

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



وزارة التعليم العالي والبحث
العلمي

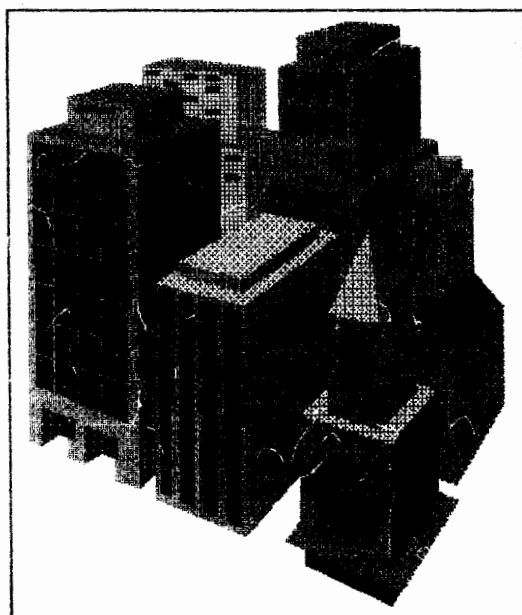
Université Amar Telidji Laghouat
INSTITUT DE GENIE CIVIL

جامعة عمار
تليجي بالأغواط
مهندسة المدنية

المخابر

تطبيقات الطرق

الطالبة السنة الثالثة قصير المدى - الثالثة لسانس



إعداد : م. بدرينة

السنة الجامعية: ٢٠٠٢/٢٠٠١

عموميات حول مخبر الطرق

مقدمة :

قارعة الطريق هي مساحة على شكل شريط تتجزأ على الأرض أو على منشأة فنية تربط نقطتين أو أكثر، تكوينها مجموعة من الطبقات المدروسة و المنجزة بإتقان، ذات مواد مختلفة مثل : (الزفت ، القطران ، الحصيات ... إلخ). متموضعة فوق بعضها البعض و المصممة بكيفية تضمن للقارعة مقاومة العوامل المختلفة لمدة طويلة و لا تحتاج إلا لعمليات الصيانة الدورية، هذه الطبقات هي على الترتيب التالي :

- طبقة السطح.
- طبقة القاعدة.
- طبقة الأساس.
- الطبقة التحتية.

- انظر الشكل

و الهدف من إنجاز قارعة الطريق هو تأمين عبور السيارات المتحركة بسرعات كبيرة، لذا يجب أن تصمم و تنفذ بشكل تستطيع فيه السيارات العبور كافة اجزاء الطريق (منحنيات، استقامات، منحدرات، جسور ... إلخ) بسرعات و حمولات معينة و يجب أن تؤمن للبضائع و الركاب قدراً كافياً من الراحة و الأمان و لهذه الأسباب يجب أن تدرس الطرق بعناية منذ إختيار خط المشروع على الأرض ثم دراسة التربة و طبقات الأساس حتى طبقة التغطية النهائية للطريق ، لما في ذلك من تأثير كبير على مقاومة الطريق للعوامل الطبيعية (أمطار ، ثلوج ، سيول ... إلخ) و كذا العوامل الديناميكية (الحمولات المؤثرة ، حركة السيارات ، الأقلاع ، الفرملة ... إلخ) إضافة إلى :

- إختيار المواد الحصوية المقاومة لمختلف العوامل الطبيعية.
- إختيار نوع الرابط الهيدروكربوني المناسب.

و لضمان إستعمال جيد للقارعة يجب توفر بعض الشروط :

- الإستواء مع ميل ضعيف على الجوانب لتصريف مياه الأمطار .
- التماسك بين طبقاتها لتكون جسماً واحداً متجانساً .
- الخشونة لحفظ المركبات من الانزلاق .
- المقاومة لجميع الحمولات العمودية و المماسية .
- الكثامة .

(1)- القارعة المرنة :

و تكون في أغلب الطرق العادية ، تتكون من حصيات مختلفة تغطيها طبقة الحصيات مع روابط هيدروكربونية .

(2) – القارعة الصلبة :

تتشكل من بلاطات من الخرسانة الإسمنتية و يمكن أن تلبس هذه الخرسانة بتغطية هيدروكربونية و مجال إستعمالها المطارات و الطرق البالغة الأهمية .

كما أنه و مؤخراً ظهر نوع ثالث من القارعات و هي القارعات الكيفية (المختلطة)، و هذه الأخيرة تحقق الصلابة و تبقى تقنيات حسابها معقدة. و ذلك أنها لا تتلائم مع طرق الحسابات التقليدية .

و قد إنفرد مخبر الطرق بدراسة جدية و معمقة لمختلف المواد المساهمة في بناء الطرق و هي :

- التربة .
- الحصيات .
- الروابط الهيدروكربونية .
- المواد المغلفة .

و أجريت على كل من هاته المواد مجموعة من التجارب التي لها أهمية كبيرة في تحديد تقنيات و مقاييس خاصة لإنجاز الطرق و تحديد طبقات قارعاتها و ضبط سمك كل طبقة، و إختيار المواد المناسبة لها، كما أن مخبر الطرق إعتد عدة طرق لحساب سمك القارعة .

و نذكر بعض الطرق المعروفة :

1 - طريقة LCPC Laboratoire Central Des Ponts et Chaussée

2 - طريقة CBR Californian Bearing Ratoi

3 - طريقة شوك وفين Schooc et Finn

4 - طريقة AASHO American Assiration of State

Highilay Officials

5 - طريقة طرق و شبكات مختلفة VRD

الفصل الأول

عموميات حول التربة

مقدمة :

أن جميع المنشآت على إختلاف أنواعها تقام على الأرض و نسمي الجزء الحامل للمنشأة أو القريب منه أو المحيط به " التربة " و حينما نفكر في إقامة منشأة فأول ما نبحث عنه هو التربة التي سيقام عليها ، و هنا بالذات نتبادر لأذهاننا عدة أسئلة :

- هل هذه تستطيع التربة أن تتحمل المنشأة المراد إقامتها عليها بالحجم المطلوب ؟ .
- هل هذه التربة مناسبة لإقامة هذه المنشأة عليها ؟ .
- هل هذه التربة ملائمة لوظيفة المنشأة ؟ .
- إذن فالخطوة العملية الأولى في إقامة أي مشروع هندسي هي دراسة التربة، ونحن في هذا الفصل سنقوم بدراسة مختلف التجارب المجرأة على التربة و التي تخص مخبر الطرق، و ذلك للإجابة على الأسئلة المطروحة.

تعريف التربة :

ترجع تسميتها إلى كلمة لاتينية " SOLUM " و التربة هندسياً تعني فئات الصخور الناتج عند عوامل التعرية و المواد العضوية الناتجة من النباتات و الصخور و الرطوبة و ما تحويه من محاليل و معلقات عضوية و معدنية و كذلك الهواء المتواجد داخل التربة.

- أو بصفة أخرى : هي خليط معقد من مادة صلبة تحتوي على وسائل و غازات و مكونات عضوية.

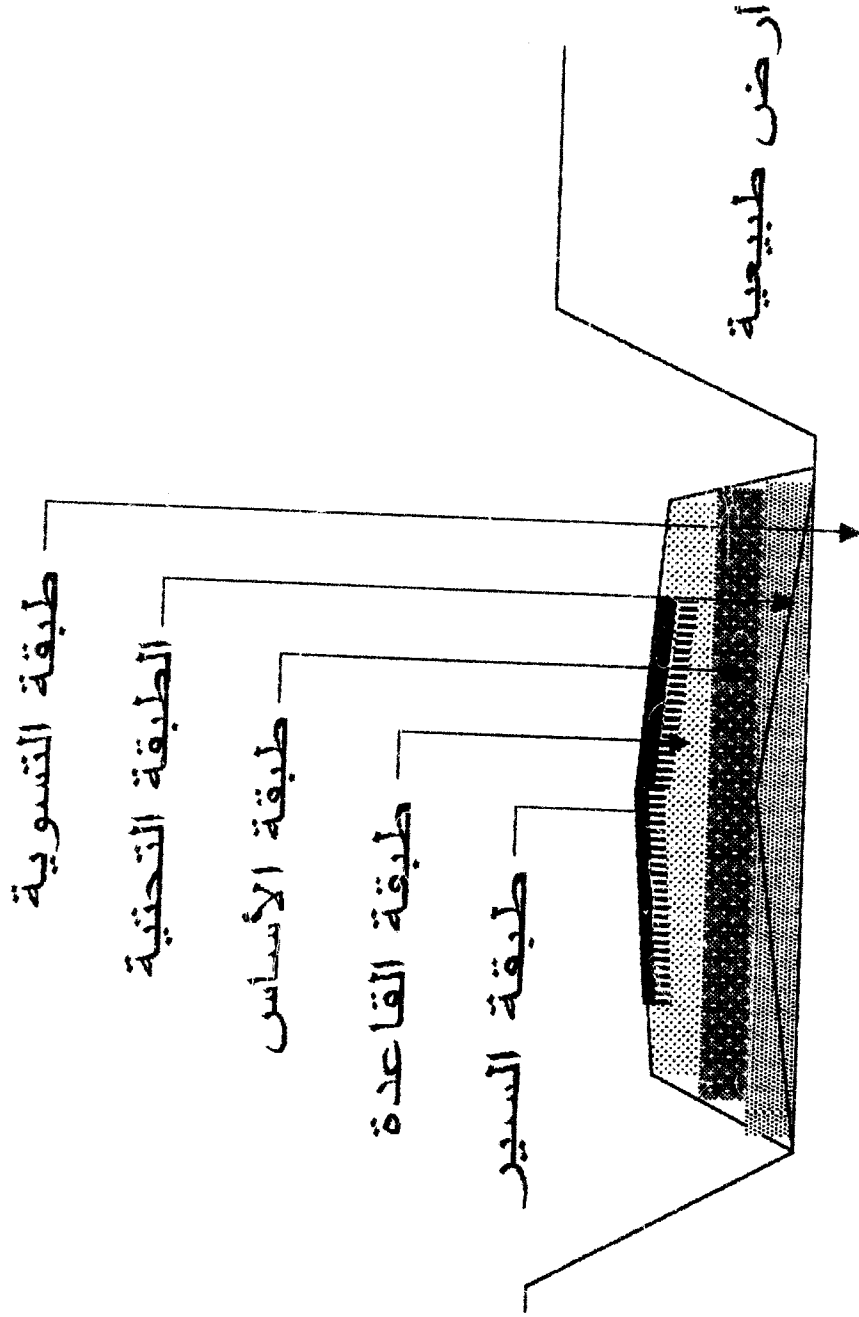
- ويتم تصنيف التربة اعتماداً على ثلاث تجارب أساسية هي :

أ - التحليل الحبيبي.

ب - حدود أتربارق.

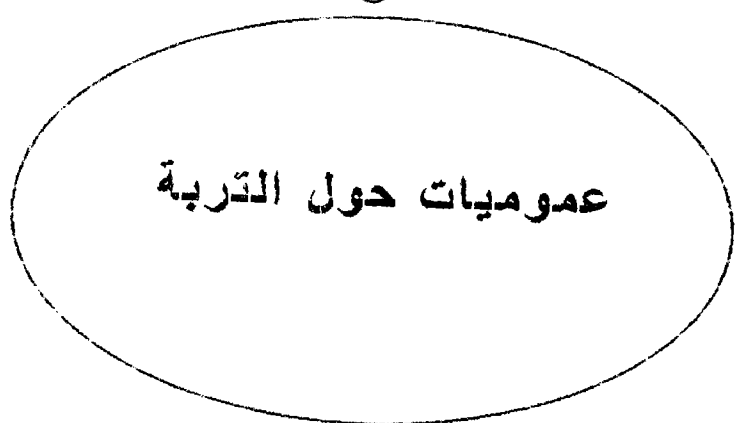
ج - مكافئ الرمل.

