Mansoura University
Faculty of Engineering
Center of Tech., Exp.,&Sci. Center Services
Highway and Airport Engineering Laboratory
(H&AE LAB)

جامعـة المنصـورة
كليـــة الهندســـــة
مركز الخدمات الفنية والمعملية والعلمية
معمل هندسة الطرق والمطارات

دليل معمل هندسة الطرق والمطارات

ملخص اجراء التجارب

جدول المحتويات

اولا: بيانات اجهزه المعمل المستخدمه في التجارب.

ثانيا: التجارب المعملية للاحجار الصلبه (الركام).

١- التدرج الحبيبي للركام الخشن باستخدام المناخل.

٢- الوزن النوعي ونسبه الامتصاص للركام الخشن.

٣- الوزن النوعي ونسبه الامتصاص للركام الناعم.

٤- اختبار لوس انجلوس.

٥- اختبار المكافئ الرملي للتربه الناعمه.

٦- اختبار مقاومه الركام للتاكل (باستخدام محلول كبريتات الصوديوم او كبريتات الماغنسيوم).

٧- اختبار حدود الاتربرج للمواد الناعمه.

ثالثا: التجارب المعملية للماده الرابطه (البتومين).

١- اختبار الاختراج للبتومين.

٢- اختبار اللزوجه باستخدام مقياس اللزوجه الدوار.

٣- اختبار الكره والحلقه.

رابعا: التجارب المعمليه لطبقات المفككه (الاساس، الاساس المساعد، وطبقه التاسيس).

١- اختبار البروكتور القياسي.

٢- اختبار البروكتور المعدل.

٣- اختبار نسبه تحميل كاليفورنيا.

خامسا: التجارب المعملية للخلطات الاسفلتيه.

١- الوزن النوعي الكلي للقوالب الاسفلتيه.

٢- تحضير قوالب مارشال.

٣- اختبار مارشال للقوالب الاسفلتيه.

سادسا: التجارب الحقلية للطبقات المفككه (الاساس، الاساس المساعد، وطبقه التاسيس).

١- اختبار المخروط الرملي.

٢- اختبار لوح التحميل.

سابعا: التقرير.

التجارب مرفقه بنموذج لتسجيل نتائج الاختبار

بيانات اجهزه المعمل

ID	Equipment	Producing Company	Model	Serial No.
1	Centrifuge Extractor	-	-	-
2	Los Angeles Test	Control	D-500	86040671
3	Proctor Mechanical Hammer	Soil Test	CN-4235-8	8952
4	California Bearing Ratio	Soil Test	CI-4724	1088 Or 1988
5	Saybolt_Furol Viscometer	Control	81-80121	08008574
6	Marshall	Control	B29-B31	-
7	Marshall	ELE	27-1559	35187
8	California Bearing Ratio	Control	76-Q08021c	09004366
9	Cutter	Tnakita	-	87-0000170
10	Mechanical Shaker	Control	D403	88040625
11	Marshall Mechanical Hammer	Control	B42	90040874
12	Rotational Viscometer	ELE	RVDV-IIIU	8496631
13	Penetration	Control	B101/A	88010124

تجربه رقم -١-

التحليل المنخلي للركام

Sieve Analysis of Aggregates

ASTM C136

■ الغرض

لتحديد مقاس حبيبات الركام الناعم والخشن بواسطه النخل الجاف.

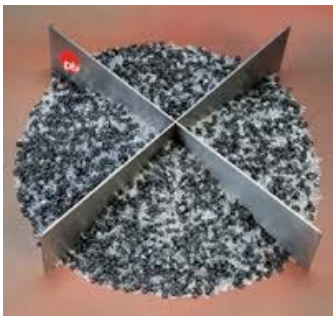
■ الاهمية والاستخدام

- يستخدم هذا الاختبار لتحديد تدرج المواد المستخدمة مثل الركام. للتأكد ان مقاس الركام مطابق للمتطلبات.

■ الاجهزة

- ميزان. لا تقل دقته عن ٠,٥ جم للركام الخشن، ٠,١ جم للركام الناعم.
- مناخل.
- هزاز ميكانيكي شكل (١-١).
- فرن. قادر للحفاظ علي درجه الحرارة منتظمة (5 ± 110) درجه مئوية.
- مقسم العينة (Sample Splitter) لتقليل كميه المواد للحجم المطلوب لتحليل المنخلي شكل (١-٢).

صوره (١-١) الهزاز المكانيكي



صوره (١-٢) طريقه تقسيم العينات

■ تجهيز العينة

خلط العينة جيدا وتقليلها للكمية المناسبة للاختبار، باستخدام مقسم العينة (Sample Splitter) او تقسيم الاربع (quartering). اقل وزن للعينه كما يلي .....،

	اقل وزن (كجم)
الركام الناعم (علي الاقل ٩٥% مار من المنخل ٢,٣٦ مم (# ٨))	٠,١
الركام الناعم (علي الاقل ٨٥% مر من المنخل ٤,٧٥ مم (# ٤))	٠,٥
الركام الخشن (المقاس الاعتباري الاكبر ٩,٥ مم (# $\frac{٣}{٨}$ بوصه))	١
الركام الخشن (المقاس الاعتباري الاكبر ١٢,٥ مم (# $\frac{١}{٢}$ بوصه))	٢
الركام الخشن (المقاس الاعتباري الاكبر ١٩ مم (# $\frac{٣}{٤}$ بوصه))	٥
الركام الخشن (المقاس الاعتباري الاكبر ٢٥ مم (# ١ بوصه))	١٠
الركام الخشن (المقاس الاعتباري الاكبر ٣٧,٥ مم (# $١\frac{١}{٢}$))	١٥

■ **خطوات الاختبار**

١. تجفيف عينة الركام حتي يثبت وزنها عند درجه حراره (110 ± 5) درجه مئوية، ثم تبرد لدرجه حراره الغرفة.
٢. تجهيز المناخل لإجراء الاختبار التي تتراوح مقاستها بالميليمتر ٣٧,٥، ٢٥، ١٩، ١٢,٥، ٩,٥، ٤,٧٥، ٢,٣٦، ١,١٨، ٠,٦، ٠,٣، ٠,١٥، و٠,٠٧٥ مـــم ($\frac{3}{8}$بوصه، $\frac{1}{2}$بوصه، $\frac{3}{4}$بوصه، ١بوصه، $\frac{1}{2}$بوصه، ١ # ٤، # ٨، # ١٦، # ٣٠، # ٥٠ # ١٠٠ و # ٢٠٠).

