بسم الله الرحمن الرحيم
جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية الهندسة
مدرسة الهندسة المدنية
قسم هندسة الطرق والنقل
Sudan University of Science & Technology
College of Engineering
School of Civil Engineering
Division of Highways and Transportation Engineering

بحث تكميلي لنيل درجة بكالريوس الشرف في الهندسة المدنية

عنوان البحث :-

مقارنة المواد الحصوية لطبقتي الأساس و الأساس المساعد بين منطقتي بحري (حطاب) و منطقة امدرمان (الريف الشمالي)

إعداد الطلاب :

١) أحمد عطا المنان عبدالرحيم.
٢) أحمد قسم السيد أحمد.
٣) أحمد مكي حامد.

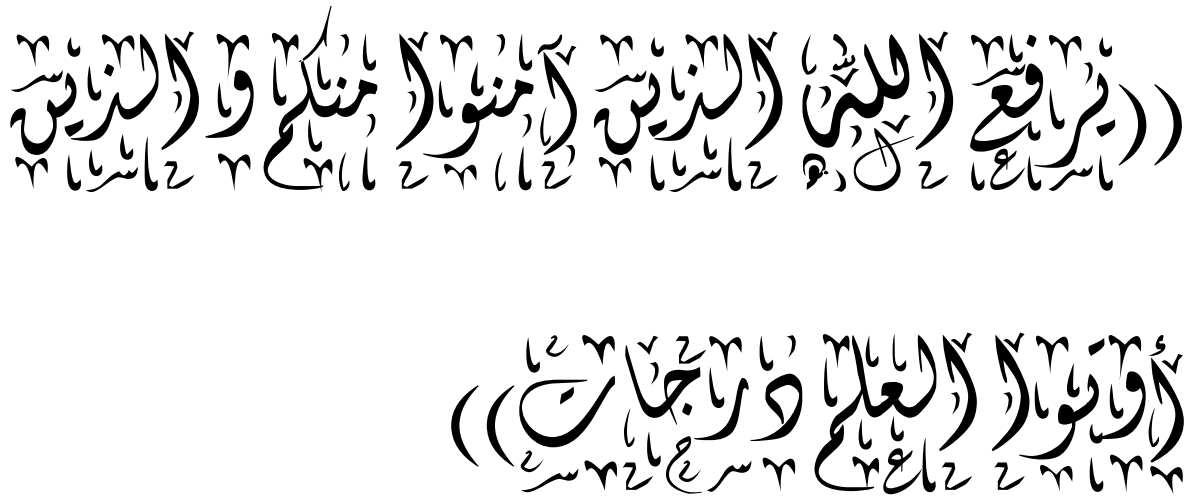
المشرف :

د . جودة الله عثمان

October 2017

أعوذ بالله من الشيطان الرجيم

قال تعالى:



المجادلة، الآية (11)

صدق الله العظيم

إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء فالإهداء إلى معلم البشرية نبينا محمد صلى الله عليه وسلم، إلى اليد الطاهرة التي أزالت من أمامنا أشواك الطريق ورسمت المستقبل بخطوط من الأمل والثقة إلى الذي لا تفيه كلمات الشكر والعرفان بالجميل أبي الحبيب، إلى من ركع العطاء أمام قدميها وأعطتنا من دمها وروحها و عمرها حبا وتصميما ودفعا لغد أجمل إلى الغالية التي لا نرى الأمل إلا من عينيها إلي أمي الحبيبة، إلى الحب كل الحب إخوتي وأخواني، إلى كافة الأهل و الأصدقاء.

الشكر و العرفان

لابد لنا و نحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهوداً كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد، و قبل أن نمضي نُقدم أسمى آيات الشكر و الامتنان و التقدير و المحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة، إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم و المعرفة إلى جميع أساتذتنا الأفاضل.

"كن عالماً، فإن لم تستطع فكن متعلماً فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

و أخص بالشكر الدكتور جودة الله عثمان الذي ساعدنا كثيرا في إخراج هذا البحث في صورته المتواضعة، وأيضا وزارة البنى التحتية و مهندسيها،و شركة المختبرات الإنشائية و البيئية المحدودة ومهندسيها و جميع العاملين بها، و كذلك نشكر كل من ساعد على إتمام هذا البحث و قدم لنا العون و مد لنا يد المساعدة و زودونا بالمعلومات اللازمة لإتمامه.

المستخلص

تعتبر منطقة بحري (حطاب) المكان الأساسي و الوحيد الذي تحضر منه جميع ردميات طبقات الرصف، قلة جودة مواد هذه المنطقة و استنفدت مما أدى ذلك إلى ضرورة اكتشاف مناطق جديدة أو بديلة لها و اختبار صلاحية موادها.

في هذه الدراسة تم عمل زيارة للمنطقتين و أخذ عينات للطبقتين من كل منطقة و إجراء الاختبارات المعملية على مواد منطقة أمدرمان (الريف الشمالي) و مقارنة نتائجه مع نتائج مواد مقلع منطقة بحري (حطاب)، و مقارنة الدراسات السابقة لمواد كل من المنطقتين مع نتائجهم الحالية لتقييم المنطقة من ناحية صلاحية و جودة موادها.

Abstract

Bahri (hattab) region is the main and only place where all the floors of the pavement lavers come from the lack of the quality and depletion of the materials in this region led to the need to discover new or alternative regions and test the validity of their materials.

In this study, a visit to the two regions was carried out and samples were taken for each layer of the two regions, laboratory tests were conducted on um durman (northern countryside) and their results were compared with the results of bahri (hattab) region, and comparing the previous studies of the materials of each region with their current results to evaluate the region in terms of the validity and quality of its materials.

قائمة المحتويات

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الآية	1
	الإهداء	2
	الشكر و العرفان	3
	المستخلص	4
	Abstract	5
	قائمة المحتويات	6
	الباب الأول المقدمة	7
1-1	مقدمه عامه	8
1-2	أهداف البحث	9
1-3	أهمية البحث	9
1-4	منهجية البحث	9
1-5	مشكلة البحث	9
	الباب الثاني الإطار النظري	10
2-1	الطرق	11
2-2	الرصف المرن	12
2-2-1	طبقات الرصف المرن	14
2-2-1-1	الطبقة السطحية	15
2-2-1-2	طبقة الأساس	16
2-2-1-3	طبقة الأساس المساعد	18
2-2-1-4	الطبقة التأسيسية	20
2-3	المسح الميداني	21
	الباب الثالث الإختبارات المعملية	24
3-1	اختبار الدمك compaction (proctor) test	25
3-2	تجربة التحليل المنخلي	27
3-3	تجربة نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR)	29
3-4	حدود أتيربيرج	33
3-5	النتائج الحالية و الدراسات السابقة	36
	الباب الرابع تحليل و مقارنة النتائج	42
4-1	مقارنة المنقطتين مع بعضهما البعض	43
4-1-1	مقارنة طبقة الأساس	43
4-1-2	مقارنة طبقة الأساس المساعد	45
4-2	مقارنة النتائج الحالية مع الدراسات السابقة	47
4-2-1	منطقة أمدرمان (الريف الشمالي)	48
4-2-2	منطقة بحري (حطاب)	59
	الباب الخامس الخلاصة و التوصيات	63
5-1	الخلاصة	64
5-2	التوصيات	64
	الباب السادس المراجع و الملحقات	65
	المراجع	66
	الملحقات	67

الباب الأول

المقـــــــــــدمة

١-١ مقدمة عامة:

بدأت حاجة الإنسان للطرق منذ أمد بعيد حيث كان لا بد من استخدام مسارات أو طرق بسيطة أو غيرها للوصول إلى المناطق التي يمكنه الحصول منها على احتياجات ضروريات الحياة.

ثم بدأ في تطوير وإنشاء تلك الطرق بما يلاءم تطور حياة الإنسان وما يتطلب ذلك من قوة ومتانة للرصف حتى يقابل التطور الذي حدث في وسائل النقل التي تستخدم تلك الطرق ومن أهم الطرق التي أنشئت في ذلك الوقت وأشهرها طرق الفراعنة حيث أنشئت خصيصاً لنقل الكتل الحجرية اللازمة لبناء الأهرامات وأخرى تصل بين المعابد الخاصة بهم وغيرها من طرق ترابية لنقل المحاصيل والمواد الأخرى وهي رخيصة التكلفة، من أشهر الطرق في ذلك الوقت الطرق الرومانية حيث يعتبر عهده هو أزهى عصور إنشاء الطرق فقد انشئوا شبكة تربط بين المستعمرات ودولتهم في فترة سبعة قرون من الزمن. ومن الجدير بالذكر أن سمك الرصف عندهم كان يزيد عن (1 متر) بالرغم من قلة عدد المركبات وكذلك انخفاض الأحمال التي تستخدم تلك الطرق في ذلك الوقت.

ومن هنا نجد أن التربة أكثر المواد أهمية في إنشاء الطرق وانه لا بد من دراسة المسائل المتعلقة التي سينشأ عليها ومنها الطريق، وتفهم خصائصها وسلوكها تحت تأثير أحمال المرور والظروف الجوية والبيئية السائدة حتى يمكن إنشاء أنواع من الطرق الجيدة الصالحة لأداء خدمة المرور والنقل عليها بكفاءة وأمان وبأقل النفقات.

تقع منطقة حطاب في محلية بحري محافظة شرق النيل و تعبتر المقلع الوحيد للولاية قديما، شيدت العديد من الطرق داخل الولاية منه استنفذت مواده و قلت جودتها نظرا لإستهلاكه و كان الحل هو اكتشاف مقالع جديدة للولاية من هذه المقالع الريف الشمالي بمنطقة امدرمان ٥٠ كيلومتر غربا اجريت عليه الاختبارات و الدراسات و اثبت كفاءته من ناحية النتائج، تعتبر دراسة مناطق المواد الحصوية مهمه و ذلك لتقليل تكلفة النقل و التوريد فكلما كانت المنطقة قريبة من المشروع قلة التكلفة.

لتحديد صلاحية المواد لابد من إجراء الاختبارات المعملية، تطرقنا في هذا البحث لمجموعة من الاختبارات المهمه منها (نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR)، التحليل المنخلي، اختبار بروكتر و حدود اتيربيرج) لتحديد صلاحية المواد و جودتها و المقارنة بين المنطقتين و تحديد الافضلية بينهما من النتائج المتحصل عليها من هذه الاختبارات، و مقارنة الدراسات السابقة مع النتائج الحالية للعينات.

1-2اهداف البحث:

١. اجراء تجارب معملية للعينات.
٢. مقارنة النتائج بين العينات.
٣. عمل مقارنة بين النتائج الحالية للعينات و الدراسات السابقة.
٤. تحديد الأفضلية بين المنطقتين.

1-3اهمية البحث:

١. توفير معلومات عن العينات لكل مقلع.
٢. جودة المواد الحصوية للمنطقتين.
٣. معرفة التغيرات من ناحية جودة المواد الحصوية قديما و حاليا.