و هذه التجارب تخص مخبر ميكانيك التربة ، أما تلك التي تخص مخبر الطرق و التي بواسطتها يتم تعيين سعة تحمل التربة لحمولة ما هي تجربة CBR .



بنية القارعة

الفصل
الأول



عموميات حول التربية

و نذكر بعض الطرق المعروفة :

- 1 - طريقة LCPC Laboratoire Central Des Ponts et Chaussée
- 2 - طريقة CBR Californian Bearing Ratoi
- 3 - طريقة شووك وفين Schooc et Finn
- 4 - طريقة AASHO American Assiration of State
- Highilay Officials
- 5 - طريقة طرق و شبكات مختلفة VRD

التطبيقات الأولى

تجربة CBR

1- تمهيد :

لقد إعتمدت في مخبر الطرق عدة تجارب تهدف إلى تحديد سمك القارعة رغم عدم وجود دليل نموذجي لذلك ، إذن في كل حالة علينا تحديد السمك المناسب و توضيح بنية القارعة لضمان ديمومة الطريق و كذا كي تتمكن هذه الأخيرة من مقاومة الإجهادات الناعمية و المماسية الناتجة عن تأثير العجلات ، و من إحدى أهم هذه التجارب تجربة CBR .

أو ما يسمى بطريقة التحميل النسبي لكاليفورنيا، أول من إستنبطها العالم PORTER O-J من قسم الطرق لو لاية كاليفورنيا بأمريكا.

2- الهدف من التجربة :

هو تحديد سعة تحمل تربة ما للحمولات و ذلك، لتحديد أبعاد قارعة الطريق و تركيبها.

3- مبدأ التجربة :

تعتمد التجربة على ضغط مكبس ذو مقطع دائري بأبعاد محددة يتحرك بسرعة ثابتة داخل قالب CBR الذي تمت تهيئته وفق تجربة بروكتور و يحدد الإجهاد P_2, P_1 الناتج عن هذا الضغط لكل من الأعماق 2,5 ملم ، 5 ملم على التوالي كما هو موضح في الشكل I.

4- الأدوات المستعملة :

قالب CBR	شكل III-1
أداة الرص	شكل II-2
جهاز الضغط CBR	شكل I
أسطوانات حلقيّة من الحديد	شكل II-3

5- طريقة العمل :

أ - تحضير العينة : نمرر العينة في منخل قطره 20mm ثم نأخذ 5kg من المار و نضيف له فحوى الماء المعطى من خلال تجربة بروكتور، و نخلط العينة جيدا ، ثم يملأ قالب CBR الذي قطره الداخلي 20cm و إرتفاعه 20cm على 5 طبقات و تتعرض كل طبقة إلى 55 دقة (ضربة) ، ثم نفك الجزء العلوي للقالب و نسوي سطح العينة بمسطرة حديدية.

ملاحظة : إذا حصلنا بعد عملية الرص على سمك للعينة أقل من إرتفاع قالب CBR يجب علينا إعادة التجربة و ذلك لتحقيق الأبعاد المطلوبة للعينة.

ب - إجراء التجربة : يلحق القالب بجهاز CBR للضغط و نتبعه بوضع الحقتين على سطح العينة، وزن كل منها 2,265kg و نضبط سرعة الضغط بـ 1,27mm/الدقيقة ثم نجري عملية إختراق المكبس الذي قطره $D = 49,63 \text{ mm}$ داخل العينة الموجودة بالقالب ، حيث يكون المكبس محوريا مع العينة، ثم نقيس :

1- الإختراق : (ملم) على المؤشر الجانبي ، كما هو موضح في الشكل.

2- التشوه الحلقي L_i : (ملم) على المؤشر العلوي الموضح في الشكل ،

و تعطي القوة $F(KN)$ بدلالة التشوه الحلقي بواسطة الجدول التالي :

التشوه الحلقي L_i (mm)	الحمولة (KN)	القوة $F(KN)$	الحمولة (KN)
0.210	5	1.475	35
0.420	10	1.690	40
0.630	15	1.900	45
0.840	20	2.110	50
1.050	25	2.325	55
1.260	30	2.540	60

يحسب إجهاد الضغط P بالعلاقة التالية :

$$P = F/S \rightarrow \begin{cases} P = 1 \text{ bar} = 10^2 \text{ KN /Cm}^2 \text{ حيث} \\ S = \frac{\pi D^2}{4} \quad S = 19,34 \text{ Cm}^2 \end{cases}$$

حيث : S : مساحة سطح المكبس.

ملاحظة : عادة ما تجري هاته التجربة بطريقتين :

(أ) - الطريقة الجافة : و تكون وفق ما ذكرناه سابقا في التجربة.

(ب) - الطريقة الرطبة : تشبه الطريقة الجافة إلا أن عملية الإختراق تكون بعد تشبع العينة لمدة

4 أيام و ذلك بملامستها لسطح الماء و يتم صعود هذا الأخير بالخاصية الشعرية حتى يصبح

تغير العينة أقل من (0,03 في 24 ساعة).

النتائج :

الإختراق (mm)	التشبع الحلقى Li(mm)	القوة F (KN)	الضغط (bar)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

7- المنحنى : شكل III

تحديد معامل CBR : من المنحنى

(Bar) P(2,5) الإجهاد اللازم لإختراق 2,5 mm من العينة.

(Bar) P(5) الإجهاد اللازم لإختراق 5 mm من العينة.

$$CBR = \text{Max} \left[\frac{P(2,5)}{0,7}, \frac{P(5)}{1,05} \right] \%$$

8 - تحليل النتائج :

قد يكون المنحنى مقعرا نحو الأعلى في البداية بسبب عدم إنتظام سطح العينة أو لأسباب

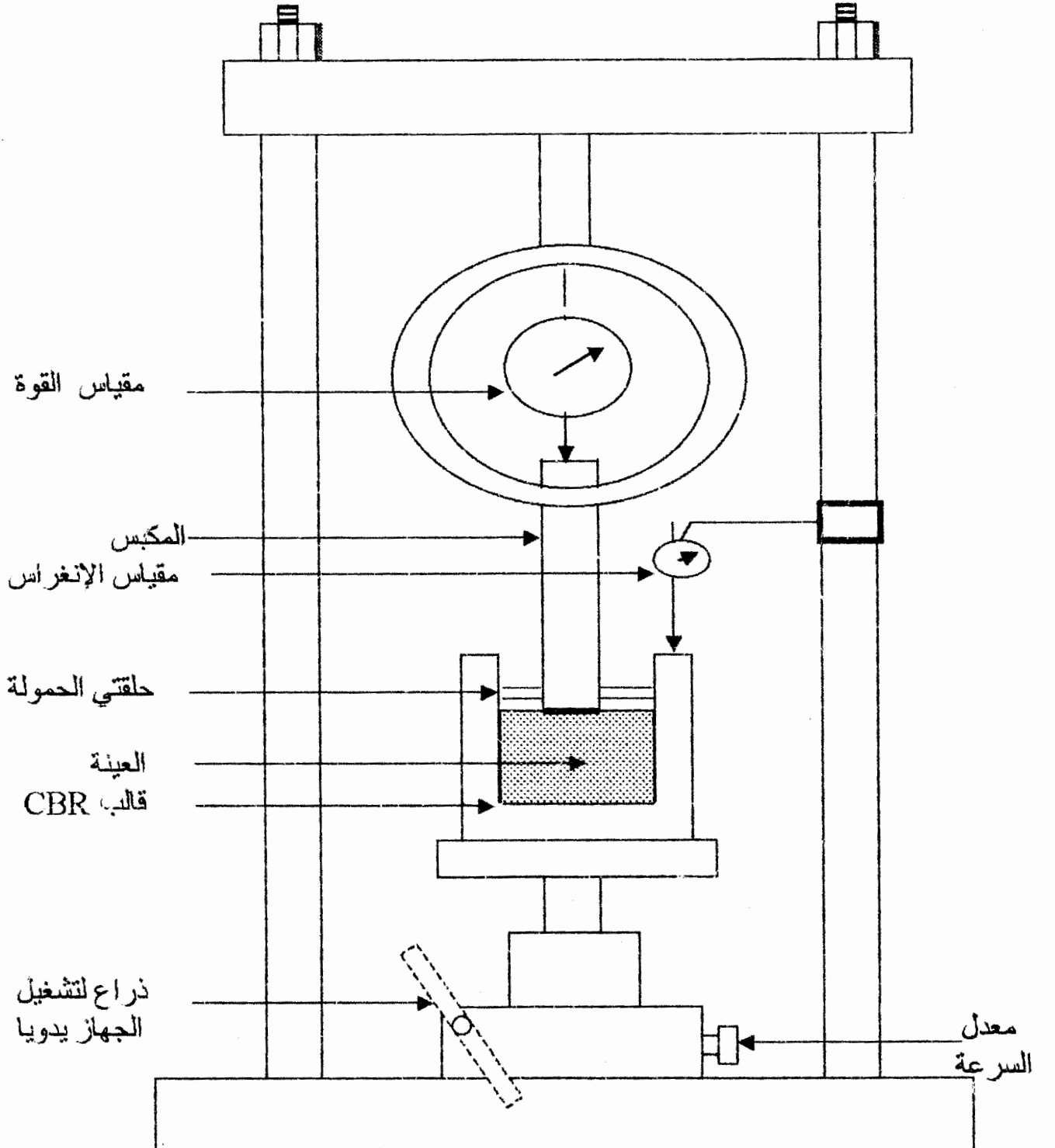
أخرى في هذه الحالة فإن نقطة الصفر يجب أن تراح كما هو مبين في الشكل التالي II.