صوره (١-٣) وزن العينة المحجوزة علي المناخل

٣. ترتيب المناخل تنازليا (حسب مقاس المنخل)، ووضع عينة الركام علي المنخل.
٤. هز المناخل يدويا او ميكانيكيا لفتره مناسبه (حتي يقل مرور حبيبات الركام عن ١% من العينة المحجوزة علي المنخل خلال ١ دقيقة).
٥. حساب وزن المحجوز علي كل منخل شكل (١-٣).
٦. يتم حساب مجموع اوزان المواد المحجوزة علي المناخل بعد النخل ومقارنتها بوزن العينة قبل الاختبار إذا كان الاختلاف اكبر من ٠,٣% من وزن العينة الاصلي لا يعد بنتائج التجربة.

$$\% \, Losses = \frac{W_{before} - W_{after}}{W_{before}} x100 \leq 0.3\%$$

حيث :

Losses% : نسبه الفاقد في العينة اثناء الاختبار.
W_{before} : وزن العينة الجاف قبل الاختبار.
W_{after} : وزن العينة بعد الاختبار.

٧. حساب نسبة المحجوز (%) علي كل منخل بللنسبة لوزن

$$\% = \frac{\text{وزن المحجوز}}{\text{وزن العينة}} x100$$

■ **النتائج :**

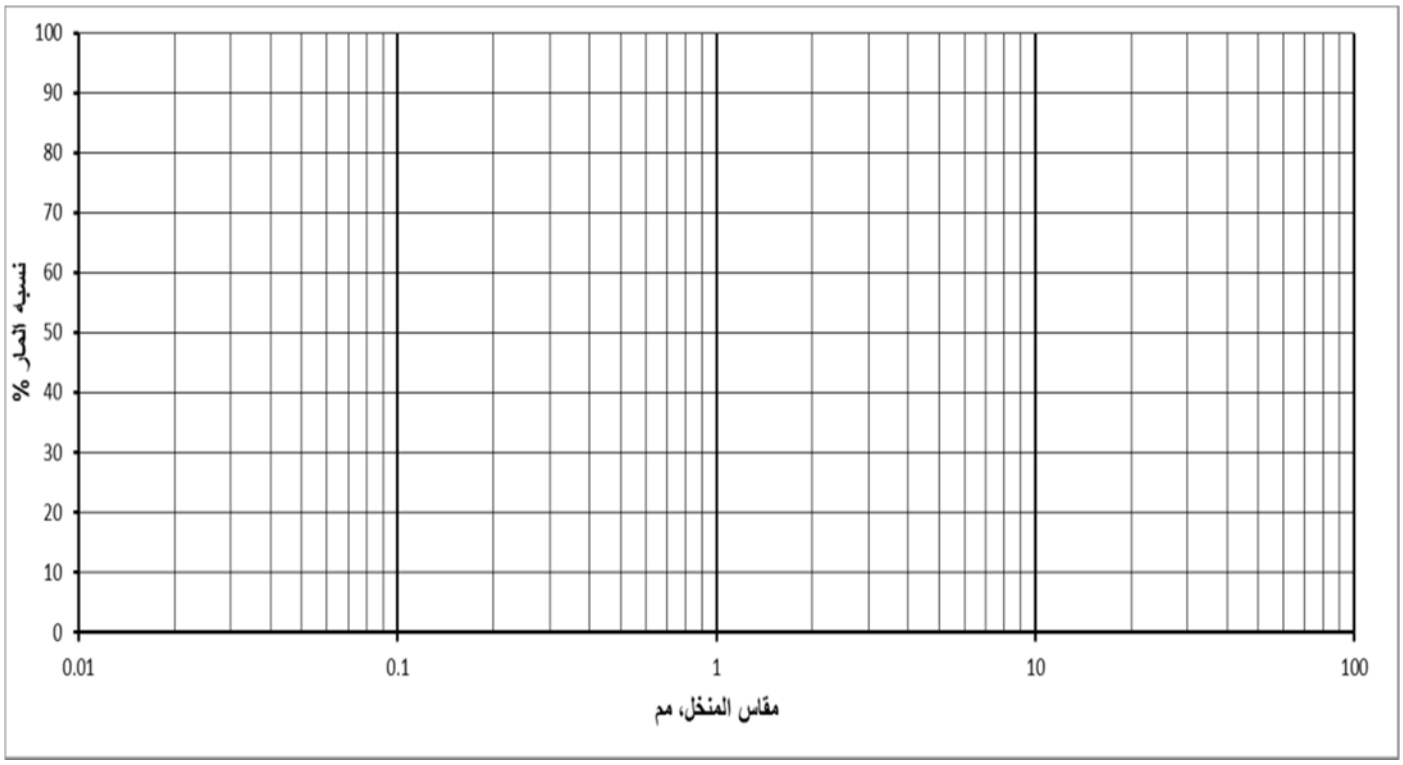
١. حساب نسبة المار، نسبه المحجوز الكلي او نسبه المقاسات المختلفة لأقرب ٠,١ % بالنسبة لوزن العينة الاصلي.
٢. رسم العلاقة بين مقاس المنخل ونسبه المار علي منحني (Semi-log scale).
٣. رسم العلاقة بين مقاس المنخل ونسبه المار علي منحني (0.45 Power gradation).
٤. حساب معامل النعومة.