1-4منهجية البحث:

١. أخذ العينات من المنطقتين.
٢. إختبار العينات و أخذ النتائج.
٣. مقارنة بين نتائج المنطقتين.
٤. مقارنة النتائج الحالية مع الدراسات السابقة.

1-5 مشكلة البحث:

ايجاد بديل لمقلع منطقة بحري نظرا لإستهلاك و قله جودة المواد الحصوية

الباب الثاني

الإطار النظـــــــري

2-1 الطرق:

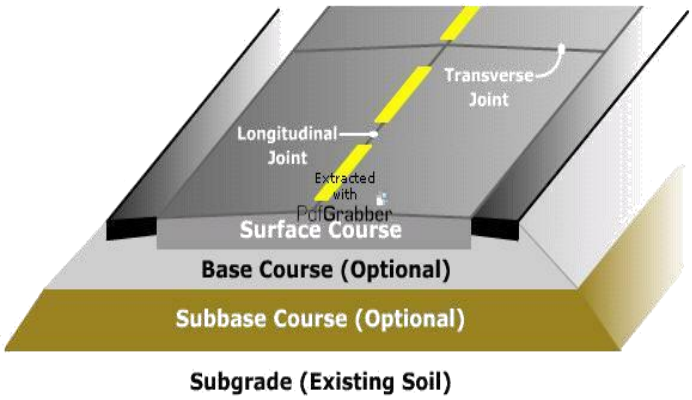
تعرف الطرق على أنها هي عبارة عن ممرات (منشآت هندسية) فوق الأرض لمرور العربات والمشاة والحيوانات ونقل البضائع من مكان إلى آخر وقد تطورت الطرق من الممرات الترابية والطرق الحجرية إلى الطرق الخرسانية متعددة الحارات والطرق المعبدة الإسفلتية ثم تطورت الطرق بتطور أعمال نقل الغذاء والسلع من أمكنة إلى أخرى فظهرت طرق الحيوانات إذ استخدمت الجمال والفيلة كوسائلَ نقلٍ مع اكتشاف العجلات والعربات بدأ التفكير في إنشاء الطرق وأول من استخدم العربات قدماء المصريين ومن أوائل الطرق التي أنشئت طريق كان يربط النيل بالاهرامات عام ٣٠٠٠ ق.م وكان البابليون أول من استعمل الإسفلت مادة من مواد الإنشاء على الطرق المقدسة، كما استخدمت الطرق المحسَّنة في بلاد ما بين النهرين عام ٣٠٠٠ ق.م ورُبِطَتْ إيطاليا بالدانمرك عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد.

في القرن الثامن عشر حدث تقدم مهم في تكنولوجيا الطرق حيث قدم المهندسون وسائل كثيرة محسَّنة لإنشاء الطرق وبنائها وصيانتها و كان منهم المهندس (John Macadam) الذي قدم طريقة مكدام (macadam) وذلك باستخدام الحجارة المكسرة المخلوطة ميكانيكياً والمرصوصة بأن يتم رش المواد البيتومينية على سطح الأحجار لربط الحصويات يبعضها البعض و بعد الحرب العالمية الأولى (١٩١٤-١٩١٨) أدت زيادة استخدام السيارات بسرعات عالية وحمولات ثقيلة إلى الحاجة لوجود طرق أفضل وتم إنشاء شبكة من الطرق السريعة وتطويرها في الولايات المتحدة الأمريكية، ولاسيما في عهد رئاسة روزفلت و في نهاية الحرب العالمية الثانية) ١٩٣٩-١٩٤٥ زاد الطلب على إنشاء الطرق السريعة بأربع حارات مرور أو ست حارات مرور وتابع مهندسو الطرق أبحاثهم لتصميم الطرق الحديثة المتينة والاقتصادية الأكثر ربحاً وأماناً آخذين في الحسبان العوامل المؤثرة على تطور النقل الطرفي والعوامل المؤثرة على شبكة الطرق والتكنولوجيا بصفة عامة هي الوسائل الديناميكية المتطورة لتحقيق الأهداف والغايات سواء كان ذلك بالات وأدوات بسيطة أو متطورة أو مجموعة من المناهج أو الوصفات التي يفترض فيها القدرة على حل مشكلات صيانة الطرق المعقدة ورفع الصيانة الشاملة برفع كفاءة مهندسي الصيانة ولذلك فإنها تهتم بالتدريب مستوى التقنية الهندسية للطرق حيث تهتم واقتراح المتخصص لمهندسي الصيانة بحيث يكون لديهم الإمكانيات التي تؤهلهم من تشخيص العيوب الخاصة بالطرق وتهدف تكنولوجيا صيانة الطرق إلى قيام مهندس الصيانة بدور اكبر من مجرد أسلوب تطوير لأعمال صيانة وتطوير الطرق التغلب على المشاكل البسيطة وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المحدودة المتاحة لأعمال الصيانة وخفض تكاليف الصيانة من خلال أعمال الصيانة المناسبة وفى الوقت المناسب .

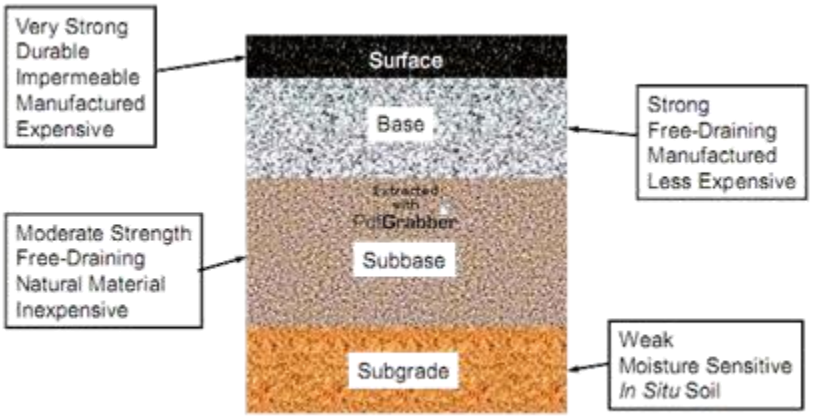
٢-٢ الرصف المرن:

الرصف المرن النموذجي هو الرصف الذي يتكون من الطبقات التالية:

١. الطبقة السطحية.
٢. طبقة الأساس.
٣. طبقة الأساس المساعد.
٤. الطبقة التأسيسية.

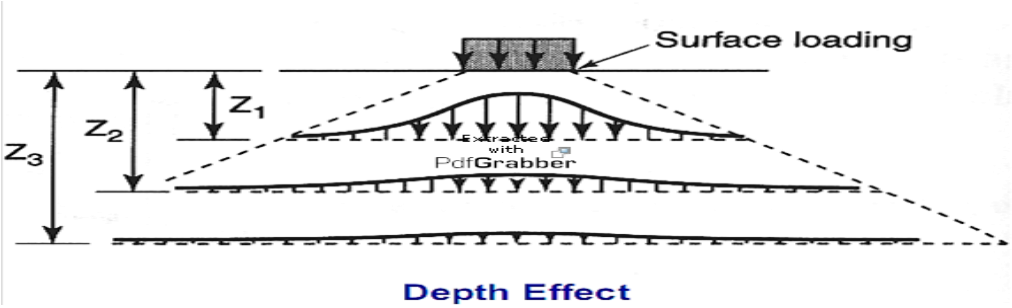


شكل (1-1) يوضح مقطع جانبي لطبقات الرصف



شكل (1-2) يوضح مقطع عرضي لطبقات الرصف

تكون كل الطبقات مبنية على التربة الطبيعية المدموكة كما موضحه في الشكل و في بعض الحالات يمكن عدم استخدام طبقة الأساس و ذلك عندما تكون التربة الطبيعية الحاملة للطريق ذات خواص جيدة و في بعض الحالات النادرة يمكن الاستغناء عن طبقة الأساس المساعد يتميز الرصف المرن بأن التشوهات التي تحصل في تربة المسار يمكن أن تنعكس عبر الطبقات حتى نصل إلى الطبقة السطحية أي أن طبقة الرصف تكون مقاومتها للانعطاف ضعيفة و يمكن إهمالها. أيضا فإن الأحمال الرأسية تنتقل عبر الطبقات باعتماد على نقاط التماس بين الحبيبات و بالتالي كلما زاد دمك الطبقات كلما زادت قدرتها على توزيع الإجهادات على مساحة أفقية أكبر و بالتالي تقل الاجهادات تبعا للعمق و من ذلك يمكن القول بأن الطبقة السطحية هي أقوى الطبقات لأنها تتحمل أكبر الإجهادات . و لذلك نستعمل لها أجود المواد و تقل الجودة مع العمق. الشكل التالي يبين انخفاض الإجهادات مع العمق



شكل (3-1) يوضح توزيع الاحمال تبعا للسمك

- **مميزات الرصف المرن:**

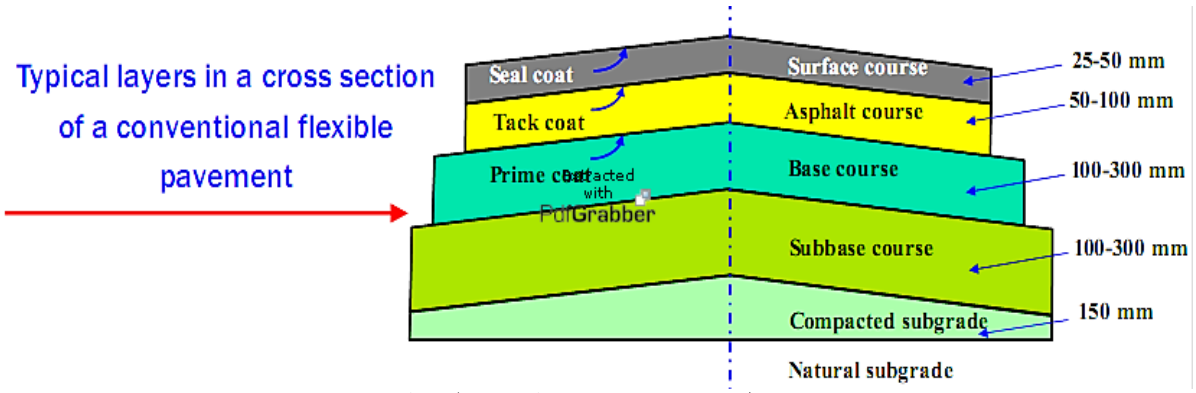
١. الأحمال متكررة و متنوعة.
٢. مقدار الأحمال متغيرة من خفيفة إلى ثقيلة.
٣. يصمم ليتحمل المرور المستقبلي الذي يزيد سنويا.
٤. خواص المواد المستخدمة تتغير بتغير الظروف و البيئة.
٥. يتكون من طبقات متعددة تنشأ فوق التربة الطبيعية.
٦. ضعيفة المقاومة للانحناء.
٧. انتقال الأحمال تدريجيا عبر الطبقات بالاعتماد على نقاط التماس بين الحبيبات.
٨. سهولة التصميم و الإنشاء و إمكانية التنفيذ على مراحل.
٩. سهولة الصيانة و الترميم عند حدوث هبوط أو تشقق.