- هناك قيم مرجعية نقارنها بالتجربة لمعرفة مدى مقاومة التربة و هي كالتالي :

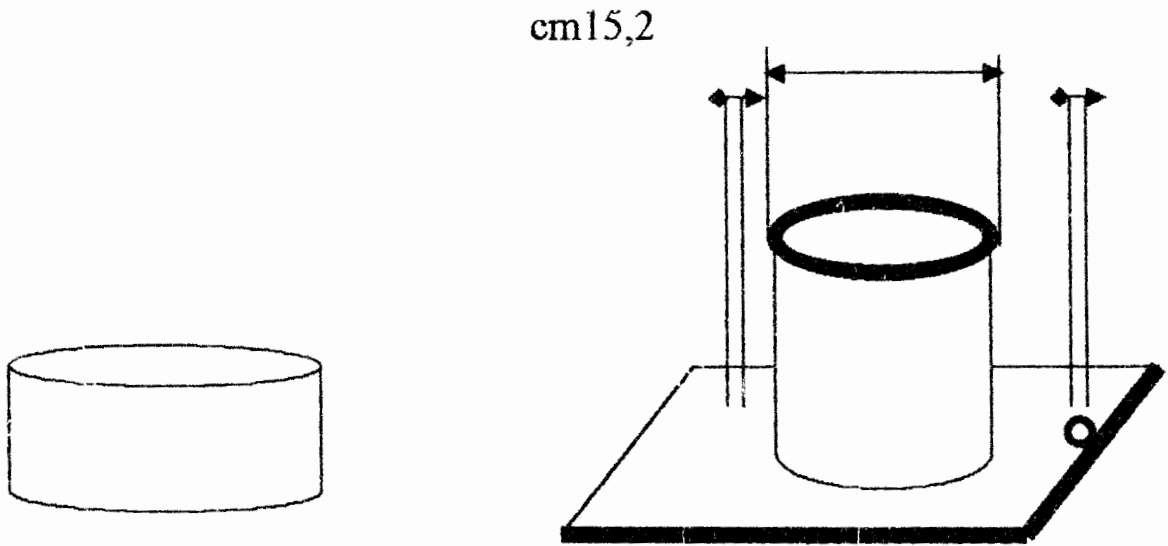
مواصفات التربة	CBR
ردئية	3
متوسطة	8 ————— 3
جيدة	30 ————— 8
جيدة جدا	أكبر من 30

تُعطي بعض القيم بدليل تحمل CBR لبعض الأتربة النموذجية

- خليط من ركام مكسر معاد التشكيل 150
- خليط ركام طيني 50
- وحل طيني 20
- رمل 8
- وحل 10
- طين (مشبع) 2
- طين (المحتوى المائي الأمثل 4%) 30

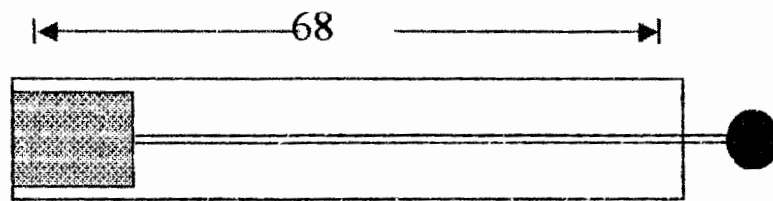


جهاز CBR



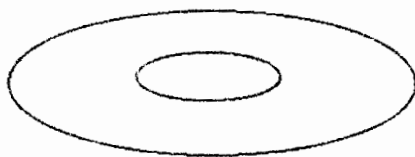
الجزء العلوي للقالب

شكل 1-II



kg M = 2,265

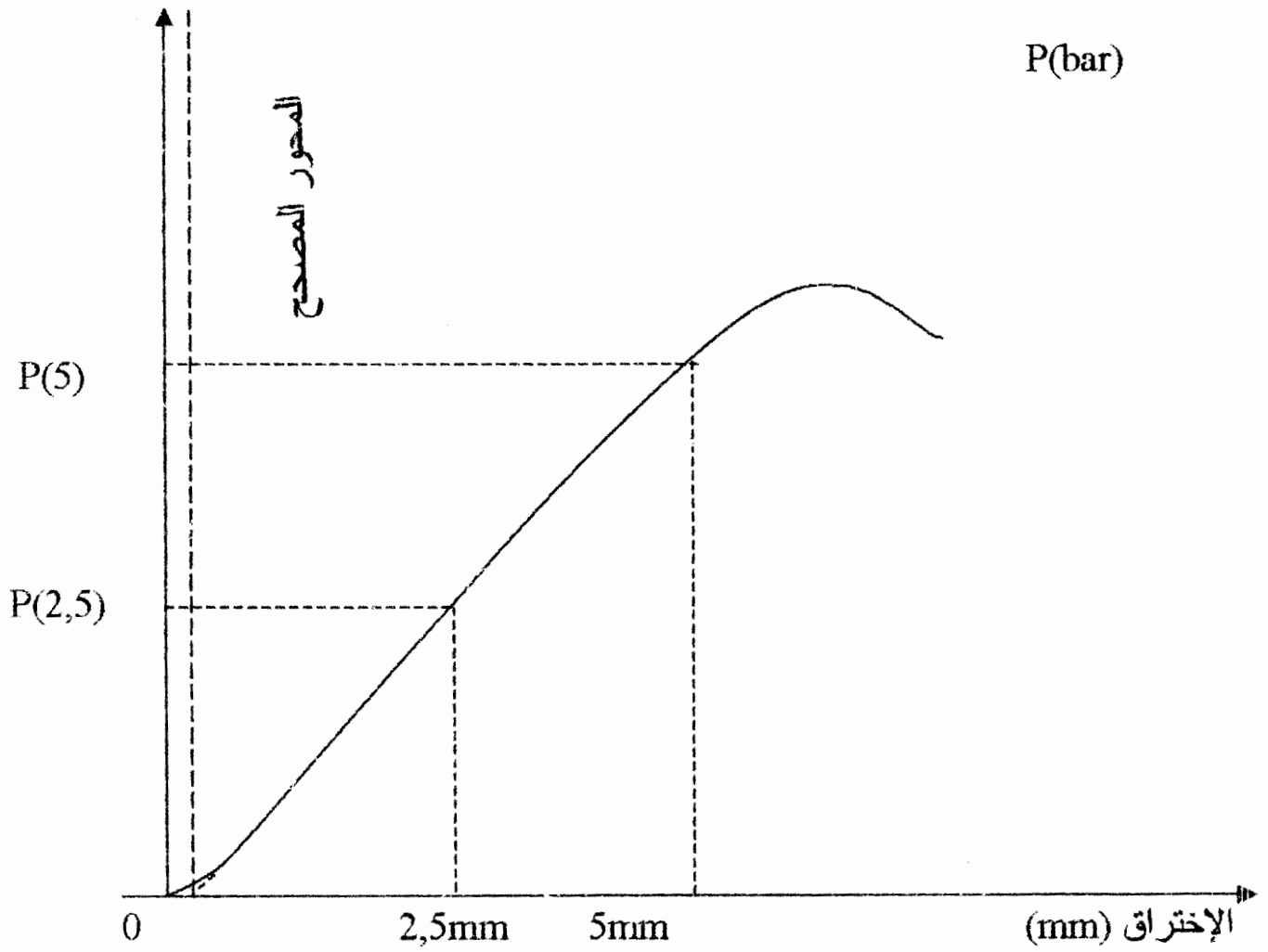
شكل 2-II



M = 2,265Kg
Φ = 20 Cm
E =

شكل 3-III

المنحنى :



شكل III

الفصل الثاني

دراسة الحصويات

مقدمة :

تعتبر الحصويات من أهم مكونات قطاع الرصف، فهي تعمل على تحمل الإجهادات الواقعة على الطريق و توزيعها بقيمة أقل من إجهاد سطح التربة الأصلي، إضافة إلى أنها مقاومة للتآكل الناتج عن عمليات الإحتكاك الناشئة عن حركة المرور، تستعمل الحصويات كأحد مكونات الخلطة الإسفلتية أو البلاطة الخرسانية أو كمادة أساس لطبقة السطح ، و تمثل أهمية كبيرة بالنسبة لمهندس الطرق من حيث الخواص ، و من حيث التكوين هي عبارة عن خليط من الحبيبات الطبيعية أو الإصطناعية (حصباء ، حصى ، رمل ...) ذات أقطار متدرجة ، و في بعض الحالات يضاف إليها حبيبات دقيقة.

2- الحصويات المستعملة في طبقتي الأساس و القاعدة :

- إن أنواع الحصويات اللازمة في أشغال طبقتي الأساس مع توفر العديد من الشروط و التي من بينها :

- لا تتجزأ تحت تأثير تكرار التحميل.
- لا تتغير بواسطة التآكل مع الحبيبات بدرجة كبيرة.
- يكون لها إستقرار ذاتي أو تجنيب التميع تحت تأثير الأحمال المتكررة.
- لا تكون حساسة للماء و لا تتأثر به.

و هذه الموجات مرتبطة بأربعة عوامل :

- طبيعة الصخور.
- الترتيب الجبسي.
- معامل الإحتكاك للحبيبات فيما بينها.
- وجود مواد طينية.

3- مصادر الحصباء:

تستعمل الحصباء عادة في الطبقات العليا و مصادرها متغيرة و يمكنها إعطاء

التصنيف التالي :

(أ) - الحصباء الطبيعية : و هي عبارة عن حبيبات يتم إحضارها من مجاري المياه ، الأودية ، ...

(ب) - الحصباء الطبيعية المكسرة : و يتعلق الأمر بالحصباء التي تحتوي على عناصر متوسطة الأبعاد تم تكسيرها جزئيا في مواقع التكسير و التفتيت (المقالع) ، و تعرف بدليل التكسير ، IC حيث :

IC : النسبة المئوية للعناصر التي مرت على التكسير

و منه : $100 > IC > 0$

(ج) - حصباء مكسرة كلياً : و نتحصل عليها بعد التكسير في المقالع.

الصنف الحبيبي : نجد في المواد المستعملة في الطرق نوعين :

1. - الصنف الحبيبي المفتوح : هو عبارة عن المواد التي تحتوي على فراغات كبيرة غالبا

ما تنتج عن التكسير و نحصل على المقاومة اللازمة بالثبيت و التشابك.

2. - الصنف الحبيبي المملوء : هي عبارة عن مواد طبيعية أو مواد تحضر من المقالع

و نحصل على المقاومة المطلوبة لهذه المواد بعملية الرص.

و قد خصصنا هذا الفصل للدراسة التجريبية لمختلف المواد الحصوية المستعملة في قارعات

الطرق ، و أهم التجارب التي يمكن أن نصادفها في هذا المجال هي :

- تجربة لوس أنجاس**

- تجربة دوفال.

- تجربة ميكرو دوفال بحضور الماء.

- تجربة مقاومة الحصويات للتتهشيم.

- تجربة التآكل.

- تجربة الوزن النوعي و إمتصاص المياه.

التطبيق الأول

تجربة لوانجلس

1- مقدمة :

نظرا للمرور المتكرر لمركبات لوس أنجلس على قارعة الطريق فإن الحصويات المستخدمة في طبقة السطح تصبح عرضة للتآكل و الحت لذلك يجب أن تكون هذه الأخيرة من أكثر التجارب شهرة في هذا المجال.

2- الهدف :

الهدف من هذه التجربة هو قياس الصلابة أو درجة مقاومة الحت و الصدم لعناصر في الميدان عبارة عن قارعة تحت تأثير حمولات متحركة.

3- المبدأ :

تعتمد التجربة على قياس كمية العناصر الأقل من mm الناتجة بعد وضع عينة تحت تأثير الحت و الصدم.

4- الأدوات المستعملة :

جهاز لوس أنجلس : هو عبارة عن أسطوانات من الفولاذ سمكها 12 mm ذات قطر داخلي 711 mm و طولها الداخلي 508 mm مثبتة على طرفيها بمحور أفقي للدوران ، تحتوي ثلاث صفائح مستطيلة الشكل على طول الأسطوانة بعرض قدره 90 mm و سمك 25 mm ، و هذه الصفائح مثبتة على الجدار الداخلي للأسطوانات على بعد 400 mm من حافة فتحة عرضها 150 mm و طولها على طول الأسطوانة تسمح بإدخال العينة ، و أثناء التجربة تكون هذه الفتحة محكمة الإغلاق و ذلك لمنع تسرب الغبار إلى الخارج ، و شكل غطائها يكمل شكل الأسطوانة.

كريات من الفولاذ : قطرها 47 mm و وزن كل منها يتراوح ما بين 420g-445g

محرك كهربائي : ذو سرعة دوران تتراوح ما بين 30-33 دورة / الدقيقة ملحق بالأسطوانة.

حوض : لإستقبال العينة بعد التجربة يكون أسفل الأسطوانة.

غربال : قطر فتحاته 1.6 mm.

ميزان : سعة أكثر من 5 kg.

فرن : (105°C).