■ **التقرير**

١. نسبه المواد المحجوزة علي المناخل، النسبة التجميعية للمحجوز علي كل منخل او نسبه المار من كل منخل. يتم تقريب نسب المواد لأقرب رقم صحيح، الا اذا كان نسبه المار من المنخل ٠,٠٧٥ مم (رقم ٢٠٠) اقل من ١٠% يتم التقريب النسب لأقرب ٠,١ %.
٢. رسم العلاقة بين مقاس المنخل ونسبة المار علي منحني (Semi-log) و (0.45 power gradation).
٣. حساب معامل النعومة لأقرب ٠,٠١.

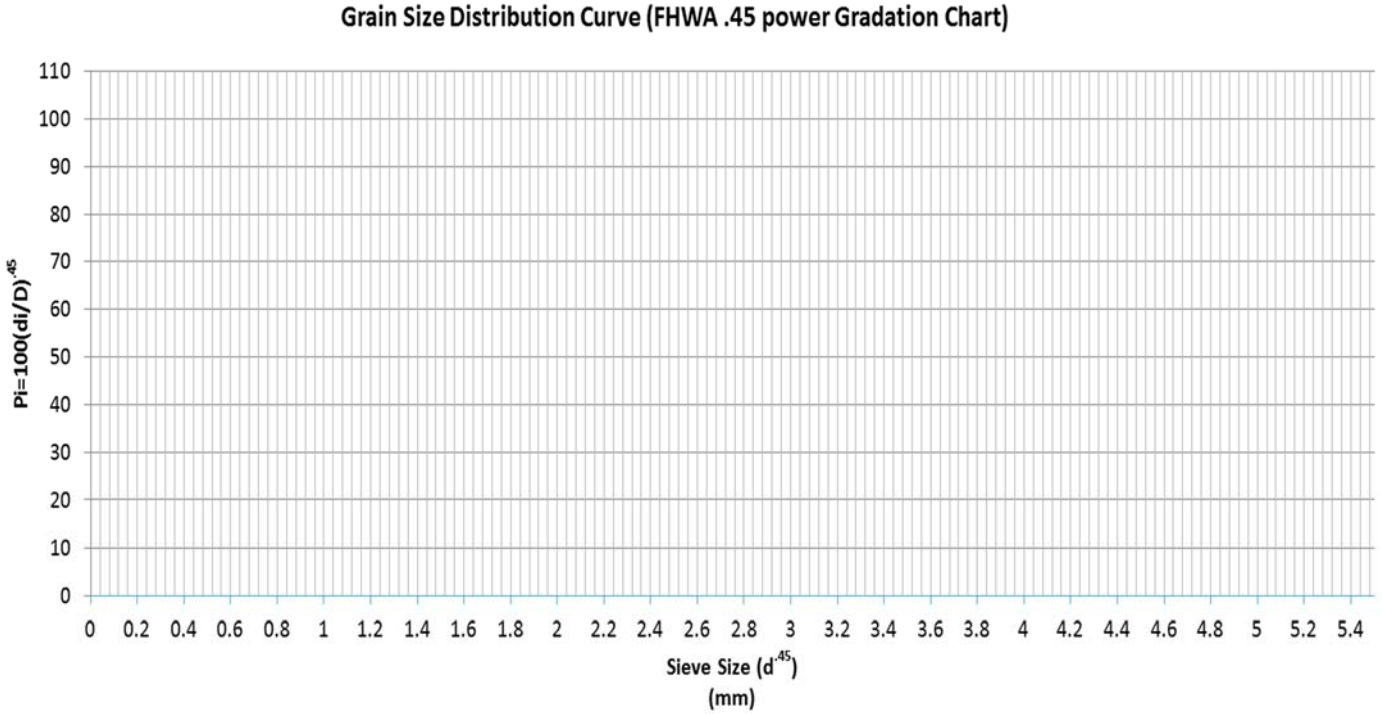
Sieve Analysis Test

رقم المنخل	قطر المنخل	وزن المحجوز	نسبة المحجوز	نسبة المحجوز الكلي	نسبة المار الكلي
$1/2$ بوصه١	٣٧,٥				
بوصه١	٢٥				
$3/4$ بوصه	١٩				
$1/2$ بوصه	١٢,٥				
$3/8$ بوصه	٩,٥				
٤ #	٤,٧٥				
٨ #	٢,٣٦				
١٦ #	١,١٨				
٣٠ #	٠,٦				
٥٠ #	٠,٣				
١٠٠ #	٠,١٥				
٢٠٠ #	٠,٠٧٥				
المجموع					



صوره (١-٤) Semi-log gradation chart

رقم المنخل	قطر المنخل	وزن المحجوز (جم)	نسبة المحجوز %	نسبة المحجوز الكلي %	نسبة المار الكلي %	المقاس الاعتباري الاكبر (مم)	$D^{0.45}$	$P_i = 100(d_i/D)^{0.45}$
بوصه ١٫٢١	37,5						5.10874	
بوصه ١	25						4.2567	
بوصه ٣٫٤	19						3.76218	
بوصه ١٫٢	12,5						3.11609	
بوصه ٣٫٨	9,5						2.75407	
# 4	4,75						2.0161	
# 8	2,36						1.47167	
# 16	1,18						1.07733	
# 30	0,6						0.79464	
# 50	0,3						0.58171	
# 100	٠,١٥						0.42583	
# 200	٠,٠٧٥						0.31173	
المجموع								



شكل (١-٥) 0.45 power gradation Chart

تجربة رقم -٢-

الوزن النوعي والامتصاص للركام الخشن

Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate

ASTM C127

■ الغرض :

لحساب الوزن النوعي الكلي (Bulk Specific Gravity) للركام الخشن، ونسبه امتصاصه للمياه (Water Absorption) والتي تتمثل في الكثافة النوعية، والوزن النوعي الظاهري (Apparent Specific Gravity)و الوزن النوعي (مشبعة جافه السطح) (S.S.D. Specific Gravity).

■ الأهمية والاستخدام :

- يستخدم الوزن النوعي في تحديد الحجم المشغول بواسطه الركام في الخلطات المختلفة التي تتكون من الركام، تشمل الخرسانة الاسمنتية، الخرسانة الاسفلتيه واي مخلوط يتم تحليله علي اساس الحجم المطلق.
- الكثافة النوعية (مشبعة والسطح جاف) تستخدم اذا كانت العينة رطبه.
- ونسبه الامتصاص تستخدم لحساب التغير في وزن الركام نتيجة امتصاص المياه في الفراغات المسامية في الجزيئات المكونة مقارنة بالحالة الجافه.