- عيوب الرصف المرن:

١. يحتاج إلى فترات صيانة متقاربة.
٢. إصدار الأصوات المزعجة عند مرور العربات عليه.
٣. تعرض طبقة الرصف السطحية للتشققات الكبيرة.
٤. عمرها الافتراضي صغير يصل إلى ٢٠ عام.
٥. لا يصلح للتربة الضعيفة.

2-2-1 طبقات الرصف المرن:

بالإضافة إلى الطبقات المذكورة سابقا هنالك طبقات تستخدم للربط بين الطبقات الأسفلتيه مع بعض و بين طبقات الإسفلتية و طبقة الأساس كما مبين في الشكل التالي:



شكل (1-4) يوضح طبقات الربط

2-2-1-1 الطبقة السطحية:

-هي الطبقة التي تتحمل مباشرة الأحمال الناتجة من حركة المرور و التغيرات المناخية. و لذلك يجب علي هذه الطبقة أن تقاوم :

- الاجهادات الرئيسية التي تتولد علي سطح التماس بين الإطار المطاطي وسطح هذه الطبقة و هذه الاجهادات تبلغ شدتها القصوى عند العربات الثقيلة (الشاحنات) إذ يمكن أن تتراوح قيمة هذه الاجهادات الرأسية ($700\text{-}1500 kn/m^2$).
- الإجهادات المماسية التي تتولد على سطح التماس أثناء سير العربات و التي تبلغ أقصاها عند الإقلاع او عند الفرملة. و عند دخول المنعطفات و خاصة الحادة منها.
- الإهتراء الناتج من الاحتكاك بين الإطار المطاطي و سطح الطبقة السطحية الذي يمكن بتفاعله مع الإجهادات المماسية أن يقتلع العناصر الحصوية من الطريق.
- الجهود الحرارية الناتجة عن تغيرات درجة الحرارة اليومية و السنوية.

و من أهم أدوار الطبقة السطحية تأمين الراحة لمستعمل الطريق بإعطائه سطحا مستويا خاليا من التشققات و التشوهات.

تنقسم الطبقة السطحية إلى :

١. الطبقة الواقية (العليا):

هي الطبقة العليا التي تمر عليها المركبات و التي تتولى دور حماية الرصف من العوامل الخارجية و تكون بسمك محدد و تصنع من مواد ذات جوده عالية و غالبا ما تكون من الخرسانة الإسفلتية الغنية بالإسفلت و بناء على ذلك يكون الغرض منها:

- إعطاء سطح ناعم.
- التقليل من الاحتكاك بين العجل و سطح الطريق.
- التقليل من تكاليف تشغيل الطريق.

٢. الطبقة الرابطة:

تقع أسفل الطبقة الواقية و تتكون من خلطات أقل جودة إلا أنها أكثر سماكة من الطبقة الواقية و لذلك تؤخذ أحيانا في الاعتبار أثناء التصميم الإنشائي للرصف و التي تعمل على امتصاص الإجهادات المتولدة من سطح الطريق.

٣. طبقة التشرب:

و تتمثل في رش طبقة من الإسفلت السائل أو من المستحلب على طبقة الأساس الحبيبي و الغرض الأساسي:

- ربط المواد المفككة في طبقة الأساس.
- قفل الفراغات الموجودة في طبقة الأساس.
- منع طبقة الأساس من امتصاص الأساس من الطبقة السطحية.

2-1-2-2 طبقة الأساس:

هي الطبقة التي تلي الطبقة السطحية و وظيفتها نقل و توزيع الإجهادات إلي الطبقة التي تقع أسفلها و يتم بذلك تحديد السمك اللازم آخذا في الاعتبار خواص المواد المكونة منها هذه الطبقة وخاصة فيها فيما يتعلق بمعامل المرونة . و تتنوع المواد التي يمكن أن تصنع منها طبقة الأساس فقد تكون من المواد الركامية مثل ما يعرف بالأساس الحبيبي أو من كسر الحجارة المعالج بالإسفلت .

دور طبقة الأساس :

- تخفيض الجهود الرأسية الواصلة إلي تربة المسار ذلك من خلال توزيعها عبر التماس بين الحبيبات في حال كون هذه الطبقة من مواد حصوية غير صالحة . أو بواسطة ميل هذه الطبقة نحو الانعطاف في حالة كونها معالجة بأحد الروابط الهيدروليكية .
- حماية تربة المسار من الإجهادات التي يمكن إن تؤدي إلي انهيار التربة .
- تأمين حامل جيد للطبقة السطحية التي يجب إن ترد علي كافة المتطلبات .
- مقاومة الاجهادات الحرارية الناتجة من التغيرات اليومية و السنوية .

مواصفات طبقة الأساس:

- يجب أن تكون الحصويات المستخدمة في طبقة الأساس الحصوية مكونة من حبيبات صلبة شديدة التحميل و من قطع خالية من المواد النباتية و المواد الضارة الأخرى و أن تكون الجودة التي تنتج لها الترابط بعد رشها بالماء و دمكها بالمندالة لتشكل أساسا ثابت مستقرا يجب أن تكون الحصويات من الحجارة المكسورة أو من رواسب الأنهار المكسرة أو الحصى المكسر و يجب أن تحتوي الحصويات المنتجة من الحجارة على ما يزيد عن نسبة ٨% وزنا من القطع المسطحة أو المستطيلة و اللينة و المتفككة.
- يجب أن تتألف الحصويات التي يحتجزها منخل (٢,٣٦) رقم(٨) من قطع الحجارة التي تحتوي ٩٥% بالوزن على وجهين اثنين على الأقل مكسورين بطريقة ميكانيكية و يتم الحصول على التدرج المحدد من خلال عمليات التكسير و الغربلة و الخلط حسب اللزوم.
- إذا تبين أن من الضروري إضافة مواد ناعمة عما توفر أصلا في طبقة الأساس و ذلك لتحسين خواص التدرج و إعطاء قدر معقول من التماسك لمادة طبقة الأساس أو لتعديل خواص المواد للأجزاء التي تمر من منخل رقم(٤٠). فإن هذه المواد يجب أن تمزج جيدا بشكل منتظم و تخلط مع الحصويات المنتجة من المواد المكسورة و أن تتم عملية الخلط في الكسارة و في محمل خلط معتمد و ثابت.
- يجب ألا تقل الكثافة المعملية الناتجة من الدمك المعدل عن ٩٨%
- نسبة تحميل كاليفورنيا اكبر من أو تساوي ٨٠% و خالية من الانتفاخ و ذلك بعد غمرها لمدة ٤ ايام.
- بالنسبة للجزء المار من منخل ٤٠:

١. حد السيولة L.L بحد أقصى ٢٥%.
٢. معامل اللدونة P.I بحد أقصى ٦%

- يجب أن تكون الحصويات مطابقة لمتطلبات التدرج و الجودة عند وضعها على سطح الطبقة المعتمدة و ذلك بعد مزجها و خلطها و فرشها و قبل دمكها أو مطابقة لأي شرط آخر يرد في شروط المواصفات الفنية الخاصة.

مقياس المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل		
	التدرج ١	التدرج ٢	التدرج ٣
50mm (2 in)	100	-	-
74.5 mm (1.5)	-	100	-
25 mm (1 in)	55-85	70-95	١٠٠
19 mm (0.75 in)	50-80	55-85	٧٠-١٠٠
4.75 mm No (4)	30-60	35-56	٣٥-٦٥
0.425 mm No (40)	10-25	10-25	٣-١٠
0.75 mm No (200)	3-10	3-10	١٠-٣
يجب ألا يزيد الجزء المار من منخل (٢٠٠) عن نصف الجزء المار من منخل رقم (٤٠)			

3-1-2-2 طبقة الأساس المساعد:

هي طبقة تعتبر امتداد للأساس ومكملة لها من حيث الوظيفة من حيث المشاركة في نقل الإجهادات التي طبقه الأساس الترابي ويتم اللجوء إلي استخدام طبقة ما تحت الأساس للاقتصاد في تكلفة طبقة الأساس حيث أن المواد المستعملة في طبقة ما تحت الأساس تكون اقل جودة إذ أن الاجهادات المنقولة لها من طبقة الأساس تكون اقل من تلك الطبقة على طبقة الأساس نفسها وقد تستخدم طبقة ما تحت الأساس لدواعي أخرى غير المساهمة في توزيع الإجهادات وذلك مثل المساعدة في معالجة تسرب المياه الجوفية أو تصريف المياه التي تعبر قطاع الرصف أو تستخدم كطبقة تسوية قبل وضع طبقة الأساس . هذه الطبقة يمكن الاستغناء عنها وذلك عندما تكون خواص التربة ممتازة أو حركة السير في الطريق ضعيفة.

مواصفات طبقات الأساس المساعد:

- تكون التربة المستخدمة خالية من المواد العضوية والمواد الضارة الأخرى وينتج عنها طبقة ثابتة ومستقرة وذلك بعد رشها بالماء دمكها.
- تكون التربة خشنة ومصنوعة من الحجارة المكسورة أو من رواسب الأنهار المكسورة أو من الحصى المكسر.
- يجب أن تكون مطابقة لأحد متطلبات التدرج والجودة التالية على سطح الطابق الترابي وذلك بعد مزجها وخلطها وفرشها وقبل رصها. أو مطابقة لأي تدرج آخر يرد في الشروط والمواصفات الفنية الخاصة.

مقياس المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل	
	تدرج (١)	تدرج)2(
26.5mm (2.5 in)	100	-
50 mm (2 in)	100 – 95	100
37.5 mm (1.5 in)	0	100 – 95
19 mm (3 in)	-	85 -55
9.5 mm (3 in)	-	80 -50
4.75 mm No(4)	-	70 -40
2.24 mm No (10)	70 -53	60 -30
0.445 m-m No (40)	-	50 -20
0.075 m-m No (200)		30 -10

- كثافة الطبقة اكبر من أو تساوي ٩٥% من الكثافة المعملية طبقا للدمك المعدل.
- نسبة تحميل كاليفورنيا CBR اكبر من او يساوي ٣٠% و خالية من الانتفاخ بعد غمره في الماء لمدة ٤ أيام
- بالنسبة للمواد المارة من منخل ٤٠ تكون:

١. حد السيولة L.Lبحد أقصى ٣٥%
٢. معامل اللدونة P.I بحد أقصى ١٢%

4-1-2-2 الطبقة التأسيسية:

هي الطبقة النهائية التي تنتقل إليها الاجتهادات الناتجة من الأحمال المطبقة على سطح الرصف وفي العادة تكون طبقة الأساس الترابي هي التربة الطبيعية في الموقع عند مستوى التكوين والتي تم تعريضها بواسطة الحفر أو تكونت بالردم.

ويتم في بعض الأحيان تحسين خواص التربة عن طريق الرمل أو التثبيت أو تستبدل كذلك بتربة أخرى ذات خواص أفضل يتم توريدها من موقع آخر.