5- طريقة العمل :

(أ) - تحضير العينة :

- نغربل كمية من الحصى في غربال قطره 1.6 mm.
- نغسل العينة المغرولة.
- نجفف العينة في فرن تحت درجة حرارة 105° حتى نتحصل على كتلة ثابتة.
- نزن كتلة قدرها $M = 5 \text{ kg}$.

(ب) - خطوات التجربة :

- نضع العينة في أسطوانة لوس أنجلس ثم نضيف عدد من الكريات الفولاذية و ذلك حسب مجال تراوح أقطار الحبيبات كما هو موضح في الجدول المرافق ، نحكم غلق الفتحة بواسطة غطائها الخاص و نضبط سرعة دوران الجهاز 33 دورة / الدقيقة ، حيث مجموع الدورات المطلوبة هو 500 دورة ، بعد تشغيل الجهاز تتعرض الحصويات إلى حت ناتج عن إحتكاك الحبيبات فيما بينها و إلى صدم ناتج عن سقوط الكريات الفولاذية التي ترتفع بواسطة الصفائح جراء الدوران ، أخيرا نفرغ المحتوى في الحوض الموضوع أسفل الجهاز بعناية لتفادي ضياع الكتلة.
- نغربل هذه الأخيرة في غربال قطر فتحاته 1.6 mm ثم نغسل المرفوض و نجففه في الفرن تحت درجة حرارة 105°C حتى ثبات الكتلة ، نزن هذه الكتلة و لتكن ' M

M

- و الجدول التالي يبين عدد الكريات الفولاذية المستعملة حسب الصنف الحبيبي

الكتلة الكلية للحمولة (g)	عدد الكريات	الصنف الحبيبي (mm)
3080	7	6.3 -----4
3960	9	10-----6.3
4840	11	14-----10
4840	11	25-----10
5280	12	31.5-----16
5280	12	50-----25

6- النتائج :

يعطى معامل لوس أنجلس LA بالعلاقة التالية :

$$LA = \frac{M - M'}{M} 100$$

حيث M : الكتلة الابتدائية

M' : الكتلة النهائية (بعد التجربة)

-الجدول الموالي يعطي القيم التطبيقية لمعامل لوس أنجلس

طبقة الأساس	طبقة السطح	صنف الطريق
$LA \leq 50$	$LA \leq 30$	طريق ذات تدفق ضعيف (750.200) سيارة / اليوم
$LA \leq 30$	$LA \leq 25$	طريق ذات تدفق متوسط (1500.750) سيارة / اليوم
$LA \leq 30$	$LA \leq 25$	طريق ذات تدفق قوي (3000.1500) سيارة / اليوم

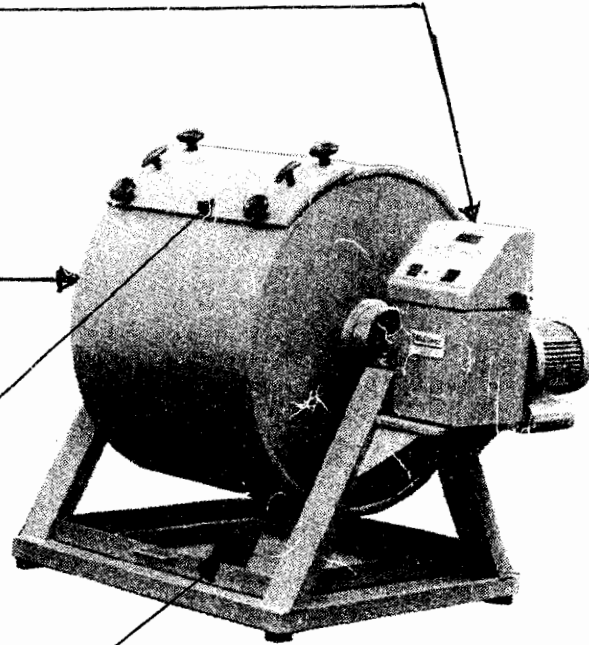
خلاصة : كلما كان معامل لوس أنجلس (LA) صغيرا كانت صلابة الحصويات أفضل.

محرك

الأسطوانة

فتحة الأسطوانة

حوض لاستقبال
العينة

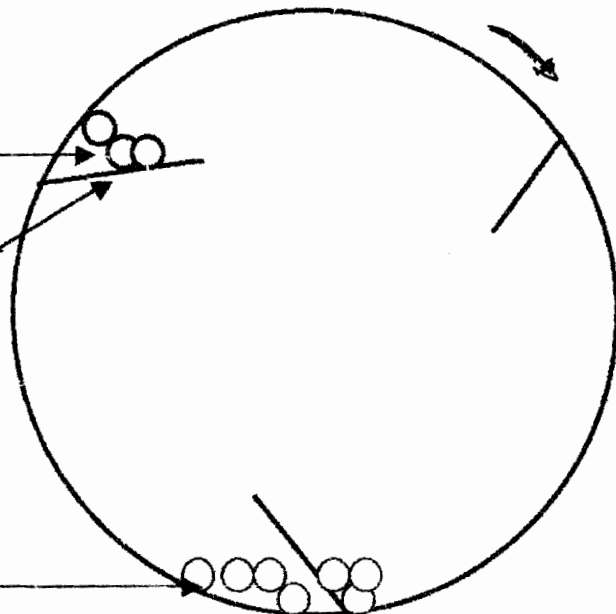


جهاز لوس أنجلس

كريات فولادية

صفائح

العينة



مقاومة التجمد :

- تتمثل هذه الدراسة في تحديد معامل (G) الذي يعبر عن حساسية الحصويات للجليد و ذلك بعد تحديد قيمة معامل لوس أنجلس مرتين :

1- تكون وفق ما ذكرناه سابقا في التجربة LA

2- تعرض العينة إلى 25 نوبة من (تجمد - ذوبان)

و لتكن LAG

ثم نحدد المعامل G الذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$G = \frac{LAG - LA}{LA} \times 100$$

يفضل أن تكون الحساسية للجليد على الأقل ما بين (30/20) الجدول التالي يعطي بعض الخصائص التي يجب أن تكون في الحصويات:

مقاومة التجمد		حركة المرور
طبقة القاعدة	طبقة الأساس	سيارة / اليوم
<30%	<30%	T4(200.750)
<20%	<30%	T3(750.1500)
<20%	<30%	T3(1500.3000)
<20%	بعدم دراسة خاصة	T2(3000.6000)

التطبيق الثاني

تجربة دوفال

1- تمهيد :

تتعرض المواد الحصوية أثناء الإنتاج إلى عملية الحت الداخلي و ذلك بفعل الشحن، التفريغ نقل، تفريش، الرص ... إلخ.

2- الهدف :

معرفة مدى مقاومة المواد الحصوية للحت الناجم عن إحتكاك الحبيبات فيما بينها.

3- المبدأ :

هو قياس كمية العناصر الأقل من 1.6 mm و الناتجة عن إحتكاك الحبيبات فيما بينها و اصطدامها ببعضها البعض داخل أسطوانة نظامية تدور بسرعة محددة حول محور أفقي.

4- مجال تطبيق التجربة :

تجري هذه التجربة على كل الأصناف الحبيبية المحصورة بين 25 mm 70 طبيعية كانت أو إصطناعية و يتم ذلك بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ- الطريقة الجافة : تعطي معامل دوفال DS

ب- الطريقة الرطبة : (بحضور الماء) تعطي معامل دوفال DH

5- الأدوات المستعملة :

جهاز دوفال : أسطوانتان قطر كل منها الداخلي 200 mm بطول 340 mm مائلتين بزاوية 32° بالنسبة لمحور دوران أفقي مثبت على طرفيهما بحيث تسمح كل أسطوانة بإجراء تجربة واحدة، كما يجب أن لا تحتوي كل منها على نتوءات داخلية ناتجة عن التلحيم أو التركيب.

الفاصل : يوضع على فتحتي الأسطوانتين.

محرك كهربائي : يسمح بتدوير الأسطوانتين بسرعة من 30 إلى 33 دورة / الدقيقة.

عداد : يسمح بتوقيف الدوران أتماتيكيا بعد عدد الدورات المطلوب.

حوض : لإستقبال العينة بعد التجربة.

ميزان : سعته أكبر من 5 kg.

فرن : درجة حرارته 105 °C.

6- طريقة العمل :

أ - تحضير العينة : نغسل كمية من المواد الحصوية ثم نجففها في الفرن حتى إستقرار الكتلة و نأخذ عينة وزنها $M = 5 \text{ kg}$ تقارب 44 حبيبة لكل أسطوانة ، حيث يقترب شكلها من شكل المكعب ذات أضلع حادة ، و يمكن إستعمال المطرقة للحصول على ذلك .

ب - إجراء التجربة : ندخل العينتين في الأسطوانتين حيث إحداهما نترك جافة و الثانية يضاف إليها كمية من الماء حتى حافة الأسطوانة ، و نحكم إغلاق الأسطوانتين بالفاصل لمنع تسرب الغبار و الماء ، نشغل الجهاز لمدة 5 ساعات بالسرعة المطلوبة ، بعد ذلك نفرغ العينتين من الأسطوانتين داخل الحوضين و نغسل كل منها داخل الغربال قطر فتحاته 1.6 mm أو داخل منخل قطره 2 mm ، ثم نجفف المرفوض لكليهما داخل الفرن حتى استقرار الكتلة ولتلك M' كتلة كل منهم

النتائج :

يعطي معامل دوفال بالعلاقة التالية :

$$D = \frac{400}{U}$$

حيث U الكمية المفقودة بالغرام لكل كيلو غرام واحد .

$$U = \frac{M - M' (g)}{M(kg)}$$

8 - تحليل النتائج :

كلما كان D كبيراً كانت المادة أكبر مقاومة للحت الداخلي .

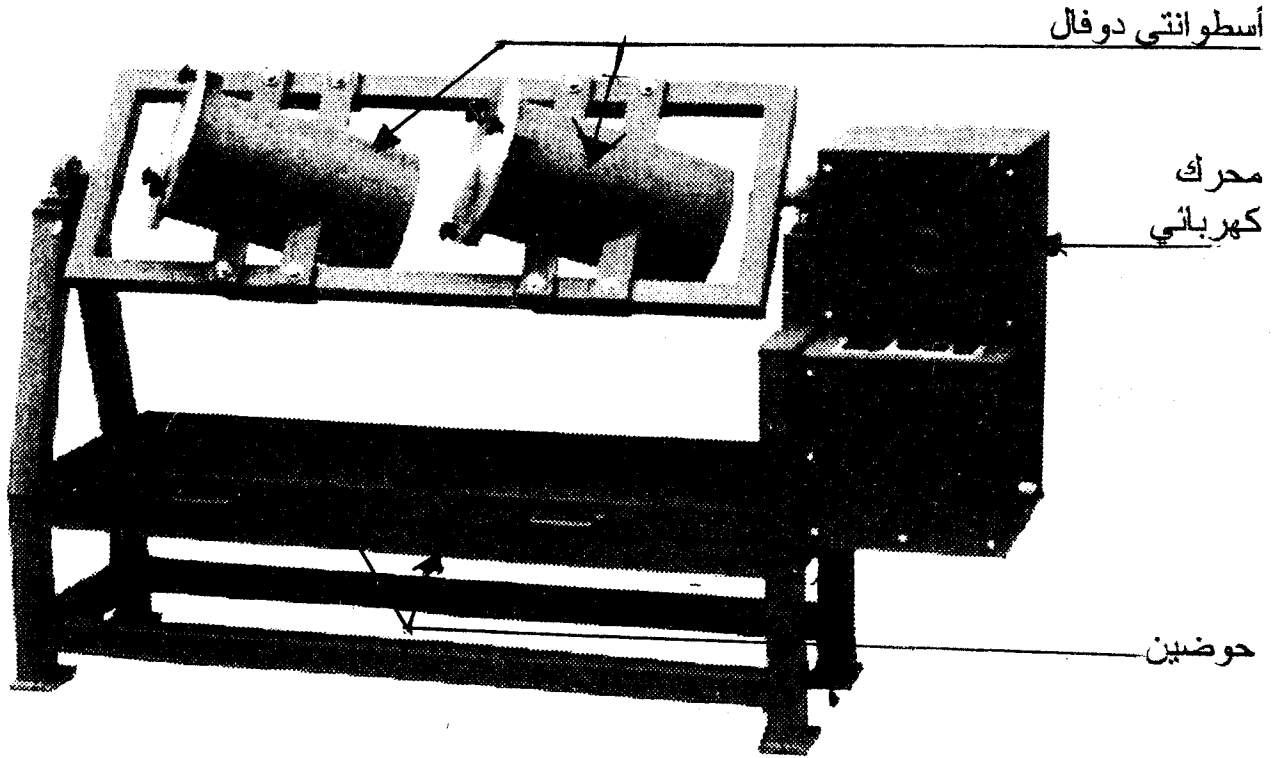
عادة حصويات الجيدة يجب أن يكون معاملها :

$$12 < DS$$

$$6 < DH$$

هناك مجالات تغير معامل دوفال لبعض المواد الحصوية التالية :