شكل (٢-١) الميزان و السلة وخزان المياه المستخدم في حساب الكثافة النوعية ونسبة الامتصاص الاعتبـــــاري

■ الاجهزة المستخدمة :

- ميزان دقته ٠,٠٥ % من وزن العينة او ٠,٥ جم ايهما اكبر.
- سله(٣,٣٥ مم (# ٦)).
- خزان مياه.
- منخل (٤,٧٥ مم) رقم ٤ او اي مقاس مطلوب.

■ تجهيز العينة :

١. خلط العينة جيدا وتقليلها الي الكمية المطلوبة تقريبا باستخدام مقسم العينة (Sample Splitter) او طريقة الاربع (Quartering).
٢. رفض المواد المارة من المنخل ٤,٧٥ مم (رقم ٤) وغسل العينة جيدا لإزاله الغبار والمواد العالقة علي سطح الركام.
٣. اقل وزن لعينة الاختبار المستخدمة تعتمد علي المقاس الاكبر (NAMS) كما يلي....،

المقاس الاعتباري الاكبر، مم	اقل وزن للعينة، كجم
١٢,٥	٢
١٩,٠	٣
٢٥,٠	٤
٣٧,٥	٥

■ خطوات الاختبار

- غمر الركام في المياه عند درجه حرار الغرفة لمده (4 ± 24) ساعه.
- إزاله العينة من المياه، وفردها علي قطعه من القماش المبتلة حتي يجف سطحها (مشبعة جافه السطح). مسح الحبيبات الكبيرة.
- وزن العينة (مشبعة جفة السطح) وليكن (B). يتم تقريب وزن العينة لأقرب ٠,٥ جم او ٠,٠٥% ايهما اكبر.
- وضع العينة في السلة لحساب وزن العينة في المياه عند درجه حرارة 17 ± 23 درجة مئوية، وليكن (C). يتم هز الوعاء بع غمره في المياه لإزاله الفقاقيع الهوائية قبل تسجيل وزن العينة.

- تجفيف العينة حتي يثبت وزنها عند درجه حراره 5 $\pm$ 110 درجة مئوية، ووزنها وليكن (A).

■ **التحليل والنتائج :**

١. الكثافة النوعية = $\frac{A}{C-B}$

حيث :

A: وزن العينة الجافة في الهواء، جم.

B: وزن العينة مشبعة بالمياه جافة السطح، جم.

C: وزن العينة المشبعة في المياه، جم.

٢. الوزن النوعي (مشبعة جافة السطح) = $\frac{B}{C-B}$

٣. الوزن النوعي الظاهرية = $\frac{A}{C-A}$

٤. نسبه الامتصاص % = $\frac{A-B}{A} \times 100$.

■ **التقرير**

- الكثافة النوعية.
- الكثافة النوعية (مشبعة جافه السطح).
- الكثافة النوعية الظاهرية.
- نسبه الامتصاص.

Specific Gravity Test of Coarse Aggregate

Weight in Air	A =		gm
S.S.D Weight	B =		gm
Weight in Water	C =		gm

Specific Gravity Values:

Bulk Specific Gravity	=	A/(B-C)	
	=		gm/cm^3
S.S.D Specific Gravity	=	B/(B-C)	
	=		gm/cm3
Apparent Specific Gravity	=	A/(A-C)	
	=		gm/cm3

Water Absorption %

Water Absorption	=	(B-A)/A	
	=		%

تجربة رقم -٣-

الكثافة النوعية والامتصاص للركام الناعم

Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate

ASTM C128

■ **الغرض :**

لحساب الوزن النوعي الكلي(Bulk Specific Gravity) للركام الناعم، ونسبه امتصاصه للمياه (Water Absorption) والتي تتمثل في الكثافة النوعية، والكثافة النوعية الظاهرية (Apparent Specific Gravity) و الكثافة النوعية (مشبعة جافه السطح) (S.S.D Specific Gravity).

■ **الأهمية والاستخدام :**

- تستخدم الوزن النوعي الكلي في تحديد الحجم المشغول بواسطه الركام في الخلطات المختلفة التي تتكون من الركام، تشمل الخرسانة الاسمنتية، الخرسانة الاسفلتيه واي مخلوط يتم تحليله علي اساس الحجم المطلق.

■ **الاجهزة المستخدمة :**

- ميزان دقته ٠,٠٥ % من وزن العينة او ٠,٥ جم ايهما اكبر.
- دورق (Pyconometer) سعته ٥٠٠ سم^{٣}.
- قالب مخروطي ناقص. قطره العلوي (٤٠ ± ٣) مم وقره السفلي (٩٠ ±٣) مم.
- قضيب ضاغط معدني يزن (٣٤٠ ± ١٠) جم وقطره (٢٥ ±٣) مم.

■ **خطوات التجربة :**

١. ملئ الدورق بالمياه حتي العلامة المحددة، ووزن الدورق وهو ممتلئ بالماء. وليكن (B).
٢. تجهيز حوالي ١٠٠٠ جم من الركم الناعم.
٣. تجفيف العينه في الفرن عند (١١٠ ± ٥) درجة مئويه حتي تثبت وزنها، تبرد العينه ثم تغطي بالمياه اما بغمرها بالمياه او اضافه ٦% علي ا (٢٤ ± ٤) ساعة.