دور تربة المسار:

إن العناية في تهيئة تربة المسار بشكل جيد يساعد على قيامها إضافة لدورها كتربة حاملة بما يلي.

- إعطاء سطح متجانس لطبقة ما تحت الأساس وبالتالي تحقيق وهي متجانس فيها.
- التخفيف من توقفات الورشة نتيجة للتغيرات المناخية كتساقط الأمطار وغيرها.
- السماح لحركة آليات الورش الخفيفة والثقيلة بشكل أفضل.
- حماية الطابق الترابي بين فترة إنهاء الأعمال الترابية وفترة إنشاء طبقات الرصف.

إذا كانت الخواص الجيوتكنيكية لتربة الماء غير قادرة على تلك المتطلبات فمن المفضل معالجتها وتثبيتها بالطرق المعروفة بإضافة الروابط الإسفلتية أو الهيدروليكية أو استعمال إحدى المثبتات الكيميائية.

2-3 المسح الميداني:

من أولويات المهندس التحقق من أن العينات والاختبارات تتوافق مع الطرق المعطاة في المواصفات ، وأن المواد المستخدمة في العمل والموردة إلى الموقع تتوافق مع مواصفات العقد . وللتحكم في جودة المواد المستخدمة تتبع إحدى الخطوات التالية .

١. يتم مراجعة المواد أو أخذ عينات وإجراء التجارب عليها في الموقع .
٢. أخذ عينات في الموقع وإرسالها إلى معامل متخصصة .
٣. أخذ العينات واختبارها في الموقع ولكن جزء من العينات يتم إرساله إلى معامل مركزية متخصصة ، وذلك للتأكد من أداء المعدات وخطوات الاختبارات في الموقع .
٤. تقبل المواد على أساس ضمان أو شهادة من المورد . وعلى المهندس والمراقب في المشروع أن يكونا على دراية كافية بالطرق التي تستخدم للحكم على المواد والعينات الموردة للموقع ، وذلك لضمان توافقها مع المتطلبات والمواصفات .

و أيضا على المقاول والمراقب معرفة أين ومتى وكيف تؤخذ العينة ، وما هي الاختبارات الواجب أجراؤها . كما أن المسئولية الخاصة بالتأكد من كون المواد المستخدمة في عمليات الرصف تتوافق مع المواصفات القياسية تقع على عاتق المهندس ، وفي حالة كون نتائج الاختبارات غير متوافقة مع المواصفات يجب اتخاذ القرار باستبعاد أو إزالة الجزء المنفذ من هذه المواد واستبعاد المواد الموردة .

تختلف أماكن أخذ العينات حسب نوع المواد والمعلومة المطلوبة ، وتؤخذ عينات من المواد كل فترة لعمل ضبط سليم للعمل ولضمان جودة المواد لتحديد قبولها وتوافقها مع المواصفات الخاصة بتنفيذها .
وتؤخذ العينات عادة أثناء عمليات خلط الركام من الخلاط أو سيارات النقل أو من الحاويات المستخدمة للتخزين ومن أي أماكن أخرى حسب متطلبات ومواصفات التنفيذ .
ويعتبر المهندس مسئولاً عن التأكد من أن جميع المواد المستخدمة في المشروع تتوافق مع المواصفات تماماً حيث تؤخذ عينات ضبط الإنتاج ، وإذا لم تحقق النتائج المطلوبة يتم إزالة الأعمال التي تمت بهذه المواد أو يعاد معالجتها واختبارها مرة أخرى حتى تتوافق مع المواصفات الفنية المطلوبة .

- عند زيارة الموقع المراد أخذ العينات منه. تكون المواد الترابية عبارة عن "تشوين" .نستعين بالأدوات اللازمة لأخذ العينات حيث يتم أخذها من (الأسفل-الوسط-الأعلى) و ذلك لضمان تجانس العينة. تؤخذ العينات و تحفظ في عدد مناسب من الجوالات و يفضل أن تكون عدد جوالات عينة تربة الأساس أكثر من عينة تربة الأساس المساعد لأهميته.
- بعد إحضار العينة إلي المختبر تم تقسيمها بواسطة "القسام" وذلك للحصول علي عينه متجانسة ، بعد التأكد من تجانس العينة والانتهاء من جهاز القسام يتم وزن ٨ كيلوجرام لاختبار بروكتر و١٨ كيلوجرام لاختبار الCBR نأخذ جزء من العينتين الموزونتين وغربلتها بغربال $^{3}/_{4}$ نوزن المحجوز به و نأخذ المحجوز في غربال $^{3}/_{8}$ للتعويض. يؤخذ جزء آخر من العينات بعد تقسيمها بالقسام لاختبار التدرج الحبيبي و جزء آخر من العينة و نغربلها بغربال ٢٠٠ نأخذ المار من ٤٠ لتحديد حدود اتربيرج(حد السيولة – حد اللدونه) .
- اختبار الدمك المحسن يجري هذا الاختبار لتحديد الكثافة الرطبة والكثافة الجافة والمحتوي الرطوبي الأمثل، عند إجراء هذه التجربة يتم تحديد نسبة الماء المضاف علي حسب وزن العينة وعمل ٥ طبقات وضرب أي طبقه ٢٥ ضربه بمطرقة وزنها ٤ كيلوجرام والسقوط الحر ١٨ بوصه ووزنها واخذ جزء منها لحساب المحتوي الرطوبي، توضع في الفرن بدرجة حرارة (١١٠- ١١٥) درجة مئوية لمدة (١٨- ٢٤) ساعة . ويتم حساب الكثافة الرطبة بالعلاقة التالية:

الكثافة الرطبة = (الوزن الكلي - وزن القالب) / حجم القالب

- اختبار التدرج الحبيبي بعد إحضار العينة يتم وزنها وزن أولي وهو وزن العينة قبل غسلها ، يتم غسلها وغربلتها بغربال ٢٠٠ ، واخذ المحجوز وإدخال العينة الفرن بدرجة حرارة ١١٠ لمدة ٢٤ ساعة ، لأي عينه يتم اخذ ٢ كيلو كأقل وزن لعينتين لأخذ المتوسط ، التصنيف يبدأ من غربال ٢ الي غربال ٢٠٠، بعد إخراجها من الفرن يتم وزنها كوزن جاف ، لتدرج علي الغرابيل (١، $^{3}/_{4}$ ،$^{1}/_{2}$ ، $^{3}/_{8}$ ، ٤ ،١٠ ، ٤٠ ، ٢٠٠) بوصه، الوزن المحجوز في كل غربال يقسم علي الوزن الكلي .
- اختبار حدود اتيربيرج نأخذ العينة المارة من غربال ٤٠ و غمرها بماء مطهر لمده (18-24) ساعة، حسب كازيجراند نأخذ المحتوى الرطوبي عند ٢٥ ضربة، لكن عند التجربة نجد أن الأخدود الذي تم عمله بأداة كازيجراند القياسية لا يقفل عند ٢٥ ضربة لذا تؤخذ قراءتين قبل ال٢٥ ضربة و قراءتين بعد ٢٥ ضربة.

- حد السيولة هو الحالة التي تتحول فيها العينة من الحالة اللدنة للحالة السائلة، حد اللدونة هو الحالة التي تتحول فيها العينة من الحالة اللدنة إلى شبة الصلبة، دليل اللدونة (PI) لطبقة الأساس (6-0) و لطبقة الأساس المساعد (8-6)، نسبة الطين يجب أن تكون 6-0() بالنسبة لطبقة الأساس أما طبقة الأساس المساعد تكون نسبة الطين (9-0)%، ويستعمل حدا السيولة و اللدونة بشكل كبير في تصنيف التربة وتعريفها ، ويستعمل حد الانكماش في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف. ويمكن استعمال حدي السيولة و اللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة، ويستعمل حد السيولة في حسابات اندماجية التربة .

الباب الثالث

الإختبـــارات المعـملية

3-1اختبار الدمك Compaction (Proctor) Test

يتم في اختبار الدمك تحديد العلاقة بين الكثافة الجافة للتربة (dry)γالمحتوى المائي (M.C) ومن ثم تحديد الكثافة الجافة العظمى Maximum Dry Unit Weight (والمحتوى الرطوبي الأمثل Optimum Moisture Content, (OMC) للتربة باستخدام طريقتي اختبار بروكتور ، وذلك من أجل تحديد الكثافة القصوى والرطوبة المثلى التي ستقارن بها الكثافة الحقلية ، وكذلك تحديد الطاقة التي تتعرض لها التربة في الدمك في المعمل لتمثيلها على الطبيعة باستخدام أدوات ومعدات الدمك المختلفة . والطريقتان المستخدمتان للدمك همـا :

١. اختبار بروكتر القياسي Standard Proctor Test .

٢. اختبار بروكتر المعدل Modified Proctor Test .

	القياسي		المعدل	
القالبMold	قالب ٤بوصة	قالب ٦بوصة	قالب ٤بوصة	قالب ٦بوصة
القطر (ملم)	101.60	152.4	101.6	152.4
الطول(ملم)	116.43	116.43	116.43	116.43
الحجم (سم٣)	944	2124	944	2124
وزن المطرقة	24.5	44.5	24.5	44.5
عدد الضربات	25	25	25	25
عدد الطبقات	3	3	5	5
ارتفاع المطرقة	305	305	457	457

جدول رقم (٣) الفرق بين الأجهزة المستخدمة في طريقتي الدمك

الأدوات المستخدمة :

١. أدوات الدمك وتشمل
- أدوات اختبار الـ CBR والتي تتكون من :
- قالب الدمك الأسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة .
- حلقة Collar وقاعدة Base Plate .
- مطرقة الدمك Rammer ، إما يدوية أو ميكانيكية .
- أداة قياس الانتفاخ مع مؤشر وأوزان .
- آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق .
- ميزان وفرن تجفيف .

٢. طريقة الاختبار:

١. جهزت حوالي ٣ كيلوجرام من التربة المارة من منخل رقم ٤٠ والتي تم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها ، ثم أضف إليها الماء للحصول على محتوى مائي حوالي ٤ ٪ أو ٥٪ أقل من المحتوى الرطوبي الأمثل للتربة ثم اخلط التربة جيداً .

٢. قيس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة وليكن W1، ربطت القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب .

٣. دمكت التربة على ثلاث طبقات في حالة استخدام الطريقة القياسية ، أو خمس طبقات في حالة استخدام الطريقة المعدلة . ادمك كل طبقة ٢٥ مرة قبل إدخال الطبقة التالية ، وذلك باستخدام المطرقة والارتفاع بالطريقة القياسية أو المعدلة التي سبق شرحها .

٤. فصلت الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات أضف مواد ناعمة أو خشنة لملء الفراغات، قيس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة والتربة المدموكة W2، فصلت القاعدة ثم استخرج عينة التربة باستخدام الرافعة .

٥. أخذت عينة ممثلة من التربة المدموكة من أسفل ووسط وأعلى القالب (حوالي ١٠٠جم) لتحديد المحتوي المائي، مزجت التربة مع التربة المتبقية وأضف حوالي ٢ ٪ من الماء واخلطهما جيداً .