$5 < D < 15$	الجير اللين
$15 < D < 20$	الغرانيت
$20 < D < 30$	البورفير



جهاز دوفال

الإستنتاج :

نجد أن لعينة حجر المقالع مقاومة للحت الداخلي أكبر من مقاومة عينة الحجر القاسي الطبيعي وذلك في الحالة الجافة ، أما بالنسبة للحالة الرطبة فنجد العكس إذ أن لعينة الحجر القاسي مقاومة للحت أكبر من مقاومة حجر المقالع وذلك لوجود الماء و حالة من تأثير على بعض المواد الحصوية.

تجربة ميكرو دوفال :

هناك جهاز مماثل لجهاز دوفال لكن بشكل مصغر يستعمل لقياس مقاومة الحت للحصى الدقيق المستعمل في السطح و تجري التجربة بحضور الماء مثلما تكون عليه المادة في الميدان ، إذ أن طبقة السطح معرضة مباشرة لمختلف العوامل الخارجية.

إجراء التجربة :

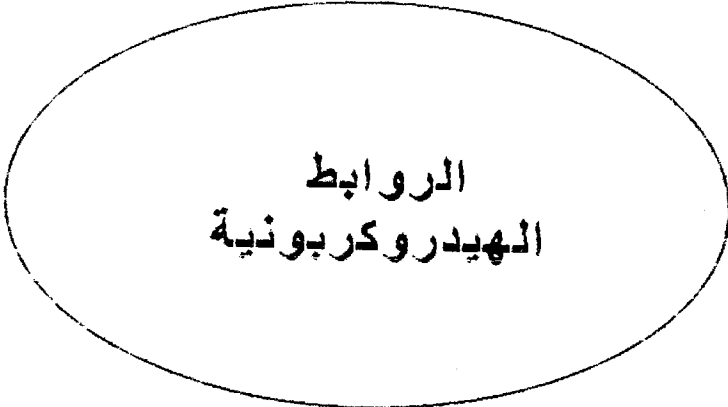
نضع داخل جهاز ميكرو دوفال عينة من الحصى وزنها $M = 500 \text{ g}$ و نضيف لها 2.5L من الماء بالإضافة إلى 2 — 5 kg من الكريات الفولاذية حسب مجال تصنيف الحبيبات.

نشغل الجهاز بسرعة 33 دورة في الدقيقة ، بعد 1200 دورة نفرغ المحتوى في الحوض و نجففه ثم نزن المرفوض لغربال قطر فتحاته 1.6mm و ليكن M' ، يحسب معامل ميكرو دوفال بالعلاقة التالية:

$$MSE = \frac{M - M'}{M} \cdot 100$$

MSE : ميكرو دوفال بحضور الماء

**الفصل
الثاني**



**الروابط
الهيدروكربونية**

الفصل الثاني

الروابط الهيدروكربونية

مقدمة :

الروابط الهيدروكربونية هي عبارة عن مواد صناعية تستخرج من مواد أولية كالفحم و البترول سوداء اللون شديدة اللزوجة ، و بارتفاع درجة الحرارة تنخفض لزوجتها . يجب ألا تفقد الروابط الهيدروكربونية المستعملة في الطرق لزوجتها بسبب ارتفاع طفيف في درجة الحرارة ، كما يجب أن تعيش لمدة طويلة دون أن تتأثر بالعوامل الخارجية ، و من أهم الخصائص التي يجب أن تتوفر فيها .

الالتصاق :

و هي خاصية الالتصاق الرابط على الحبيبات الحصوية .

التماسك :

و هي خاصية الالتصاق الحبيبات ببعضها بعض .

أنواع الروابط الهيدروكربونية :

يمكن تقسيم الروابط الهيدروكربونية حسب مصدرها كما يلي :

القطران :

يستخرج القطران من القطران الخام الذي بدوره يحضر من الفحم الحجري بعد تحولات كيميائية عن طريق الحرارة ، ثم يخضع القطران الخام إلى عملية غسل و تنظيف ، و بعد تقطير أولي نحصل على القطران ، يتكون القطران من مجموعة من الزيوت المختلفة اللزوجة بالإضافة إلى مادة تسمى بالمنقي (Le Brai) لا تنبخر بارتفاع درجة الحرارة و يمكن الحصول على القطران المستعمل في الطرق بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ - التقطير .

ب - إعادة التركيب : و هو خلط عدد من الزيوت الناتجة من عمليات التقطير بنسب

محددة و مدروسة .

الزفت :

و يتم الحصول عليه من مصدرين :

أ - مصدر طبيعي : يوجد بين مسامات الصخور ، أو بحيرات الأسفلت الصخري (الترينيداد Trinidad).

ب - البترول الخام : و ذلك بطريقة التقطير بالتخلخل ، و يسمى بالزفت المستخرج من البترول الخام و ينقسم إلى :

1-الزفت السائل : هو زفت مذاب بإضافة مادة تسمى المذيب و ذاك يسمح الزفت بإستعماله إستعمالا سهلا لمدة معينة ، أما بالتسخين البسيط أو عند درجة الحرارة العادية و بعد الإستعمال يتبخر المذيب و يستعيد الزفت لزوجته الطبيعية ، تختلف درجة حرارة التسخين حسب نوعية المذيب و الكمية المستعملة.

* و على هذا الأساس نجد ما يلي :

زفت سائل بطيئ التجمد SC : يستعمل لتسرب الزفت في أعماق القارعة.

زفت سائل سريع التجميد RC : يستعمل كدهان سطحي.

زفت سائل متوسط التجميد MC : يستعمل للمواد المغلفة.

1- الزفت الصلب :

2- الزفت المستحلب :

3- الزفت المنفوخ :

المقارنة بين الزفت و القطران :

الزفت	القطران
أقل لزوجة	أكثر لزوجة
أقل كثافة 1 — 11	أكبر كثافة 1.12 — 1.26
يعيش مدة أطول	يعيش مدة أقل
أحسن التصاق بالمواد الحصوية	أقل التصاق بالمواد الحصوية
الرطوبة و الحمضية	الرطوبة و الحمضية
يسخن عند الإستعمال في درجة حرارة 180°	يسخن عند الإستعمال في درجة حرارة C° (120 — 100)

تنشيط الروابط الهيدروكربونية :

إذا كانت الحبيبات الحصوية حمضية أو رطبة فإن الرابط الهيدروكربوني يجد صعوبة في الالتصاق بها مما يستدعي لتقوية هذه الخاصية و ذلك بإضافة مادة تسمى بالمنشط منها :

1- إضافة نسبة من الجير : و ذلك لتمتص جزيئات الماء الموجودة في الحصى الرطبة و بالتالي تسهيل عملية الالتصاق.

2- إضافة مادة كيميائية R-NCL : و ذلك لتساهم في تعديل الحموضة في الحصى و بالتالي تسهيل عملية الالتصاق.

لقد أظهرت تجارب استخدام الأنواع المختلفة للروابط الهيدروكربونية بأن الزيت يعد من احسن أنواعها حيث يقاوم قارعه بشكل جيد التأثير الديناميكية الناتجة عن حركة المركبات ، كما أن لها خواص مرنة بحيث يمكنها أن يتشوه بشكل أفضل ، و لا تهترئ عليها إطارات السيارات .
و من بين أهم التجارب الواجب إجرائها على الزيت الأقل تصنيفه مخبر يامي :

- تجربة المط أو المرونة (الإستطالة) .
- تجربة اللزوجة .
- تجربة الوزن النوعي .
- تجربة درجة الإشتعال أو الإحتراق .
- تجربة الذوبان أو السيولة .
- إضافة إلى التجارب التي خصصت في هذا الفصل و هي كالتالي :
- تجربة الإختراق .
- تجربة الكريتان و الحلقة .
- تجربة التقطير .

التطبيقات الأولى

تجربة الإختراق

1- تمهيد :

إن لدرجة الحرارة تأثيرا مباشرا على خصائص الروابط الهيدروكربونية في الطرق فإستعمالها في البلاد الحارة يختلف عنها في تلك الباردة ، و تجربة الإختراق هنا تبين لنا درجة الإختراق و بالتالي نوع الزفت المستعمل.

2- الهدف :

تعطي هذه التجربة درجة الإختراق التي تبين صلابة و قوام الزفت و المطلوب إستعماله في عملية الرصف.

3- المبدأ :

قياس درجة الإختراق بمعرفة المسافة التي تتحركها إبرة نظامية مختركة عينة من الزفت تحت تأثير ثقل معين في زمن معين و تحت درجة حرارة معينة.

4- الأدوات المستعملة :

أ - وعاء نظامي أسطواني الشكل قطره 55mm و إرتفاعه 35mm لتحضير العينة.

ب- إناء خارجي يستعمل لنقل الوعاء النظامي إلى جهاز الإختراق.