صوره (٣-١) الادوات المستخدمه

٤. ازاله المياه الزائده بحرص لتجنب فقد المواد الناعمه، فرد العينه علي لوح املس وتعرض لهواء دافئ لتجفيفها.
٥. تثبيت القالب علي سطح املس، بحيث يكون القطر الاكبر ملامس للسطح. وضع العينه في القالب بكامل سعته وتكدس العينه باليد.
٦. دمك العينه في القالب بـ ٢٥ طرقه باستخدام القضيب. ارتفاع سقوط القضيب في كل طرقه ٥ مم من سطح العينه. بحيث تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنه.
٧. تنظيف حول القالب، ويرفع القالب راسيا. اذا احتفظت العينه بشكل القالب ولم تهبط يتم تكرار الخطوه ٤، ٥، ٦ حتي يحدث هبوط للعينه عند رفع القالب فتمثل هذه الحاله العينه مشبعة جافه السطح (S.S.D).
٨. وزن حوالي (٥٠٠ ± ١٠) جم من العينه المشبعه جافة السطح وتسجل الوزن وليكن (S).

صوره (٣-٢) تعيين وزن الدورق والعينه والماء

٩. إضافه ماء الي الدورق واضافة العينه المشبعة جافه السطح (ملئ حوالي ٩٠% من سعه الدورق. هز القالب جيدا للتخلص ملئ الدورق لعلامه المعايره.
١٠. تعيين وزن العينه والدورق والمياه وليكن (C).تجفيف العينه في الفرن عند (١١٠ ± ١٠) درجه مشويه حتي تثبت وزنها. تعيين وزن العينه الجاف وليكن (A).

صوره (٣-٣) تعيين وزن العينه مشبعه وجافه السطح

■ **التحليل و النتائج :**

١. حساب الوزن النوعي الكلي :

$$Bulk\ Specific\ Gravity = \frac{A}{B + (S - C)}$$

حيث :

A: وزن العينة الجافه.

B: وزن العينه مشبعة جافه السطح.

S: وزن الدورق وهو ممتلئ بالماء.

C: وزن الدورق وهو ممتلئ بالعينه والماء.

٢. حساب الوزن النوعي مشبعة جافه السطح :

$$S.S.D.Specific\ Gravity = \frac{B}{B + (S - C)}$$

٣. حساب الوزن النوعي الظاهري :

$$Apparent\ Specific\ Gravity = \frac{A}{A + (S - C)}$$

٤. نسبه امتصاص المياه %:

$$Water\ Absorption\ (\%) = \frac{S - A}{A}$$

■ **التقرير :**

١. الوزن النوعي الكلي.
٢. الوزن النوعي الكلي (مشبعة جفه السطح).
٣. الوزن النوعي الظاهري.
٤. الامتصاص.

Specific Gravity Test of Fine Aggregate

Wt. of Pyconometer& Water	S =		gm
S.S.D Weight	B =		gm
Wt. of Pyconometer& Water & Sample	C =		gm
Weight in Air	A =		gm

Specific Gravity Values:

Bulk Specific Gravity	=	A/(B+S-C)	
	=		gm/cm^3
S.S.D Specific Gravity	=	B/(B+S-C)	
	=		gm/cm3
Apparent Specific Gravity	=	A/(A+S-C)	
	=		gm/cm3

Water Absorption %

Water Absorption	=	(S-A)/A	
	=		%

تجربة -٤-

اختبار لوس انجلوس

Resistance to Degradation of small-size Coarse Aggregate
by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
ASTM C131 – 01

■ **الغرض :**

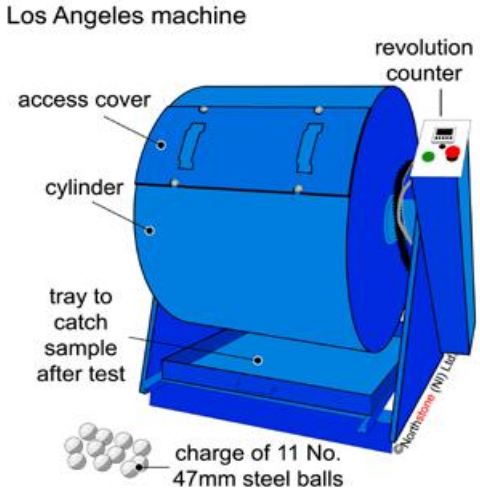
لاختبار مقاومة الركام الخشن الاقل من ٣٧,٥ مم للبري، الاحتكاك و الصدم باستخدام جهاز لوس انجلوس.

■ **الاهمية والاستخدام :**

التاكد من مقاومه الركام للبري والاحتكاك.

■ **الاجهزة المستخدمة :**

- جهاز لوس انجلوس. عبارة عن اسطوانة مفرغه يبلغ قطرها الداخلي ٥٠٨ مم وطوله ٧١١ مم، ومزود بفتحه لإدخال وتفريغ العينة، شكل (٤-١).
- مناخل.
- ميزان دقته ٠,١% من وزن العينة.
- مجموعة من الكرات المعدنية (يبلغ قطرها ٤٦,٨ مم تقريبا وتزن ٤٢٠ جم). يعتمد عدد الكرات المعدنية علي تدرج عينة الاختبار....



شكل (٤-١) جهاز لوس انجلوس

التدرج	عدد الكرات	الوزن(جم)
A	12	٥٠٠٠ ± ٢٥
B	11	٤٥٨٤ ± ٢٥
C	8	٣٣٣٠ ± ٢٠
D	6	٢٥٠٠ ± ١٥

■ **تجهيز العينة :**

١. غسل الركام جيا وتجفيفها عند درجة حرارة (١١٠ ± ٥) درجة مئوية حتي يثبت وزنها. تخلط العينة بالكميات الموضحة بالجدول ١ ....،

المار	المحجوز	التدرج			
		A	B	C	D
٣٧,٥	٢٥	١٢٥٠ ± ٢٥			
٢٥	١٩	١٢٥٠ ± ٢٥			
١٩	١٢,٥	١٢٥٠ ± ١٠	٢٥٠٠ ± ١٠		
١٢,٥	٩,٥	١٢٥٠ ± ١٠	٢٥٠٠ ± ١٠		
٩,٥	٦,٣			٢٥٠٠ ± ١٠	
٦,٣	٤,٧٥			٢٥٠٠ ± ١٠	
٤,٧٥	٢,٣٦				٥٠٠٠ ± ١٠
المجموع		٥٠٠٠ ± ١٠	٥٠٠٠ ± ١٠	٥٠٠٠ ± ١٠	٥٠٠٠ ± ١٠

٢. وضع العينة والكرات المعدنية في جهاز لوس انجلوس وتشغيل الجهاز بسرعة (٣٠ : ٣٣) لفة في الدقيقة حتي ٥٠٠ لفة.
٣. إخراج العينة من الجهاز وفصلها علي منخل اخشن من (١,٧ مم) رقم ١٢.
٤. غسل المواد الاخشن من ١,٧ مم، وتجفيفها عند درجة حرارة (١١٠ ± ٥) درجة مئوية حتي يثبت وزنها. وحسب الوزن لأقرب ١ جم.