٦. كررت الخطوات من ٤ إلى ٨ عدة مرات حتى تلاحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء ثم سجل بعدها محاولتين، رسم الكثافة الجافة للتربة مع المحتوى المائي على رسم بياني والتي ستشكل منحنى ومنه حدد الكثافة الجافة العظمى للتربة ، وهي أعلى نقطة في المنحنى ويمثل المحتوي المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبي الأمثل(OMC) .

3-2 تجربة التحليل المنخلي :

مقدمة:

يستخدم اختبار التدرج الحبيبي في تصنيف التربة عن طريق التحليل المنخلي لها Sieve Analysis باستخدام المناخل التي تتراوح فتحاتها من ١٠٠ملم (٤ بوصة) إلى ٠,٠٧٥ملم (منخل رقم ٢٠٠) حسب المواصفات الأمريكية وهي :

رقم المنخل	٤ بوصة	٣ بوصة	٢ بوصة	$1\frac{1}{2}$ بوصة	١ بوصة	$\frac{3}{4}$ بوصة	$\frac{1}{2}$ بوصة	$\frac{3}{8}$ بوصة	٤	١٠	٢٠	٤٠	٨٠	٢٠٠
الفتحات (ملم)	١٠٠	٧٥	٥٠	٣٧,٥	٢٥	١٩	١٢,٥	٩,٥	٤,٧٥	٢	٠,٨٥	٠,٤٢٥	٠,١٨	٠,٠٧٥

جدول رقم (٢) أرقام المناخل ومقاساته

ويقاس التدرج الحبيبي لجزء التربة المار من المنخل رقم (٢٠٠) باستخدام جهاز قياس الثقل النوعي Hydrometer ، ويتم بعد ذلك رسم منحنى التدرج ومن ثم تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية.

الغرض من التجربة:

الغرض من التجربة هو فصل حبيبات التربة المجففة والمفككة إلي مجموعات حبيبيه مختلفة الأقطار ومعرفة نسبة لمار من كل منخل.

أدوات التجربة:

١. مناخل قياسيه.
٢. ميزان حساس.

خطوات التجربة:

١. تم الحصول على حوالي ٥٠٠ جرام من التربة الممثلة باستخدام جهاز فصل التربة ثم توزن التربة.

٢. رتبت المناخل المطلوبة من الأعلى إلى الأسفل حسب حجم أكبر حبيبات التربة ثم ضع التربة وهز المناخل بعد تغطيتها قيس وزن التربة المتبقية على سطح كل منخل إلى أقرب ٠,١جرام وقارنه بوزن التربة عند بداية الاختبار .

٣. حسبت نسبة الوزن المرتد ومنه نسبة التربة المارة وسجلت البيانات في النموذج المعد لذلك ومن ثم ارسم منحنى التدرج .

٤. ولتحليل التربة المارة من منخل رقم (٢٠٠) باستخدام جهاز الثقل النوعي (الهيدروميتر) ضع التربة على منخل رقم (٢٠٠) وغسلت التربة بعناية واجمع التربة المـارة بعـد تـصفيتها وتجفيفها بالفرن .

٥. مزجت ٥٠ جم من التربة مع ١٢٥مليلتر من ٤٪ من محلول NaP03 جديد لم يمر أكثر من شهر واحد على تركيبه ثم اترك المزيج لمدة تتراوح بين ١٠-١٦ ساعة .

٦. نقلت التربة إلى كأس الخلاط بعناية بحيث لا يفقد أي جزء من الخليط وأضف إليها ماء مقطر إلى ثلثي كأس الخلاط ثم تم خلطه

٧. جهزت ١٢٥ مليلتر من محلول NaP03 وأضف إليه مـاء مقطـر حتى يصل الحجم إلى ١٠٠٠ مليلتر وبدرجة حرارة ثابتة، نقل مزيج التربة مع المحلول إلى كأس مدرج وأضف إليه المزيج الذي تم تحضيره في الخطوة رقم ٨ إلى علامة ١٠٠٠ مليلتر، وضع الغطاء بإحكام ثم اقلب الكأس إلى أعلى وإلى أسفل لمدة دقيقة (٦٠مرة) ثم وضع على الطاولة لمدة دقيقتين .

٨. أدخل الهيدروميتر ببطء شديد إلى الكأس المدرج ثم سجلت القراءة الأولى وكذلك درجة الحرارة للمحلول ، وكررت أخذ القراءة بعد ٤ و ٥ دقائق .

٩. كرر العملية الواردة في الخطوة رقم ١١ ثم سجل القراءات للهيدروميتر ودرجة الحرارة بعد مضي الأوقات التالية : ٨ ، ١٦ ، ٣٠ دقيقة و ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ ، ٦٤ ، ٩٦ ساعة وتسجل البيانات في النموذج المعد لذلك .

3-3تجربة نسبة التحميل كاليفورنيا:

مقدمة:-

هي تجربة غرز و أول من استنبطها هو بورتر من قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا و قد استعملت منذ ذلك الوقت و عدلت بمعرفة الكثيرين و هي الآن الطريقة المفضلة لتصميم الرصف المرن في العالم.

الغرض من التجربة:

يتم تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) من اجل:

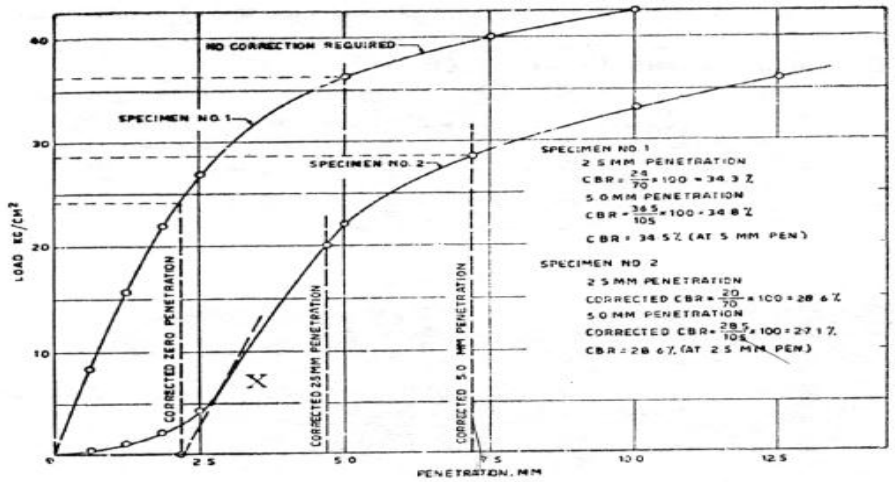
١. إعطاء صوره واضحة عن تصرف التربة تحت الإسفلت ، وتحديد قابلية استخدامه كقاعدة ترابية (Sub grade) أو طبقة أساس مساعد(sub-base)أو كطبقة أساس (base coarse).
٢. تحديد سماكة طبقة الرصف (الرصف المرن) وهذا هو الغرض الأساسي من التجربة.
٣. معرفة مدي انتفاخ التربة ومقدار القوه المفقودة للتربة عند تشبعها بالماء.

نظرية التجربة:

تعرف نسبة تحميل كاليفورنيا(CBR)علي أنها: نسبة التحمل (الإجهاد) اللازم لغرز ابره (مكبس) ذات قطر معين (١,٩٥٤in) وبسرعة معينه (٠,٠٥ in/min) بعمق معين في عينة تربه مسبقة الدمك (عند قيم محدده من المحتوي المائي والكثافة) إلي الحمل (الإجهاد) القياسي عند غرز ابره (مكبس) لنفس العمق (5.0mm, 2.5mm).

$$CBR = ١٠٠ \times \frac{\text{الحمل (الضغط) اللازم لإحداث مسافة غرز معينه (q)}}{\text{الحمل (الضغط) القياسي لإحداث نفس مسافة الغرز}}$$

- حيث لابد أن تكون $(CBR)_5$ > $(CBR)_{2.5}$وإلا تعاد التجربة علي عينه أخرى من التربة ، وتأخذ القيمة الأكبر في كل الأحوال .



Load-Penetration Curve in CBR Test

-الجدول التالي يوضح الاجتهادات القياسية المستخدمة في حساب ال (CBR) ومقدار مسافات الاختراق ألمقابله لها :

الإجهاد القياسي	مقدار الاختراق
6.9	2.5
10.3	5.0
13.00	7.5
16.00	10
18.00	12.7

الجدول التالي يوضح بعض قيم نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) ومجالات استخدامها الانشائي في الرصف :

قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا %	تصنيف المواد	مجال الاستعمال	تصنيف التربة حسب AASHTO
0-3	ضعيفة جدا	طبقة التأسيس (Sub grade)	A_5, A_6, A_7
3-7	ضعيفة	طبقة التأسيس (Sub grade)	A_4, A_5, A_6, A_7
7-20	مقبولة	طبقة أساس مساعد (Sub-Base)	A_2, A_4, A_6, A_7
20-50	جيده	طبقة أساس (Base Course)	A-1-b, A-2-5 , A3 , A-2-6
>٥٠	ممتازة	طبقة أساس (Base Course)	A-1-a ,A-2-4 ,A4

- يمكن حساب نسبة انتفاخ العينة في القالب القياسي من العلاقة التالية :

نسبة الانتفاخ = التغير في الطول من خلال الغمر (بالسنتيمتر)

$$\frac{\text{التغير في الطول من خلال الغمر (بالسنتيمتر)}}{١١,٦٤} \times ١٠٠$$

أدوات التجربة:

١. أدوات الدمك وتشمل:

قالب الدمك الاسطواني (mold) ، حلقه و قاعدة ،مطرقة الدمك ، أداة استخراج العينة و مسطره

٢. ميزان وفرن تجفيف وعلب إيجاد المحتوي الرطوبي .

٣. مخبار مدرج ووعاء خلط العينة .

٤. مناخل (50mm,20mm,5mm).

٥. آلة قياس الانتفاخ ذات دقه (0..1mm) وحلقات تزن كل منها (2.27kg) تمثل حمل مكافئ لوزن طبقات الرصف فوق التربة.

٦. آلية قياس الضغط مثبت عليها مكبس الاختراق .

٧. ورقة ترشيح.

خطوات التجربة:

١. يؤخذ وزن مناسب من العينة بحيث تكون مطابقة لمواصفات تجربة الدمك المعملية القياسية أو المعدلة طبقت الاشتراطات التنفيذية في الحقل.

٢. يوزن القالب الاسطواني بدون القاعدة والحلقة وقرص الازاحه، يتم وضع العينة في وعاء الخلط حيث يضاف كمية الماء المناسبة (المحتوي الرطوبي الأمثل) ثم تخلط ، توضع العينة في اسطوانة (قالب) الدمك علي (٥) طبقات ويتم دمك كل طبقه ب(٥٦) ضربه .