ج - إبرة طولها 50.8mm و قطرها يتراوح ما بين 1.00 و 1.02mm و أحد طرفيها

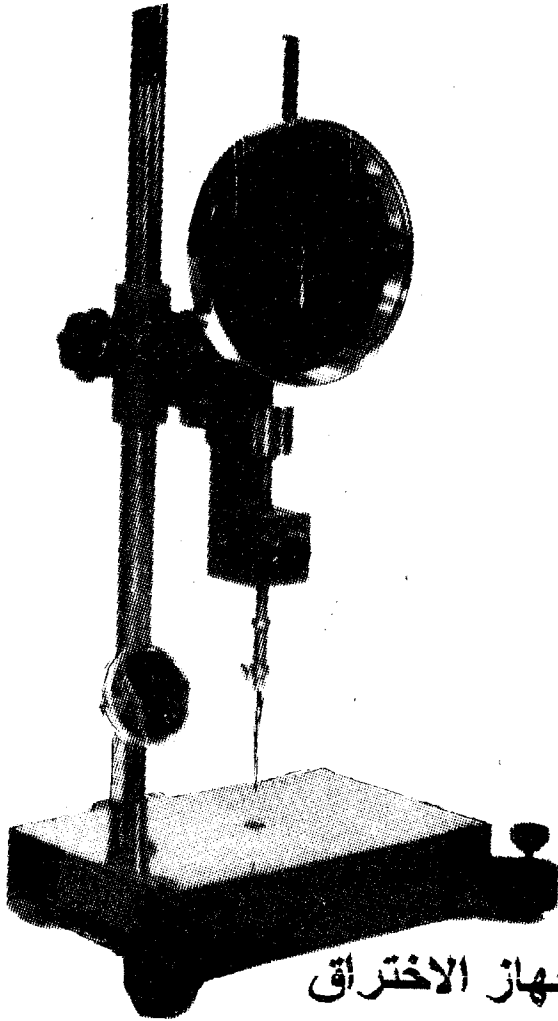
يحدث على شكل قمع إرتفاعه 6.35mm و زاويته بين 8°.40 إلى 9°.40 قطرها الحاد بين

0.14 0.16mm

د - حمام مائي مثبت عند 25°C بتقريب 0.1°C و حجم الماء فيه لا يقل عن 10L حيث يسمح

بغطس العينة على عمق لا يقل عن 10cm و ترفع العينة داخل الحمام بواسطة صفيحة مثقبة

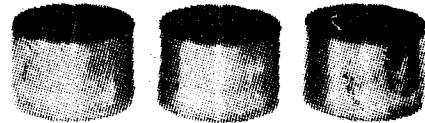
على إرتفاع 5cm



جهاز الاحتراق



إبرة الاحتراق



قوالب العينة

5- طريقة العمل :

(أ) - تحضير العينة : نذيب العينة بأقل درجة حرارة ممكنة ثم نحركها جيداً للحصول على خليط متجانس و كذا طرد فقاعات الهواء ثم نصب هذه العينة داخل الوعاء النظامي بارتفاع 30mm نبرد العينة في درجة حرارة لا تقل عن 18°C لمدة ساعة مع حفظها من الغبار و هذا شرط يجب احترامه.

(ب) - طريقة العمل : نضع الوعاء النظامي داخل الإناء الخارجي بحيث تكون العينة مغمورة بالسائل و يوضع الكل على جهاز الإختراق.

نضبط الإبرة المحماة بـ 100g بشكل ملائم لسطح العينة بالإستعانة بمنبع ضوئي بحيث تكون الإبرة في وضعية الصفر داخل الإطار المدرج ، تحرر الإبرة لمدة 5 ثواني ثم نقرأ على جهاز الإختراق هذا الإختراق.

ملاحظة : نعيد التجربة ثلاث مرات على الأقل على نقاط متباعدة فيما بينها و من حافة الوعاء بـ 1cm في كل تجربة يوضع الوعاء و الإناء الخارجي داخل الحمام و يجب تنظيف الإبرة في كل مرة بمنشفة نظيفة و جافة لإزالة الزفت الملتصق بها.

6- النتائج :

الإختراق هو معدل ثلاث تجارب على الأقل و لا يجب أن يتجاوز الفارق بين مختلف الإختراقات المنجزة على العينة السامية المحتوية التالية :

$$\frac{\text{الإختراق}}{100} + 1 = \text{السماحية}$$

التجارب المنجزة بهذه الطريقة يجب أن تعدل في المخبر عند الحدود (الأكبر و الأصغر)

$$\frac{\text{الإختراق}}{50} + 2 = \text{الحد}$$

ملاحظة : شروط التجربة للإختراق بالنسبة للزفت الطبيعي أو المكرر تكون كالتالي :

الحمولة	الوقت	درجة الحرارة
200g	50	0c°
100g	5	25c°
50g	5	45c°

التطبيق الثاني

تجربة التقطير

1- تمهيد :

يتكون الرابط الهيدروكربوني من زيوت مختلفة يمكن فصلها عن بعضها البعض بدرجات حرارة مختلفة تتناسب مع كثافة كل زيت.

2- الهدف :

هو فصل مختلف الزيوت التي تكون الرابط الهيدروكربوني و معرفة نسبها.

3- المبدأ :

تقطير عينة من رابط هيدروكربوني " الزفت " داخل كرة زجاجية سرعة مراقبة ، نقيس الحجم المحصل عليها عند درجات مختلفة.

4- الأجهزة المستعملة :

- كرة زجاجية سعتها 500cm^3 (الشكل).
- مبرد الماء نظامي طوله 250mm .
- مكيف زجاجي ملائم بوضع لزاوية 105° مع الشاقول.
- حاجب واقى لحفظ الكرة من المؤثرات الخارجية مع نافذة شفافة زجاجية لمراقبة العينة (الشكل).
- أنابيب اختبار أسطوانية الشكل مدرجة لا يقل طولها عن 24.8cm و لا يتجاوز 26cm مدرجة باسم إلى 100cm^3 ، طول الجزء المدرج ما بين 17.78 و 20.39cm و الخطأ لا يتجاوز 1cm^3 .
- إناء لوضع المتبقى بعد التقطير.
- مقياس درجة الحرارة من 0 — 400°C .
- فرن.
- حامل.

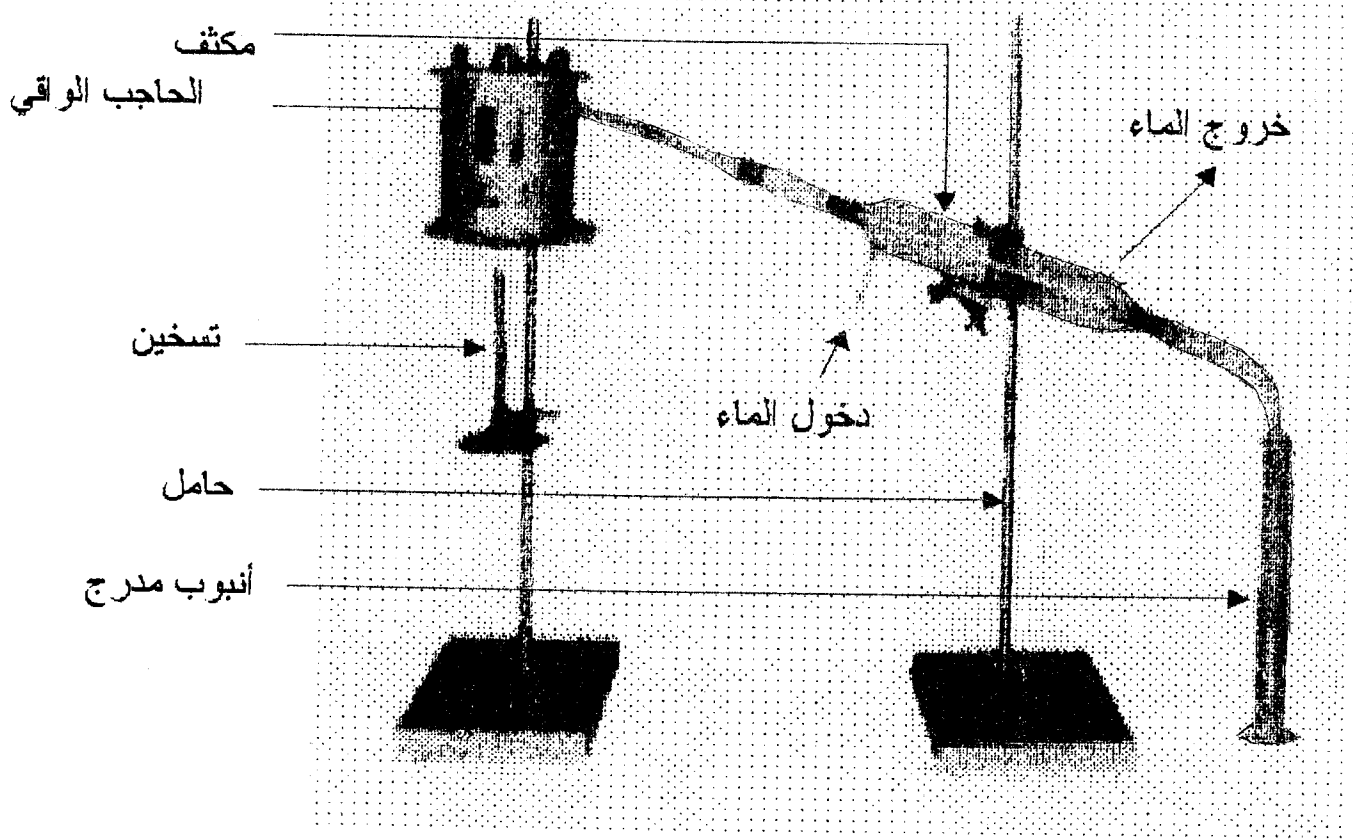
5- طريقة العمل :

ندخل مقياس الحرارة داخل الكرة الزجاجية عبر السدادة الموضوعة في عنقها بحيث رأس المقياس يكون شاقولي على بعد 6.5mm من قاع الكرة.
نثبت المكيف عند طرف المبرد بشكل يمكنه من أن يسوق المادة المقطرة إلى الوعاء ، يجب تغطية الجزء العلوي بورق منشف بشكل سمح للمكيف مع حافة الإناء حيث المسافة بين عنق الكرة و نهاية المكيف لا تتجاوز 600mm.
ندخل المكيف داخل الوعاء الأسطواني على عمق لا يقل عن 2.54cm دون أن يتجاوز الإشارة 100cm^3 .

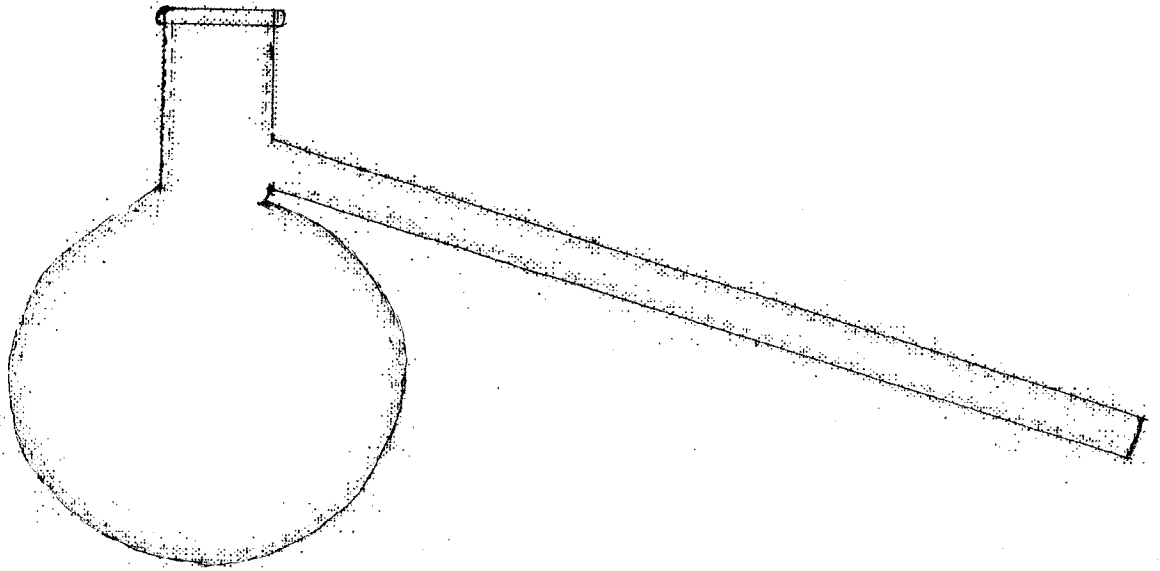
ملاحظة : إذا لم تتوفر درجة الحرارة ما بين 12.8°C — 18°C في المخبر يجب غطس الوعاء في حمام شفاف مثبت بين درجتى الحرارة المذكورتين حتى الإشارة 100cm^3

