقها طحن الأجور.

وفي الأخير تعتبر النتائج المتحصل عليها مقبولة ومشجعة عموما, ونوصي بإجراء بحوث تجريبية تكميلية تهدف إلى تحسين أكثر لأداء الرمل الناعم في طبقات الأساس القاعدية باستعمال إضافات محسنة وروابط ميكانيكية والتركيز على خصائص الديمومة ومقاومة التشوهات الدورية.

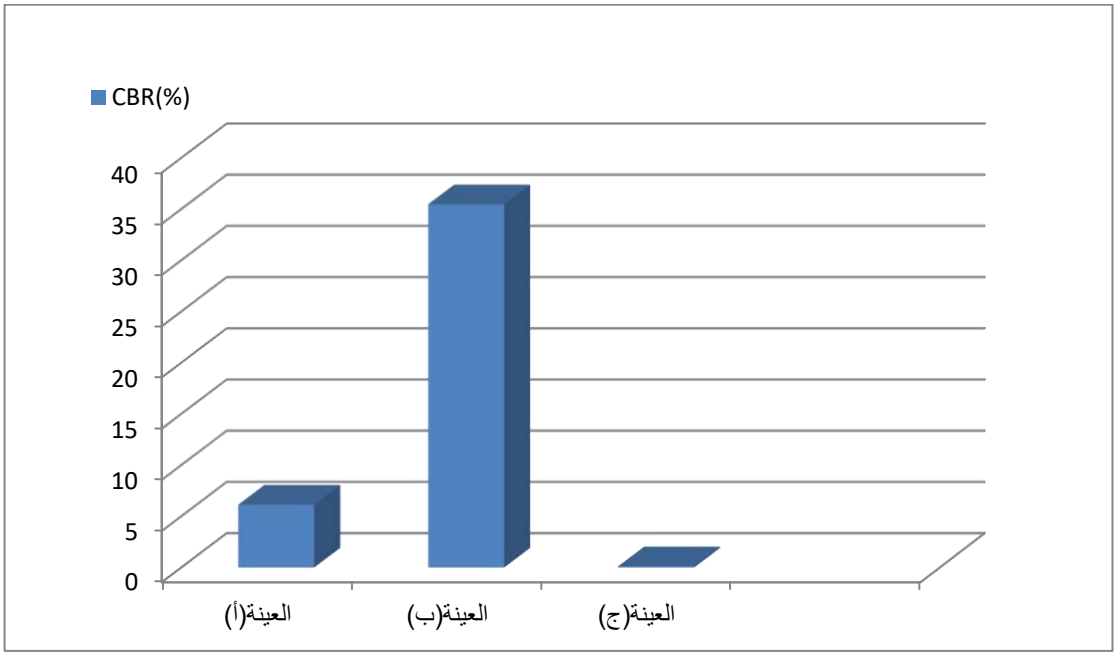
الملاحـق



الشكل 3–8: أعمدة بيانية توضح قيم الانحناء للعينات الثلاثة (أ، ب، ج)



الشكل 3–9: أعمدة بيانية توضح قيم التشوه الديناميكي (Evd) للعينات الثلاثة (أ، ب، ج)



الشكل 3–10: أعمدة بيانية توضح نسب التحميل لكاليفورنيا (CBR) للعينات الثلاثة (أ، ب، ج)

الجدول8: كميات المواد المستخدمة في التجارب:

العينات	الجير(كلغ)	أجر(كلغ)	الرمل(بالعربة اليدوية)	الماء(لتر)
العينة(أ)	0	192.158	38.5	130.5
العينة(ب)	95.87	288.173	34	130.5
العينة(ج)	95.87	192.158	36	130.5

المراجـع

[1] المؤسسة العامة للتعليم والتدريب المهني-كتاب تقنيات الطرق -تخصص تقنية مدنية- المملكة العربية السعودية-2012.
[2] مراد عبد العالي بدر- دراسة تجريبية لتأثير استعمال رمال الكثبان المحسن على أداء طبقات الرصف القاعدية للطريق Assise- مذكرة ماستر- تخصص دراسة ومراقبة العمارات والطرق- جامعة قاصدي مرباح ورقلة -2020.
[3] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني- أعمال دمك التربة لغرض إنشاء الطرق-المملكة العربية السعودي2012.
[4] دليل الأليات والمعدات الهندسية – الفصل7 المداحل الرجاجة والثابة.
[5] ماني عبد الواحد– المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف –مذكرة دكتوراه – تخصص هندسة المواد - جامعة قاصدي مرباح ورقلة -2019.
[6] بريكة عبلة- مقاربة عددية لمعامل الالتقاط على الوجه المظاهر لكثيب رملي- مذكرة ماستر- تخصص فيزياء الأرصاد الجوية - جامعة قاصدي مرباح ورقلة – 2019.
[7] مثنى خليل إبراهيم و د. عمر كريم زبار- الكثبان الرملية تكوينها استخداماتها وطرق معالجتها-موقع http://www.uoanbar.edu.iq/eStoreImages/Bank/825.docx
[8] مكتبة نور - الخرسانة المطبوعة وبلاط الانترلوك موقع : https://www.noor-book.com
[9] مكتبة نور- مميزات وعيوب الطوب الأحمر – موقع : https://www.noor-book.com
[10] شركة HMP Magdeburger Prüfgerätebau GmbH- جهاز HMP LFG
رابط الموقع https://www.hmp-online.com/