٣. بعد عملية دمك العينة في القالب تفصل الحلقة منه ويسوى سطح العينة جيدا في مستوي حافة القالب ثم تفصل القاعدة وقرص الازاحه من القالب ويوزن القالب وفيه العينة المدموكه وبمعرفة وزن القالب فارغا يمكن حساب وزن العينة وكثافتها وبالتالي حساب الكثافة الجافة بمعرفة نسبة الرطوبة فيها .

٤. توضع ورقة ترشيح علي القاعدة ثم يقلب القالب (مع العينة) ويوضع علي القاعدة ثم يربطا، يوضع حمل مكافئ فوق سطح العينة ليعطي وحدة ضغط مساوية لوزن طبقات الرصف علي تربة الأساس أو(4.5kg) علي الأقل في حالة التجربة المعملية .

٥. تغمر العينة في الماء وهي في القالب فوق قرص القاعدة المثقوب لمدة أربعة أيام مع مراعاة إن يكون سطح الماء الحر اعلي من سطح العينة بمسافة لا تقل عن بوصه بحيث تتعرض نهايتي العينة للماء كما يراعي رصد قيم الانتفاخ الذي يحدث في العينة إثناء الغمر.

٦. يرفع القالب بمحتوياته من حوض الغمر ويتم التخلص من المياه الحرة العالقة لمدة خمسة عشر دقيقه ثم يوضع تحت جهاز اختبار الضغط (التحميل) مع مراعاة وضع نفس قيمة الحمل المكافئ علي سطح العينة إثناء تجربة الضغط.

٧. يجري تجليس عمود الاختراق أولا تحت الحمل (4.5 kg) قبل تعديل قراءة المقاييس المدرجة لقياس الحمل والاختراق ليخرق العينة بمعدل ثابت =٠,٠٥ من البوصة في الدقيقة وترصد الأحمال المقابلة مقادير الاختراق (0.025,0.05, 0.075,0.01,0.15, 0.2 , 0.3, 0.4, 0.5) بوصه علي التوالي .

٨. يرسم منحني العلاقة البيانية بين مقدار الاختراق ووحدة الحمل المؤثرة من نتائج التجربة التي تم رصدها، يرسم منحني العلاقة بين نسبة الانتفاخ والوقت بناء علي التغيرات الحاصلة في ارتفاع العينة .

3-4حدود اتيربيرج:

مقدمة:

يتم عمل تجربة حدود أتيربيرج على التربة التي تمر من المنخل رقم (٤٠) ، إلا أن التربة التي تجلب من الحقل تكون مبلولة ويصعب مرورها من هذا المنخل ، لهذا فإنه من المسموح به تجفيف التربة هوائياً (Air-dry) للمساعدة على مرور الحبيبات خلال ذلك المنخل حسب التعليمات القياسية للجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM D421-58) . ولا يسمح بتجفيف التربة بالفرن لأن هذه العملية تقلل في العادة من قيم حدي السيولة واللدونة على عكس التجفيف بالهواء حيث دلت البحوث على أن التربة المجففة هوائياً يمكن أن تستعيد القيم الحقيقية للحدود بعد خلطها بالماء ومعالجتها من ٢٤ إلى ٤٨ ساعة . كما أن تجفيف التربة هوائياً يقلل حد السيولة بمقدار ٢-٦٪ . ولتجنب هذه المشكلة يمكن اختيار التربة من الحقل عن طريق النظر بحيث تستطيع حبيباتها المرور خلال المنخل رقم (٤٠) .
لتحديد قيمة حد السيولة بصورة دقيقة ترسم العلاقة بين عدد الضربات باستعمال المقياس اللوغاريثمي وبين المحتوى المائي باستعمال المقياس الطبيعي . وعادة ما تكون العلاقة خطاً مستقيماً ، وبذلك يصبح من السهل إيجاد المحتوى المائي بهذه الطريقة . وعليه فالمطلوب هو إيجاد ثلاث إلى ست نقاط تمثل العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي ، (بالطبع يجب أن يشمل مدى الضربات ٢٥ ضربة) . يتم بعد ذلك رسم هذه النقاط على ورق نصف لوغاريثمي وتوصيلها بخط مستقيم ثم قراءة مقدار المحتوى المائي الذي يقابل ٢٥ ضربة من الرسم البياني . ويجب ملاحظة أنه كلما كانت النقاط المرسومة قريبة من الـ ٢٥ ضربة كانت النتائج أفضل .

يعتبر حدا السيولة و اللدونة اثنين من مجموع خمسة حدود افترضها العالم السويدي أ. أتيربيرج (A.Atterberg) وأهم هذه الحدود هي :

١. حد الانكماش (Shrinkage Limit (SL : وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والتي لا يحدث بعدها أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها .
٢. حد اللدونة (Plastic Limit (PL : وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة .
٣. حد السيولة (Liquid limit (LL : وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة ، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً .

ويستعمل حدا السيولة و اللدونة بشكل كبير في تصنيف التربة وتعريفها ، ويستعمل حد الانكماش في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف. ويمكن استعمال حدي السيولة و اللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة . ويستعمل حد السيولة في حسابات اندماجية التربة .

حد السيولة Liquid limit(LL) :

اقترح أتيربيرج تعريف حد السيولة بأنه المحتوى المائي للتربة التي عندها يلتحم ولمسافة نصف بوصة جانبي شق في العينة من تأثير ٢٥ ضربة في جهاز تعيين السيولة بحيث تسقط كل ضربة مسافة ١سم . وهناك عدة عوامل في هذا الاختبار تؤثر على المحتوى المائي هـي :

١. سرعة الضربات .
٢. الوقت اللازم لتحضير العينة في جهاز السيولة .
٣. الرطوبـة النسبيـة .
٤. نوع جهاز السيولة .
٥. مسافة السقوط والمحددة هنا بواحد سنتيمتر .

هذا بالإضافة إلى نوع التربة وكفاءة الشخص الذي يقوم بالتجربة، ولغرض التقليل من تأثير العوامل آنفة الذكر تم عمل جهاز قياسي ونوعين من أدوات قطع العينة همـا : -

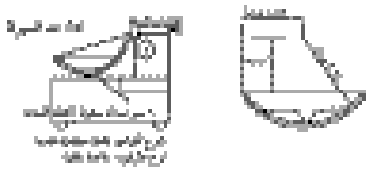
أداة قطع مقترحة من قبل كازاجراند (Cassagrande) (انظر شكل رقم ٢- ب) ، وهذا النوع يقوم بتحديد سمك العينة بالإضافة إلى القطع .

١. أداة قطع مقترحة من قبل الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM) (انظر شكل رقم ٢- ج) .

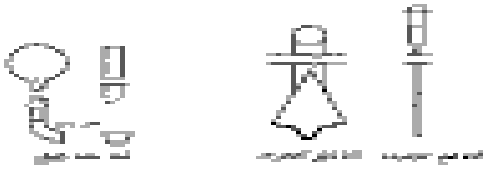
وهذا النوع مفضل بالنسبة للتربة ذات المحتوى المائي المنخفض والصعبة القطع مثل التربة الرملية والطمي ، وفي هذا النوع من التربة يمكن الاستعانة أولاً بالسكين (Spatula) للمساعدة في تحديد مكان القطع ثم يليها استخدام أداة القطع .

ولغرض السيطرة على سرعة الضربات يجب إدارة مقبض الضربات بمعدل ١٢٠ دورة في الدقيقة أي بمعدل ١٢٠ ضربة في الدقيقة الواحدة .

هذا وقد حددت الجمعية الأمريكية للفحص والمواد استعمال الماء المقطر عند الاختبار .



شكل (٢-أ) جهاز حد السيولة



شكل (٢-ب) شكل (٢- ج)

حد اللدونة Plastic limit(PL) :

لقد أمكن من التجربة إعطاء حد اللدونة تعريف كيفي على أنه المحتوى المائي الذي يمكن عنده فتل التربة إلى خيط قطره (٠,١٢٥بوصة) دون أن ينقطع هذا الخيط ، وتعتمد هذه التجربة نوعاً ما على الشخص الذي يقوم بها مقارنة بتجربة حد السيولة ، وذلك لصعوبة تقدير قطر قدره (٠,١٢٥بوصة). ولكن للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن مقارنة خيط التربة بسلك أو قضيب قطره (٠,١٢٥بوصة)، حيث يمكن إجراء التجربة من قبل فنيين مختلفين والحصول على نتائج في حدود ١-٣٪ لنفس نوع التربة.

مؤشر اللدونة Plasticity Index(PI) :

هو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويمكن كتابته كما يلي :

$$PI = LL - PL$$

تكون التربة عديمة اللدونة في الحالات التالية :

١. عندما يصعب تعين حد السيولة أو حد اللدونة .

٢. عندما يكون حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة.

جدول رقم (١)

منطقة امدرمان:مواد طبقة الاساس (الحالية)٢٠١٧/٩/١٢م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75 mm	٢" 50 mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٩	٩٦	٨١	٧٠	٥٥	٤٢	٢٣	١٧	N.P		2.29	5.6	82	0.00

جدول رقم (٢)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الاساس المساعد (الحالية) ٢٠١٧/٩/١٢م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75m m	٢" 50m m	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	١٠٠	١٠٠	100	94	89	79	72	52	35	24	18	33	12	2.28	5.3	42	0.22

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس (الحالية) ٢٠١٧/٩/١٢م: جدول رقم (٣)

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	#٤ 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٥	٨٩	٦٨	٥٥	٣٦	٢٥	١٦	١٢	٢٧	٨	2.30	5.4	81	0.09

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس المساعد(الحالية) ٢٠١٧/٩/١٢م: جدول رقم (٤)

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	#٤ 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	96	89	76	70	53	34	22	16	33	12	2.28	5.3	40	0.21

جدول رقم (٥)

منطقة امدرمان: مواد طبقة اساس ٢٠١٧/٤/٣م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره									حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	98	96	84	77	59	34	19	12	N.P		2.29	5.0	86	0.00

جدول رقم (٦)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس ٢٠١٧/٣/٢٧م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره									حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
تشوين	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٧	٨٨	٨٣	٦٨	٤٠	١٦	٩	N.P		2.30	5.1	75	0.00

جدول رقم (٧)

منطقة امدمان: مواد طبقة الأساس ١٩٩٩/٥/١١م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	ـــــ -	ـــــ -	١٠٠	١٠٠	88.9	69.3	60.1	45	26.7	14.3	11.6	27.4	10	2.25	6.4	82	0.00

جدول رقم (٨)

منطقة بحري: مواد طبقة الأساس ٢٠١٧/٤/٣م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٦	٩١	٧٩	٦٩	٤٧	٣١	٢٠	١٣	٣٠	١٣	2.27	5.6	66	0.30

جدول رقم (٩)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس ٢٠١٧/٣/٢٧م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره									حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	#٤ 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مواد حطاب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٧	٩٢	٧٩	٧٢	٥٢	٣٤	٢٥	١٩	٣٤	١٤	2.29	5.2	53	0.43

جدول رقم (١٠)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد ٢٠١٧/٤/٣م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره									حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	#٤ 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %٩٥	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٤	٨٣	٧٦	٥٩	٤٠	٢٧	١٩	٢٩	١١	٢,٢٦	٥,٤	٣٨	٠,٢٩