■ **النتائج :**

- حساب نسبة الفاقد في المواد نتيجة البري والاحتكاك

$$\% \text{ Losses} = \frac{W_o - W_1}{W_o} x100$$

حيث :

Losses %:نسبة الفاقد في المواد نتيجة الاحتكاك والبري.

W_o: وزن العينة قبل الاختبار لأقرب، ١ جم.

W_1: وزن العينة المار من المنخل #١٢ لأقرب، ١ جم.

■ **التقرير :**

مصدر الركام، نوعه والمقاس الاعتباري الاكبر (Nominal Aggregate Max. Size).

التدرج المستخدم للاختبار، جدول ١.

الفاقد في المواد نتيجة البري والاحتكاك والصدم لأقرب ١ % من الوزن.

Los Angeles Test

Type of Gradation

Passing	Retain	Gradation
37.5	25	
25	19	
19	12.5	
12.5	9.5	
9.5	6.3	
6.3	4.75	
4.75	2.36	
Sum		

Calculations

Nominal Aggregate Max. Size	=		mm
Initial Weight	W_o =		gm
Retaining Wt. on Sieve #12 After 500 Rev.	W_2 =		gm
Passing Wt. from sieve #12 After 500 Rev.	W_1 =	$W_o - W_2$	
	=		gm
% Abrasion	=	W_1/W_o	
	=		%

`

تجربة رقم -6-

اختبار المكافئ الرملي للتربه والركام الناعم

Sand Equivalent Value of Soil and Fine Aggregate

ASTM D2419

■ **الغرض :**

تعيين نسبه الطين او نسبه المواد الناعمه اللدنه في التربه والركام الناعم المار من المنخل رقم ٤.

■ **الاهمية والاستخدام :**

يستخدم هذا الاختبار في تعين قيمه تجريبيه لنسبه وخصائص الطين الموجوده في عينه الاختبار.

■ **الاجهزه:**

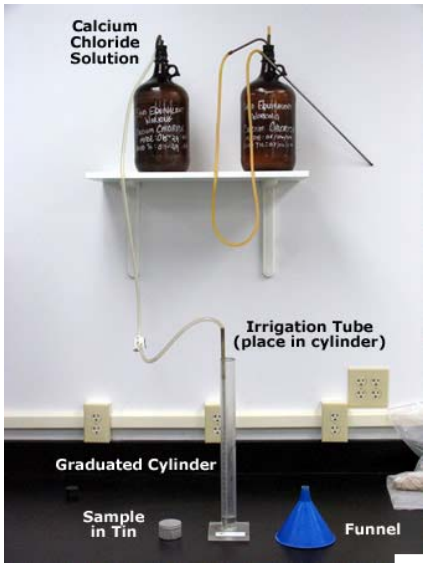
مخبار مدرج، سداده مطاطيه، انبوبه، ثقل وسيفون شكل (٦-١).

منخل ٤,٧٥ مم (#٤) لفصل المواد الناعمه.

اسطوانه قطرها ٥٧ مم وسعتها ٨٥ ± ٥ ملي لتر.

قمع.

فرن قادر للحفاظ علي درجه الحراره عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه.



شكل (٦-١) الادوات المستخدمه

■ **خطوات التجربه:**

١. إضافة محلول كلوريد الكالسيوم في السيفون للعلامة ٤ ± ٠,١ بوصه (١٠٢ ± ٣ مم).

٢. صب العينة في المخبار باستخدام قمع لتجنب تسرب العينة.

٣. قرع مؤخره المخبار بوسطه اليد عده مرات لإخراج الفقاقيع الهوائية.

٤. ترك العينة المبللة والمخبار لمده ١٠ ± ١ دقيقه.

٥. بعد فتره البلل (١٠ دقائق) ضع السدادة المطاطية علي فوهه المخبار، قلب المخبار ورجها لتفكيك حبيبات العينة.

٦. <u>باستخدام الهز اليدوي:</u>

٦,١. مسك المخبار في الوضع الافقي كما هو موضع في وهز المخبار في حركه افقيه من النهاية الي النهاية.

٦,٢. هز المخبار ٩٠ دوره خلال ٣٠ ثانيه تقريبا.

٧. <u>عمليه السقي</u> Irrigation Procedure

٧,١-وضع المخبار راسياً اثناء عمليه السقي، شطف المواد الناعمة العالقة علي جدران المخبار بسبب الهز،

٧,٢- غرز الـ ***<u>Irrigator</u>*** خلال العينة لقاع المخبار (بحيث يكون الاختراق برفق مصاحب لالتواء ويكون المحلول متدفق من فوهه الأنبوبة). لجعل المواد الناعمة عالقة فوق حبيبات الرمل الخشنة.

٧,٣- استمرار الخطوة السابقة حتي يقترب المحلول من العلامة ١٥ بوصه (٣٨ سم)، ثم ترفع الأنبوبة ببطء مع استمرار تدفق المحلول من فوهه الانبوبة حتي يصل المحلول للعلامة ١٥ بوصه.

٨. ترك المخبار والعينة لمده ٢٠ دقيقة ± ١٥ ثانيه.

٩. بعد انتهاء فتره الترسيب (٢٠ دقيقه)، يتم تسجيل منسوب الطين المعلق، إذا لم يكن حدود الطين واضحه للقراءة بعد فتره الترسيب تترك العينة للحصول علي قراءه واضحه للطين وإذا كان فتره الترسيب اكبر من ٣٠ دقيقه تُعاد التجربة من جديد علي ٣ عينات من نفس المادة.