6- مراحل التجربة :

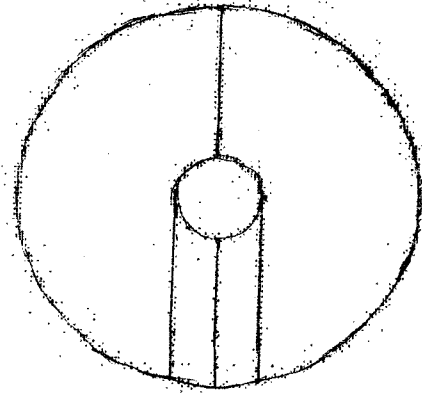
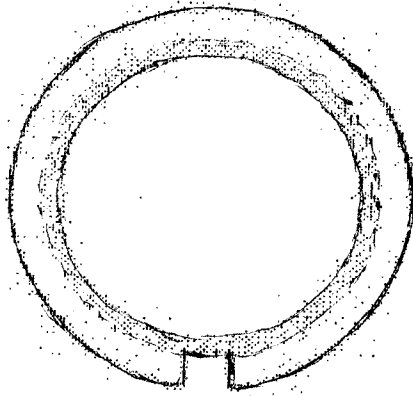
- نضع العينة داخل الكرة الزجاجية.
 - نبدأ التسخين بشكل يسمح بنزول أول قطرة في زمن ما بين 5 — 15 دقيقة.
 - نواصل عملية التقطير حسب السرعات التالية :
 - من 50 إلى 70 قطرة في الدقيقة عند 260°C .
 - من 20 إلى 70 قطرة في الدقيقة ما بين 260°C — 315°C .
- ملاحظة :** 10 دقائق على الأكثر لإنهاء عملية التقطير حتى لا تتجاوز درجة الحرارة 360°C بعد وقف التسخين.
- عندما تصل درجة الحرارة 360°C نطفئ النار و نفرغ مباشرة المتبقى من التقطير في علبة حديدية و ذلك في الخمس ثواني الموالية.



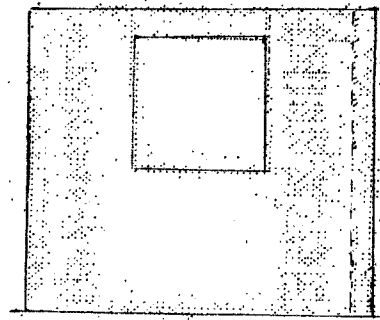
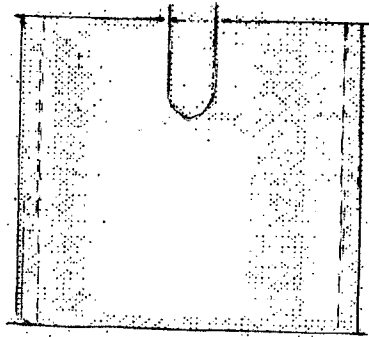
جهاز التقطير



الكرة الزجاجية



الغطاء الواقي



الحاجب الواقي

7- النتائج :

الحجوم المحصل عليها بعد عملية التقطير تعطي حسب المجالات التالية :

- أكبر من 250c° زيت خفيف ذو حجم V_L
- أكبر من 260c° زيت متوسط ذو حجم V_M
- أكبر من 260c° زيت ثقيل ذو حجم V_R
- حتى درجة حرارة 360c° حجم المتبقى V_b و هو الفرق بين الحجم الكلي للعينه و الحجوم المحصل عليها بعد عملية التقطير .
- تعطي الحجوم بالنسبة المئوية حسب العلاقة التالية :

$$V (\%) = 100 \times \frac{V_c}{V_T} \text{ ، حيث } V_c : \text{ الحجم الزيت المقطر حسب المجال .}$$

نوع الزيت	%
V1 الزيت الخفيف	
V2 الزيت المتوسط	
V3 الزيت الثقيل	
إستنتاج نسبة المتبقى	

التطبيق الثالث

تجربة الكريتان و الحلقنين

1- تمهيد :

إن ليونة أوسهولة المادة الزفتية لا تحدث عند زمن معين او درجة حرارة معينة ، إذا انه بارتفاع درجة الحرارة تتحول المدة تدريجيا من الحالة الصلبة الى الحالة اللينة ، وبهذا فغن تعيين درجة الليونة يجب ان تكون بطريقة ثابتة حتى يمكن مقاومة نتائج التجارب التي نحصل عليها .

2 - الهدف :

قياس درجة الحرارة التي يكتسب عندها الزفت لزوجة معينة أي عند اللحظة التي يرتخي فيها الزفت

3 - المبدأ :

هو هبوط كرية من الفولاذ ذات وزن محدد موضوعة فوق عينة من الزفت محتواه داخل حلقة حديدية ذات ابعاد محددة وعلى مسافة محددة ، بعد تسخين المجموعة بسرعة ثابتة ، وتسمى درجة الحرارة التي يصبح فيها الزفت رخوا إلى درجة تسمح للكرية المغلقة بالزفت بالهبوط إلى مستوى معين بنقطة ارتخاء .

4 - الأجهزة المستعملة :

- وعاء زجاجي مقاوم للحرارة لا يقاوم قطره عن 8.5 cm وإرتفاعه 10.5 cm (الشكل)
- مقياس درجة الحرارة من الزئبق من 2 إلى 80° طوله 378mm وقطره من 6 إلى 7mm
- وهناك مقياس حرارة اكبر من 80° لبعض الروابط التي نقطة إرتخائها كبيرة .
- حلقتان قطر كل منهما الداخلي 15.9 mm وإرتفاعها 6.3 mm وسمكها 2.4 mm بسماحية 0.25 mm
- كريتان من الفولاذ قطر كل واحد 9.5 mm و وزنها يتراوح بين 3.45 و 3.55 g
- حامل للعيطة .
- مثبت للكريتين .

5 طريقة العمل :

(أ) - تحضير العينة : نسخن كمية من الزفت تحت درجة تتراوح ما بين 75 إلى 100 °C حيث تكون أقل من نقطة الإرتخاء المقترحة ، و ذلك لنزع الماء و فقعات الهواء و كذا نجاس العينة - إذا كان من الضروري تصفية العينة من الشوائب يجب تمريرها في غربال قطر فتحاته 0.3mm .

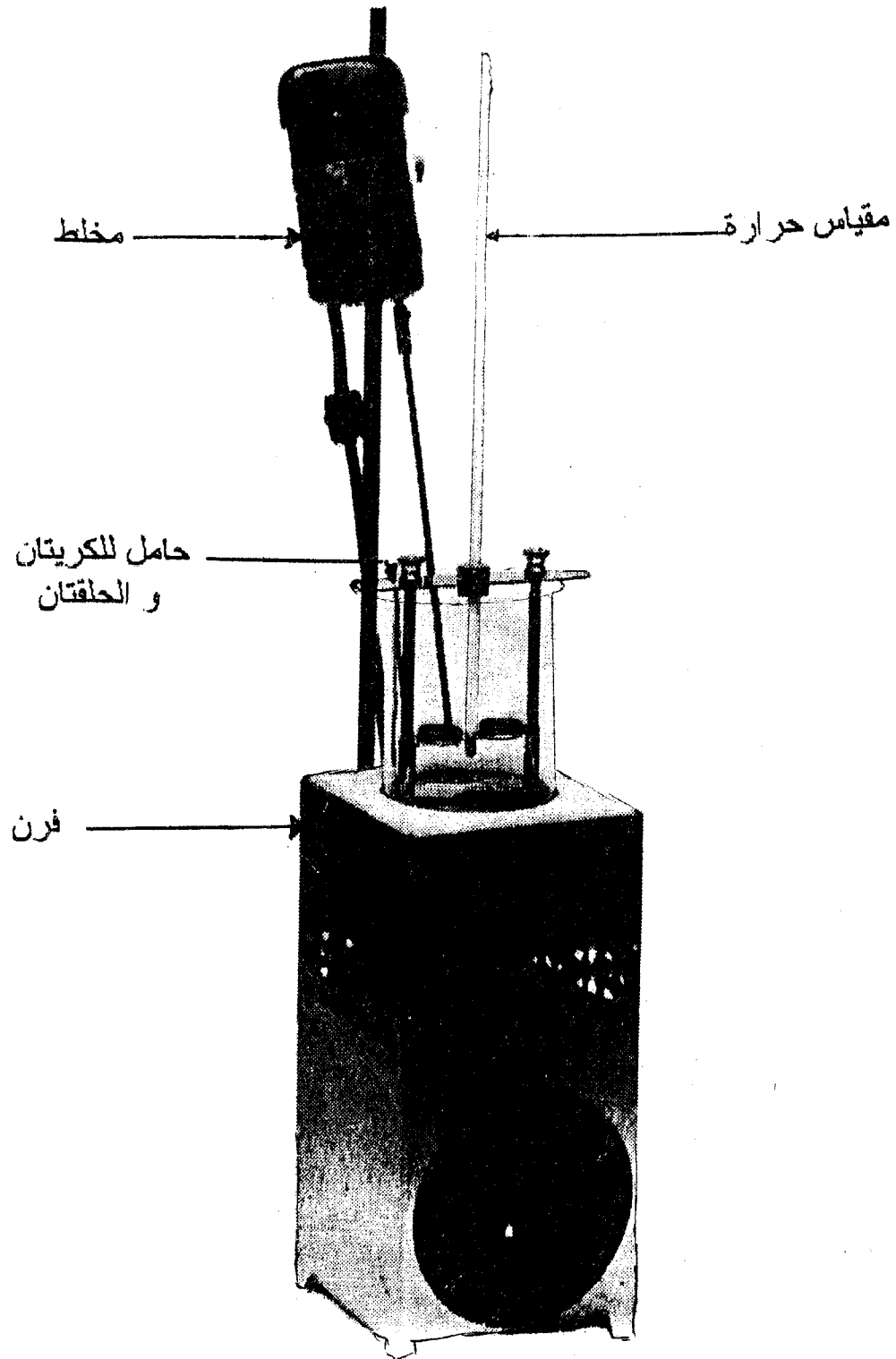
(ب) - تركيب الأجهزة : نضع الزجاجية داخل الحاجب الواقي لحفظها من تأثير العوامل الخارجية ، على حامل ثلاثي الأرجل .

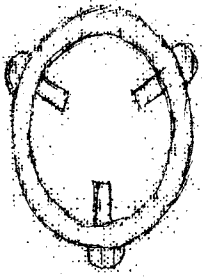
6 - مراحل التجربة :

تخصص هذه التجربة للمواد الزفتية التي نقطة إرتخائها أقل أو تساوي 80°C .
- نملأ الوعاء الزجاجي بالماء المقطر بحجم 500ml أي بإرتفاع 8.25cm درجة حرارته 5°C نضع الحلقنتين على الحامل بحيث تبعدان عن القاعدة السفلية بـ 2.5cm و عن القاعدة العلوية بـ 5cm مركزي بواسطة ملقط ثم يسخن الوعاء بسرعة 5°C كل دقيقة ، نقرأ على الترمومتر درجة الحرارة المسجلة لحظة تلامس الكرتين المختلفتين بالزفت مع قاع الوعاء و تعتبر درجة الحرارة هذه نقطة الإرتخاء لهذا الزفت .