جدول رقم (١١)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد ٢٠١٧/٣/٢٧م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %٩٥	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٧	٩١	٨٠	٧٢	٥١	٣٥	٢٥	١٨	٢٩	١١	٢,٢٧	٥,٦	٣٥	٠,٢٩

جدول رقم(١٢)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد ١٩٩٩/٥/١١م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	٣" 75mm	٢" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	٣\٤" 19 mm	١\٢" 12.5 mm	٣\٨" 9.5 mm	٤# 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %٩٥	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	—	—	١٠٠	١٠٠	٨٦,١	٧٠,١	٦١,٧	٤٦,٩	٣٠,٨	١٩,٧	١٣	٣١,٢	٩,٦	٢,٢٩	٥,٦	٧٢	—

الباب الرابع
تحليل و مقارنة النتـــائج

4.1 مقارنة نتائج المنطقتين:

- ### 4.1.1 مقارنة طبقة الأساس:

من الجدولين (1) و (3)

- التدرج الحبيبي :
- من الجدولين نجد أن العينة في منطقة امدرمان أفضل من العينة في منطقة بحري وذلك لان نسبة المار من المناخل في الجدول (1) أفضل من نسبة المار في الجدول (3).
- حدود اتربيرج:
- منطقة بحري أفضل من منطقة امدرمان من ناحية حدود اتيربيرج و ذلك لعدم لأن حد السيولة و دليل اللدونة "no pass" من الجدول (1)
- معدل الدمك المحسن :

نجد أن العينيتين ذات قيم متقاربة نسبيا من الجدول (1) لمنطقة امدرمان الكثافة القصوى = 2.29 gm/cc، الرطوبة المثلي = 5.6%

من الجدول (3) لمنطقة بحري، الكثافة القصوى = 2.30 gm/cc، الرطوبة المثلي = 5.4%

- تحميل كاليفورنيا :

عينة منطقة امدرمان أفضل من عينة منطقة بحري وذلك لان منطقة امدرمان ليس بها انتفاخ، من الجدول (1) لمنطقة امدرمان نسبة تحميل كاليفورنيا 82% و لا يوجد بها انتفاخ، من الجدول (3) لمنطقة بحري نسبة تحميل كاليفورنيا 81% و انتفاخها 0.09%

جدول رقم (1)

منطقة امدرمان:مواد طبقة الاساس (الحالية)2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25mm	3\4" 19mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي(%)	CBR 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	99	96	81	70	55	42	23	17	N.P		2.29	5.6	82	0.00

جدول رقم (3)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25mm	3\4" 19mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوى (gm\cc)	الرطوبه المثلي(%)	CBR 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	100	100	100	95	89	68	55	36	25	16	12	27	8	2.30	5.4	81	0.09

- **4.1.2 الأساس المساعد:**

من الجدولين (2) و (4)

- التدرج الحبيبي:
- من الجدولين نجد ان العينتين متقاربتين في نسبة المار من المناخل
- حدود اتربيرج:

لا يوجد اختلاف بين العينتين، من الجدولين حد السيولة لمنطقة امدرمان يساوي حد السيولة لمنطقة بحري = 33%، دليل اللدونه لمنطقة امدرمان يساوي دليل اللدونه لمنطقة بحري = 12%

- معدل الدمك المحسن:

من الجدولين الكثافة القصوى لمنطقة امدرمان تساوي الكثافة القصوى لمنطقة بحري =2.28 gm/cc، الرطوبة المثلي لمنطقة امدرمان تساوي الرطوبة المثلي لمنطقة بحري = 5.3%

- تحميل كاليفورنيا:
- القيم للمنطقتين متقاربة نسبيا، من الجدول (2) لمنطقة امدرمان نسبة تحميل كاليفورنيا 42% و انتفاخ العينة 0.22%، من الجدول (4) لمنطقة بحري نسبة تحميل كاليفورنيا 40%و انتفاخ العينة 0.21%

جدول رقم (2)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الاساس المساعد (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	94	89	79	72	52	35	24	18	33	12	2.28	5.3	42	0.22

جدول رقم (4)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس المساعد(الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	100	100	100	96	89	76	70	53	34	22	16	33	12	2.28	5.3	40	0.21

4.2 مقارنة النتائج الحالية مع الدراسات السابقة:

4.2.1 منطقة ام درمان(الريف الشمالي):

1. مقارنة نتائج اختبارات مواد طبقة الأساس الحالية مع الدراسات السابقة:

- مقارنه الجدول رقم(1)والجدول رقم(7):
- التدرج الحبيبي:

من الجدول رقم (1) نجد أن عدد المناخل المستخدمة (11) منخل وفي الجدول رقم (2) 9مناخل، من النتائج نستنتج أن العينة في الجدول رقم (1) أفضل من العينة في الجدول رقم (7) وذلك للاختلاف الكبير بين نسب المار في العينتين.

- حدود اتربيرج:

في الجدول رقم (1) نجد أن العينة لا يوجد بها (حد سيوله ، حد لدونه) ، وفي الجدول رقم (7) ((حد السيولة= 17.4) ، (وحد اللدونه =10)) ومن هنا نستنتج أن العينة في الجدول رقم (7) هي الأفضل .

- (ج) معدل الدمك المحسن:-

في الجدول رقم (1) الكثافة القصوى = 2.27 ، وفي الجدول رقم (2) الكثافة القصوى = 2.25 من هنا نستنتج أن قيم العينتين متقاربة نسبيا . من الجدول رقم (1) الرطوبة المثلي = 5.6 ، والجدول رقم (7) الرطوبة المثلي = 6.4 من هنا نستنتج أن العينة في الجدول رقم (1) أفضل.

- نسبة تحميل كاليفورنيا :

من الجدول رقم (1) CBR=82 ،من الجدول رقم (7) CBR=82%

من هنا نجد أن قيم ال CBR متساوية .

جدول رقم (1)

منطقة امدرمان:مواد طبقة الاساس (الحالية)2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75 mm	2" 50 mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	99	96	81	70	55	42	23	17		N.P		2.29	5.6	82	0.00

جدول رقم (7)

منطقة امدمان: مواد طبقة الأساس 1999/5/11م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75m m	2" 50m m	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	ـــــ -	ـــــ -	100	100	88.9	69.3	60.1	45	26.7	14.3	11.6		27.4	10	2.25	6.4	82	0.00

- مقارنة مواد طبقة الأساس للدراسة الحالية مع الدراسة السابقة(3\4\2017):

من الجدول رقم(1)والجدول رقم(5):

- التدرج الحبيبي:

في هذه التجربة نجد أن نسب المواد المارة من المناخل في العينتين متقاربة نسبيا من حيث النتائج المعملية لذلك لا نجد اختلاف كبير بين العينتين.

- حدود أتربيرج:

بعد عمل هذه التجربة والتي تهدف لإيجاد حدي السيولة واللدونة وعمل مقارنة بين التجربتين أثبتت النتائج انه لا يوجد حد سيوله ولا حد لدونه في العينتين وهذه مؤشر علي أن العينتين متساويتين في النتائج المعملية لهذه التجربة

- معدل الدمك المحسن:

في هذه التجربة نجد أن قيم الكثافة القصوى والرطوبة المثلى في العينتين رقم(1)ورقم(5) متقاربة نسبيا من حيث النتائج المعملية.

- نسبة تحميل كاليفورنياCBR:

العينتين متقاربتين نسبيا من حيث الCBR، قيمة ال CBR في الجدول رقم(1)=82%، وقيمة الCBR في الجدول رقم(5)=86%

جدول رقم (1)

منطقة امدرمان:مواد طبقة الاساس (الحالية)2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75 mm	2" 50 mm	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	99	96	81	70	55	42	23	17	N.P		2.29	5.6	82	0.00

جدول رقم (5)

منطقة امدرمان: مواد طبقة اساس 2017/4/3م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره										حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75m m	2" 50m m	1 1\2 37.5 mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5 mm	3\8" 9.5 mm	#4 4.75 mm	#10 2mm	#40 0.425 mm	#200 0.075 mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	98	96	84	77	59	34	19	12	N.P		2.29	5.0	86	0.00

- مقارنة الدراسة الحالية مع الدراسات السابقه27\3\2017:

من الجدول رقم(1)والجدول رقم(6):

- التدرج الحبيبي:

في هذه التجربة نجد أن نسب المواد المارة من المناخل في العينتين متقاربة نسبيا من حيث النتائج المعملية لذلك لا نجد اختلاف كبير بين العينتين.

- حدود أتربيرج:
- بعد عمل هذه التجربة والتي تهدف لإيجاد حدي السيولة واللدونة وعمل مقارنة بين التجربتين أثبتت النتائج انه لا يوجد حد سيوله ولا حد لدونه في العينتين وهذه مؤشر علي العينتين متساويتين في النتائج المعملية لهذه التجربة
- معدل الدمك المحسن:
- في هذه التجربة نجد أن قيم الكثافة القصوى والرطوبة المثلى في العينتين رقم(1)ورقم(6) متقاربة نسبيا من حيث النتائج المعملية.
- نسبة تحميل كاليفورنياCBR:

قيمة ال CBR في الجدولة رقم(1)=82%، وقيمة الCBR في الجدول رقم(6)=75%، ومن هذه النتائج نجد أن العينة رقم (1)أفضل من العينة رقم(3)من حيث قيمة الCBR.

ومن هذه المقارنة بين العينتين لا نجد اختلاف كبير بين قيم النتائج المعملية المتحصل عليها بواسطة الاختبارات المعملية وهذا أيضا دليل جيد علي جودة المنطقة من ناحية المواد الحصوية.

جدول رقم (1)

منطقة امدرمان:مواد طبقة الاساس (الحالية)2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره											حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75 mm	2" 50 mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	99	96	81	70	55	42	23	17	N.P		2.29	5.6	82	0.00

جدول رقم (6)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس 2017/3/27م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره											حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
تشوين	100	100	100	100	97	88	83	68	40	16	9	N.P		2.30	5.1	75	0.00

2. مقارنة نتائج اختبارات مواد طبقة الأساس المساعد الحالية مع السابقة:

- 2017/9/12م (الحالية) مع 2017/4/3م من الجدولين (2) و (10)
- التدرج الحبيبي :

من الجدولين نجد أن العينتين متقاربتين نسبيا في نسبة المار.