١٠. <u>تحديد منسوب الرمل</u> Sand Reading Determination

١٠,١- بعد قراءة منسوب الطين، يتم وضع الثقل وإنزاله برفق حتي يستقر علي الرمل، وعدم سماح المؤشر ان يصطدم بفوهه الاسطوانة عند إنزال الثقل.

١٠,٢- عند اقتراب الثقل من الرمل يتم اماله راس الثقل تجاه المخبار حتي يلمس المؤشر المخبار، يتم طرح المنسوب من ١٠ بوصة (٢٥,٤ سم) ليعطي منسوب الرمل.

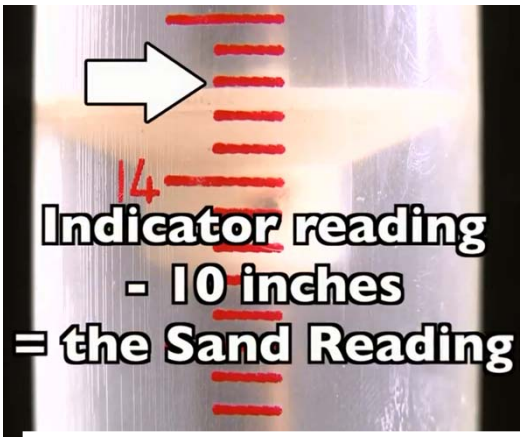
١٠,٣- يجب التأكد من عدم اختراق الثقل لطبقه الرمل قبل تسجيل القراءة.

- يتم تقريب منسوب الطين والرمل لأقرب ٠,١ بوصه (٢,٥ مم).

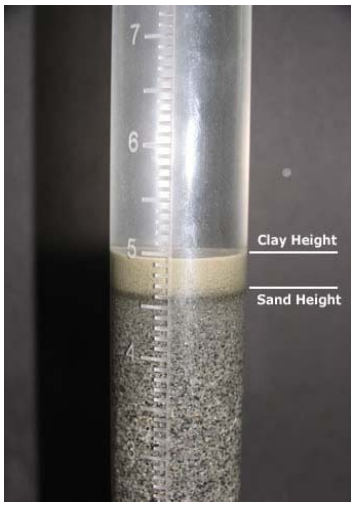
■ **النتائج:**

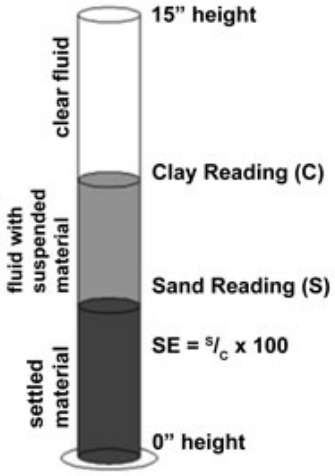
$$\text{المكافئ الرملي} = \frac{\text{قراءه الرمل}}{\text{قراءه الطين}} \times ١٠٠$$

❖ يتم تقريب المكافئ الرملي لأكبر رقم صحيح.



شكل (٦-٢) قراءه ارتفاع الرمل باستخدمه الثقل





شكل (٦-٣) القراءات

تجربة رقم -٧-

الاختبار القياسي لمتانة الركام وتحمله العوامل البيئية (التجمد والانصهار) باستخدام كبريتات الصوديوم وكبريتات الماغنسيوم

Standard Test Method for Soundness of Aggregates by use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

ASTM C88-99a

■ الغرض:

هذا الاختبار يستخدم في معرفة متانة الركام ومدى قدرته على تحمل العوامل الجوية المحيطة به والمتغيرة من تجمد وانصهار عن طريق الغمر مرات عديدة في محلول كبريتات الصوديوم او محلول كبريتات الماغنسيوم حتى يصل الى درجة التشبع في كل دورة ثم التجفيف وإعادة الغمر مرة أخرى.

في هذا الاختبار تقوم قوى التمدد الداخلية القادمة من دورات الغمر والتجفيف بعمل محاكاة بين دورات التجمد والانصهار الذي يحدث للركام نتيجة العوامل الجوية المحيطة بالركامحيث تقوم بلورات الاملاح داخل الركام بمحاكاة الضغط الموجود داخل الركام نتيجة تجمد الماء بداخله وعمل بلورات من الجليد مما يؤدى الى تفسخ الركام وتهشمه.

■ الاهميه والاستخدام:

- يستخدم هذا الاختبار للتأكد من متانة الركام وقدرته على تحمل العوامل الجوية المحيطة به سواء كان مستخدم ف اعمال الطرق او اعمال الخرسانة.
- القيمة المسموح بها في الفقد نتيجة الاختبار تختلف باختلاف نوع الركام (خشن-ناعم) كما انها أيضا تختلف بتغير نوع الملح المستخدم للاختبار (كبريتات صوديوم-كبريتات ماغنسيوم).
- يفضل استخدام ملح كبريتات الماغنسيوم لأنه يعطي نتائج أفضل وأسرع.

■ الاجهزه:

شكل (٧-١) سله

- مناخل قياسيه.
- حاويه.
- سله محاطه بشبكه معدنيه.
- منظم درجه حراره.
- ميزان.
- فرن قادر للحفاظ علي درجه الحراره عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه

■ المحاليل المستخدمه في الاختبار:

كبريتات الصوديوم (Na_2So_4):

محلول كبريتات الصوديوم بتركيز ٢١٥ جرام لكل لتر في حالة كبريتات الصوديوم غير الهيدراتية Na_2SO_4.

محلول كبريتات الصوديوم بتركيز ٧٠٠جرام لكل لتر في حالة كبريتات الصوديوم الهيدراتية.$Na_2SO_4.10H_2O$.

■ الاحتياطات

- يجب عمل المحلول عند درجة حرارة (٢٥-٣٠) درجه مئوية، بعد الانتهاء من عمل المحلول يجب تغطية المحلول جيدا لمنع التبخر. يترك المحلول ل مدة٤٨ ساعة قبل البدء في استخدامه. عند استخدام المحلول في الاختار يجب ان تكون درجه حرارته (٢١±١) درجه مئوية.