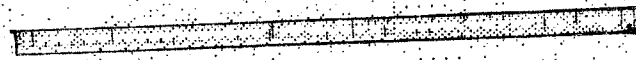
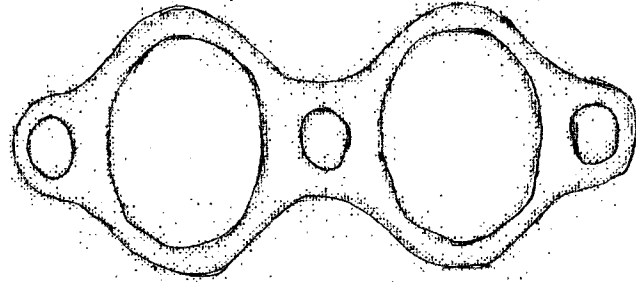
- ملاحظات :

- إذا كان الفارق بين التجريبتين أكبر من 1°C يجب إعادة التجربة .
- يجب مراعاة سرعة التسخين و لا يسمح أي تغيير فيها أكبر من 0.5°C .
- نقطة الإرتخاء هي معدل ثلاث تجارب .
- ورق مصفأة موضوع في قاع الوعاء يسمح بتنظيف سهل و سريع .
- بالنسبة للروابط الزفتية التي نقطة إرتخائها أكبر من 80°C تقوم بنفس التجربة إلا أن عوض الماء المقطر نستعمل الغليسرين و درجة الحرارة الابتدائية هي 23°C و مقياس الحرارة المستعمل مدرج من 30 إلى 160°C .

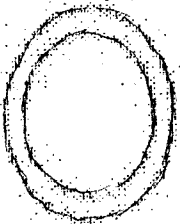
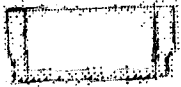




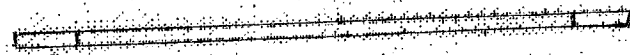
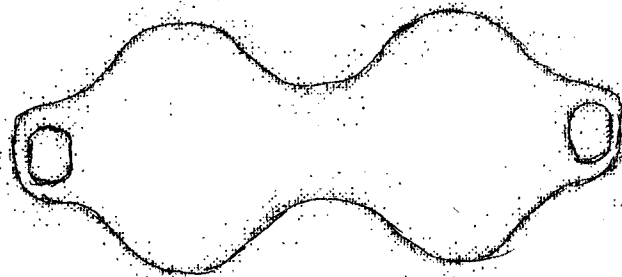
مثبت الكريتين



حامل الكريتان و الحلقتان



شكل الحلقة



سطح القاعدة

يقترح جدول لتنظيم النتائج :

الحجوم (%)	الحجوم (cm3)	المكونات
$V_L (\%) = \frac{V_L \cdot 100}{V_T}$	V_L	زيت ثقيل
$V_m (\%) = \frac{V_m \cdot 100}{V_T}$	V_m	زيت متوسط
$V_B (\%) = \frac{V_B \cdot 100}{V_R}$	V_B	زيت ثقيل

حيث :

Volume Huile léger : V_L

Volume Huile Moyen : V_M

Volume Huile Loyrd : V_R

Volume Huile Brais : V_B

7. التحليل :

إستنباط إلى النتائج المدونة في الجدول الموالي يمكن تصنيف الزفت حسب النتائج المحصل

عليها

تصنيف زفت الطرقات :

النوعية	220 /180	220/100	100 /80	70/60	50/40	30/20
نقطة الارتخاء	43 - 34	48 - 39	51 - 41	56 - 43	60 - 47	65 - 52
تجربة الاختراق	220 - 180	120 - 100	100 - 80	70 - 60	50 - 40	30 - 20

تصنيف الزفت السائل شائع الاستعمال :

النوعية	01	15 -10	250 - 150	600 - 400	1400 - 800
تجربة الاختراق	250 - 80	250 - 80	200 - 80	200 - 80	200 - 80
النوعية	600 - 400	1200 - 800	1600-1200	2400-1600	
التقطير في :					
190	5 >	3 >	2 >		
225	10 >	10 >	10 >		
315	25 >	25 >	25 >		
360	30 >	25 >	25 >		

الفصل الثالث

المواد المغلفة

1 - مقدمة :

المواد المغلفة هي خليط من المواد الحصوية والرابط الهيدرو كربوني ينجز في محطات خاصة عوض ورشات العمل و ذلك قصد الحصول على نوعية احسن من حيث التركيز و ، التجانس و يمكن استخدامها اما بالتسخين او باستعمال المواد المدنية ، وتسر المواد المغلفة اثناء انجازها بعدة مراحل هي :

- تركيز المواد الحصوية داخل اسطوانة حيث نقوم بتسخينها وتجفيفها عادة بعد درجة حرارة 130°C .
- نزع الغبار .
- تسخين الرابط داخل اسطوانة حتي درجة حرارة 180°C .
- صب الرابط في الاسطوانة على المواد الحصوية المسخنة .
- خلط المادتين (الحصى + الرابط) بمخلوط خاص للحصول على المواد المغلفة .

2- الخصائص المطلوبة :

- مقاومة القوى الخارجية والاحتكاك .
- المرونة .
- الكتامة .
- لا تتأثر بالماء .

3- انواع المواد المغلفة :

نميز نوعين من المواد المغلفة وذلك حسب نسبة الفراغات الموجودة بها :

- ا - المواد المغلفة المفتوحة : تكون بها نسبة الفراغات اكبر من 12 % .
 - ب - المواد المغلفة المغلقة (الكثيفة) : تكون بها نسبة الفراغات اقل من 12 % .
- ومن اهم التجارب التي تجري على المواد المغلفة :

- تجربة درياز DURIEZ .
- تجربة الضغط البسيط .
- تجربة مارشال MARSHALL .

الفصل
الثالث



المواد المغلقة

تجربة مارشال

1 - تمهيد :

تستعمل المواد المغلفة عادة لتعديل مقاطع الطريق مثل رفع المنعارجات او اعمال جزئية على الطريق اثناء الصيانة ، وتعد من الاغطية الجيدة للطرق نظرا لمتانتها وخدمتها الطويلة ولصفاتها الاستثمارية الجيدة كالا ستواء وتوفير الراحة حيث لا تزيد سماكة الا هتراء فيها من 1 إلى 1.5 mm حتى عندما تكون الحركة ثقيلة و كثيفة .

2- الهدف :

معرفة مدى مقاومة عينة من المواد المغلفة لقوى الضغط مثلما تكون في الميدان معرضة للحمولات المركبات .

3- المبدأ :

تعتمد التجربة على تحطيم عينة اسطوانية الشكل من المواد المغلفة ذات ابعاد محددة تحت درجة حرارة معينة بين فكين يضغطان بشكل متقابل على المساحة الجانبية للعينة بسرعة ثابتة و محددة .

4 - الادوات المستعملة :

- جهاز الضغط (الشكل) .
- فكان (الشكل) .
- عينة من المواد المغلفة .
- قالب فولاذي .
- اداة رص .
- فرن .
- حمام مائي درجة حرارية $60^{\circ}C$.

5- طريقة العمل :

(أ) - تحضير العينة :

- يسخن القالب واداة الرص بدرجة ما بين 95 و 150 c° .
- تحضر العينة داخل القالب ، نرص باداة الرص على وجهي العينة ، عدد الضربات يكون حسب الطريقة المختارة
- (35، 50، 75 ضربة) بقطر 10 cm و طول 6.3 .
- تترك العينة لتبرد في درجة الحرارة العادية .
- توضع العينة قبل التجربة داخل الحمام مدة 20 إلى 30 min .
- ملاحظة : تحضر على الاقل اثماني عينات بتركيز مختلفة للرباط .

(ب) - طريقة العمل :

- توضع العينة بين الكفين داخل جهاز الضغط .
- تضبط سرعة الجهاز ب 50.8mm/ min .
- تشغيل الجهاز حيث يضغط الفك بشكل متقابل على المساحة الجانبية للعينة .
- تسجل النتائج لحظة انقطاع العينة ، نوقف الجهاز .

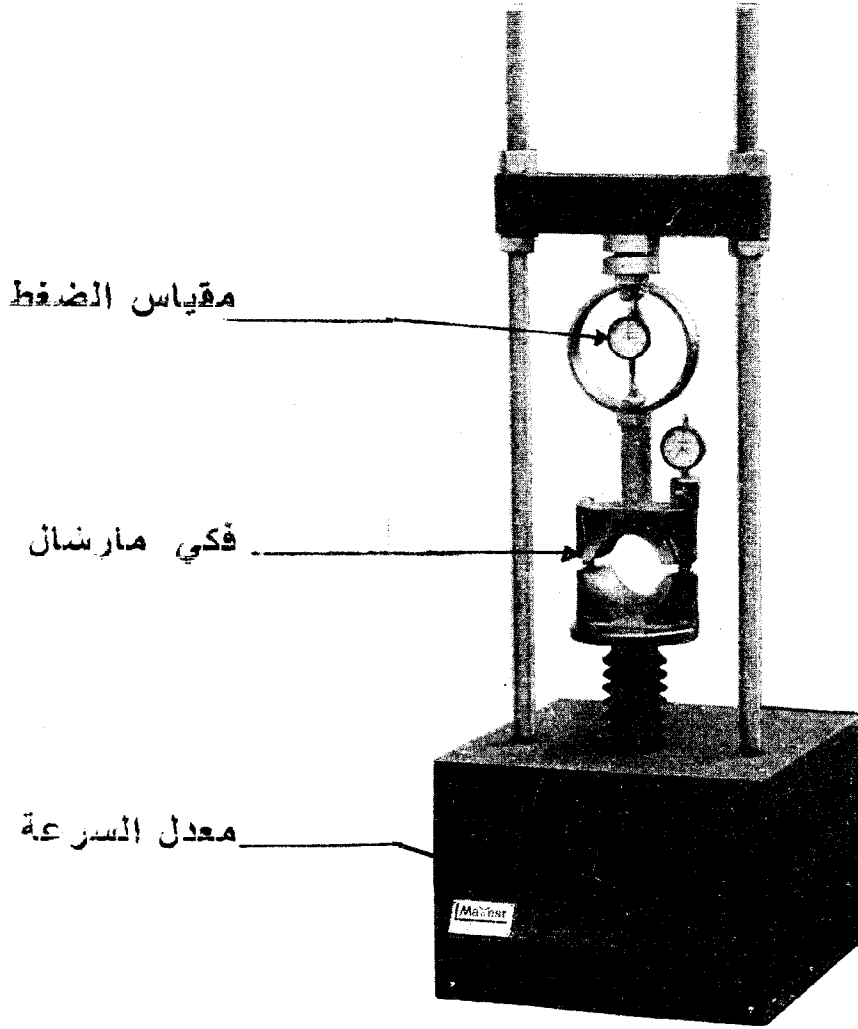
6 - النتائج :

نسجل الضغط المطبق الاقصى على آلة الضغط والتشوه القطري للعينة لحظة

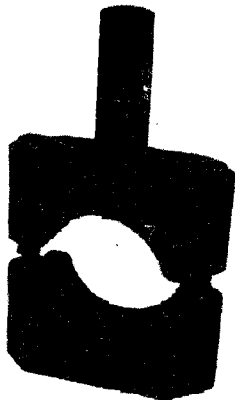
الانقطاع .

ملاحظة :

- من الصعب الحصول على الارتفاع المطلوب بعد عملية الرص لذا يجب تعديل الاستقرار باستعمال جداول خاصة .
- قد تكون نتائج التجارب متباعدة لذا فاستقرار هو معدل ثماني نتائج .



جهاز مارشال



فكي مارشال