- حدود اتربيرج:

نجد أن القيمتين متقاربتين نسبيا، في الجدول (2) حد السيولة =% 33 في الجدول رقم (10) حد السيولة = 29%، دليل اللدونه، في الجدول رقم (2) = 12%، في الجدول رقم (10) = 11%

- معدل الدمك المحسن :
- الكثافة القصوى و الرطوبة المثلى:

نجد أن العينتين متقاربتين نسبيا، في الجدول رقم (2) = 2.28 gm/cc، في الجدول رقم(10) = 2.26 gm/cc، أما الرطوبة المثلى في الجدول رقم (2) = 5.3%، في الجدول رقم (10) = 5.4%

- نسبة تحميل تحليل كاليفورنيا CBR :

العينة في الجدول رقم (2)أفضل من العينة رقم (10) لان انتفاخها اقل ونسبة كاليفورنيا اكبر، في الجدول رقم (2) CBR = 42% والانتفاخ = 0.22%، في الجدول رقم (10) CBR = 38% والانتفاخ = 0.29%

جدول رقم (2)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الاساس المساعد (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	94	89	79	72	52	35	24	18		33	12	2.28	5.3	42	0.22

جدول رقم (10)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد 2017/4/3م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %95	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	98	94	83	76	59	40	27	19		29	11	2.26	5.4	38	0.29

- 2017/9/12م (الحالية) مع 2017/3/27م من الجدولين (2) و (11)
- التدرج الحبيبي :

من الجدولين نجد نسبة المار من المناخل متقارب نسبيا.

- حدود اتربيرج:
- حد السيولة و دليل اللدونة:

نجد ان القيم متقاربة نسبيا، في الجدول (2) = 33%، في الجدول (11) = % 29، أما دليل اللدونه في الجدول (2) = 12%، في الجدول (11) = 11%

- معدل لدمك المحسن
- الكثافه القصوي و الرطوبة المثلى:

نجد ان القيم متقاربه نسبيا، في الجدول (2) = 2.28 gm\cc، في الجدول (11) = 2.27 gm\cc، أما الرطوبة المثلى من الجدول (2) = 5.3%، من الجدول (11) = 5.6%

- نسبة تحميل كاليفورنيا:

نجد ان العينه في الجدول (2) افضل من العينه (11) لقله انتفاخها و ككبر نسبة تحميل كاليفورنيا بها، في الجدول (2) CBR = 42 % الانتفاخ = 0.22%، في الجدول (11) CBR = 35% الانتفاخ = 0.29%.

جدول رقم (2)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الاساس المساعد (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	94	89	79	72	52	35	24	18		33	12	2.28	5.3	42	0.22

جدول رقم (11)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد 2017/3/27م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %95	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	97	91	80	72	51	35	25	18		29	11	2.27	5.6	35	0.29

- 2017/9/12م (الحالية) مع 1999/5/11م
- التدرج الحبيبي:
- مقارنة الجدول رقم(2)والجدول رقم(12):

نجد أن هنالك اختلاف أيضا في عدد المناخل المستخدمة لإجراء الاختبار حيث نجد ان عدد المناخل في الجدول رقم(2)عبارة عن (11) منخل وعدد المناخل في الجدول رقم (12)عبارة عن(9) مناخل.ومن النتائج نستنتج أن العينة في الجدول رقم(2) أفضل بكثير من العينة في الجدول رقم(12) وذلك للاختلاف الكبير بين نسب المار بين العينتين.

- (ب)حدود اتربيرج:

من الجدول رقم(2 نجد أن حد السيولة=33%،وحد اللدونه=12%

وفي الجدول رقم (12) نجد أن حد السيولة=13.2%،وحد اللدونه=9.6%

ومن هذه النتائج نستنتج أنه لايوجد اختلاف كبير بين حدي السيولة واللدونه للعينتين.

- معدل الدمك المحسن:-

من الجدول رقم(2) نجد أن الكثافة القصوى=2.28 وفي الجدول رقم(12) قيمتها تساوي2.29 ومن هذه النتائج نجد أن قيم الكثافة القصوى متقاربة نسبيا بين العينتين.

حيث نجد أيضا قيمة الرطوبة المثلى في الجدول رقم(2)تساوي 5.3% وقيمتها في الجدول رقم(12)تساوي 5.6% ومن هذه نستنتج أن قيم الكثافة القصوى والرطوبة المثلى بين العينتين متقاربة نسبيا.

- نسبة تحميل كاليفورنيا(CBR):

من الجدول رقم (2)نجد أن قيمه ال CBR تساوي 42% وقيمته في الجدول رقم (12) تساوي72% إذا العينة في الجدول رقم(12)أفضل بكثير من العينة في الجدول رقم(2) وذلك نظرا للاختلاف الكبير بين العينتين في قيم ال CBR.

ومن كل هذه النتائج والمقارنات بين الدراسات الحالية والدراسات السابقة نستنتج انه لا يوجد اختلاف كبير بين العينتين في النتائج المتحصل عليها بواسطة الاختبارات المعملية وهذا دليل جيد علي جودة المنطقة من حيث المواد الحصوية.

جدول رقم (2)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الاساس المساعد (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	100	100	100	94	89	79	72	52	35	24	18		33	12	2.28	5.3	42	0.22

جدول رقم(12)

منطقة امدرمان: مواد طبقة الأساس المساعد 1999/5/11م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % %95	الانتفاخ (%)
الريف الشمالي	—	—	100	100	86.1	70.1	61.7	46.9	30.8	19.7	13		31.2	9.6	2.29	5.6	72	—

4.2.2 منطقة بحري(حطاب):

مقارنة الدراسات الحالية مع الدراسات السابقة لطبقة الأساس:

- 2017/9/12م (الحالية) مع 2017/4/3م:
- مقارنة الجدول رقم (3) و الجدول رقم (8)
- التدرج الحبيبي :

من الجدولين نجد أن نسبة المار في جدول رقم (8) أفضل من القيم في جدول رقم (3)

- حدود اتربيرج :

حسب المواصفات أقصي قيمه لحد السيولة = 25%، حسب المواصفات أقصي قيمه لدليل اللدونه =6%، دليل اللدونة في الجدول رقم (3) أفضل لأنه اقرب إلي المواصفات، حد السيولة في الجدول رقم (3) أفضل لأنه اقرب إلي المواصفات .في الجدول رقم (3) حد السيولة = 27%، في الجدول رقم (8) حد السيولة = 30%، أما دليل اللدونة في الجدول رقم (3) دليل اللدونة = 8%، في الجدول رقم (8)دليل اللدونة = 13%.

- معدل الدمك القياسي :

نجد آن الكثافة القصوى في الجدول رقم (3) أفضل من القيمة في الجدول رقم (8)، في الجدول رقم (3) الكثافة القصوى = 2.30 gm/cc، في الجدول رقم (8) الكثافة القصوى = 2.27gm/cc، أما الرطوبة المثلى نجد آن نتائج العينتين متقاربة نسبيا، في الجدول رقم (3) الرطوبة المثلي = 5.4%، في الجدول رقم (8) الرطوبة المثلي = 5.6%.

- تحميل كاليفورنيا :

نجد أن العينة في الجدول رقم (3) أفضل من العينة في الجدول رقم (8) لان قيمة ال CBR اكبر والانتفاخ اقل، في الجدول رقم (3) CBR = 81% الانتفاخ = 0.09%، في الجدول رقم (8) CBR = 66 % الانتفاخ = 0.30%.

جدول رقم (3)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	100	100	100	95	89	68	55	36	25	16	12		27	8	2.30	5.4	81	0.09

جدول رقم (8)

منطقة بحري: مواد طبقة الأساس 2017/4/3م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												حدود اتربيرج		معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm		حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	100	100	100	96	91	79	69	47	31	20	13		30	13	2.27	5.6	66	0.30

- 2017/9/12م (الحالية) مع 2017/3/27م:
- من الجدولين (3) و (9)
- التدرج الحبيبي:

نسب المار في الجدول رقم (3) أفضل من نسب المار من الجدول رقم (9)

- حدود اتربيرج:

حسب المواصفات أقصي قيمه لحد السيولة هي 25% ، نجد أن القمتين اكبر من 25، قيمة الجدول رقم (3)اقرب إلي المواصفات، أما حسب المواصفات أقصي قيمه لدليل اللدونه =6% نجد أن القيمتين غير مطابقات للمواصفات، قيمة دليل اللدونه في الجدول رقم (3) اقرب للمواصفات، في الجدول رقم (3) حد السيولة =27، في الجدول رقم (9) حدالسيوله = 34، في الجدول رقم (3) دليل اللدونه = 8، في الجدول رقم (9) دليل اللدونه =14.

- معدل الدمك المحسن :

النتائج للعينتين متقاربة نسبيا، في الجدول رقم (3) الكثافة القصوى = 2.30 gm/cc، في الجدول رقم (9) الكثافة القصوى =2.29 gm/cc، في الجدول رقم (3) الرطوبة المثلي =5.4%، في الجدول رقم(9) الرطوبة المثلي =5.2%

- تحميل كاليفورنيا :

حسب المواصفات اقل قيمه لل CBR = 80%، انتفاخها 0.43%*العينة في الجدول رقم (3)أفضل من العينة رقم (9)، الجدول رقم (3) CBR= 81% و انتفاخها 0.09% الجدول رقم (9)CBR= 53%

جدول رقم (3)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس (الحالية) 2017/9/12م:

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مقلع حطاب	100	100	100	95	89	68	55	36	25	16	12	27	8	2.30	5.4	81	0.09

جدول رقم (9)

منطقة بحري: مواد طبقة الاساس 2017/3/27م

القطاع	التدرج الحبيبي – النسبه المئويه الماره												معدل الدمك المحسن		تحميل كاليفورنيا	
	3" 75mm	2" 50mm	1 1\2 37.5mm	1" 25 mm	3\4" 19 mm	1\2" 12.5mm	3\8" 9.5mm	#4 4.75mm	#10 2mm	#40 0.425mm	#200 0.075mm	حد السيوله	حد اللدونه	الكثافه القصوي (gm\cc)	الرطوبه المثلي (%)	CBR % 98%	الانتفاخ (%)
مواد حطاب	100	100	100	97	92	79	72	52	34	25	19	34	14	2.29	5.2	53	0.43

الباب الخامس

الخلاصــة و التوصيـــــات

5.1 الخلاصة:

من نتائج المقارنة نجد أن عينات منطقة أمدرمان أفضل من منطقة بحري لطبقة الأساس و الأساس المساعد نسبيا لا يوجد إختلاف كبير بالرغم من وجود نسب من الإنتفاخ، و من مقارنة الدراسات السابقة المنطقتين مع النتائج الحالية لم تتأثر جوده المواد مع مرور الزمن و هذا دليل جيد على جودة المنطقة.

5.2 التوصيات:

1. جلب المواد من منطقة أمدرمان إن أمكن مع مراعاة التكلفة.
2. معالجة مواد طبقة الأساس لمنطقة بحري (حطاب).

الباب السادس

المراجع و الملحقات

المراجع:

- محمد فهمي غانم ، هندسة الطرق (التصميم الهندسي و الإنشائي) ، دار الراتب الجامعية ، بيروت ، 1985م.
- محمد توفيق سالم ، هندسة الطرق و المطارات ، دار الراتب للنشر ، الطبعة الثانية ، بيروت ، 1984م.
- شريف فتحي الشافعي ، التصميم الإنشائي لطبقات الرصف المرن ، دار الكتب العلمية ، 2003م.
- علي محمد عبد الله راجح و آخرون ، هندسة طرق و نقل مرور ، جامعة صنعاء ، 2010م.