كبريتات الماغنسيوم ($MgSo_4$):

- يتم استخدام محلول كبريتات الماغنسيوم بتركيز ٣٥٠ جرام لكل لترMgSO4.
- في حالة استخدام كبريتات الماغنسيوم الهيدراتية يتم عمل المحلول بتركيز ١٢٣٠ جرام لكل لتر (MgSO4.7H2O).

مع مراعاة الاحتياطات التي سبق شرحها مع محلول كبريتات الصوديوم بالإضافة الى ان تركيز محلول كبريتات الماغنسيوم الهيدراتية لا يجب ان يزيد مطلقا عن ١٤٠٠ جرام لكل لتر.

كلوريد الباريوم ($BaCl_2$):

يتم عمل محلول كلوريد الباريوم بتركيز ٥%(٥ جرام لكل ١٠٠سم^3) =٥٠ جرام لكل لتر($BaCl_2$)، يستخدم في غسيل العينه من محاليل الكبريتات بعد الاختبار.

■ **العينات:**

i. الركام الناعم

- الركام الناعم في هذا الاختبار يجب ان يمر من منخل٩,٥ مم(٨/٣) بوصة والا تقل كمية الركام المستخدمة عن ١٠٠ جرام من أحد هذه المناخل.

Passing on:	Retained on
9.5mm=(3/8)in	4.75 mm(#4)
4.75 mm(#4)	2.36 mm(#8)
2.36 mm(#8)	1.18 mm(#16)
1.18 mm(#16)	600µ(#30)
600µ(#30)	300 µ(#N50)

ii. الركام الخشن:

- عند اختبار الركام الخشن يجب ان تزال كل المواد الناعمة والتي تمر من منخل رقم ٤.
- يمكن للعينة ان تكون من أحد المناخل الاتية:

from	to	Mass(gm)
9.5mm=(3/8)in	4.75mm(#NO.4)	300+-5
19mm=(3/4)in 12.5mm=(1/2)in 19mm=(3/4)in	9.5mm(3/8)in 9.5mm(3/8)in 12.5mm(1/2)in	1000+-5 330+-5 670+-10
37.5mm=(1.5)in 25mm=(1)in 37.5mm=(1.5)in	19mm=(3/4)in 19mm=(3/4)in 25mm=(1)in	1500+-50 500+-30 1000+-50
63mm=(2.5)in 50mm=(2)in 63mm=(2.5)mm	37.5mm =(1.5)in 37.5mm=(1.5)in 50mm=(2)in	5000+-300 2000+-200 3000+-300

■ **تجهيز عينه الاختبار:**

يتم غسل العينة وتجفيفها في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية حتى ثبات وزن العينة.

يتم فصل الاحجام المستخدمة ف الاختبار.

يتم اختيار أحد الاحجام الموجودة ف الجدول السابق من الركام الخشن مثلا ووزن كل حجم على حده كما هو موضح بالجدول.

■ **خطوات التجربه:**

١- يتم وضع عينة الركام ف المحلول (كبريتات الصوديوم او كبريتات الماغنسيوم) والذي تم اعداده سابقا في حاوية.

٢- يتم تغطية الحاوية التي تم وضع الركام بها حتى لا يحدث تبخر للمحلول.

٣- تترك العينة مغمورة ف المحلول من (١٦-١٨) ساعة في درجة حرارة (٢١+-١) °مئوية.

٤- يتم استخراج العينة من المحلول وتركها في الهواء من (١٠-٢٠) دقيقة قبل وضعها ففرن درجة حرارته١١٠ درجة مئوية لمدة ٤ ساعات.

٥- يتم إعادة الخطوات السابقة (الدورة الواحدة) ٥ مرات.

٦- يتم استخراج الركام من الحاوية الموجود بها ملح الكبريتات ووضعه في حاوية أخرى ويتم غسله بمحلول كلوريد الباريوم للتخلص من الكبريتات الموجودة بالركام.

٧- بعد إزالة كبريتات الصوديوم او الماغنسيوم من الركام يتم تجفيف العينة في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية.

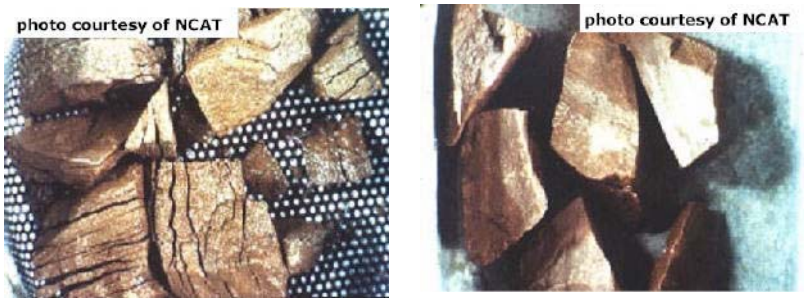
٨- يتم استخدام منخل أصغر من المناخل المستخدمة في الاختبار.

from	to	use
37.5mm	19mm	16 mm
19mm	9.5mm	8mm
9.5mm	4.75 mm (#4)	2.36mm

٩- يتم وزن كل منخل على حده وتعيين نسبة الفقد ف كل منخل (بحيث تكون المواد الانعم من المنخل المستخدم بعد الاختبار يعبر عنها بنسبة من الفقد الكلي).

١٠-يتم حساب الفقد من الوزن لكل منخل ثم حساب المتوسط وحساب نسبة الفقد الكلية.

١١-تكون نسبة الفقد في الركام نتيجة كبريتات الصوديوم(١٦-٦) %، (٩-٢٠) %في حالة استخدام كبريتات الماغنسيوم.



شكل (٧-٢) يوضح تاثير محلول الكبريتات علي عينه الركام

تجربة رقم -٨-

اختبار الاختراق للأسفلت

Penetration test of Asphalt cement

ASTM D5

■ **الغرض :**

لحساب قيمة الاختراق للمواد الاسفلتية الصلبة والشبه صلبة.

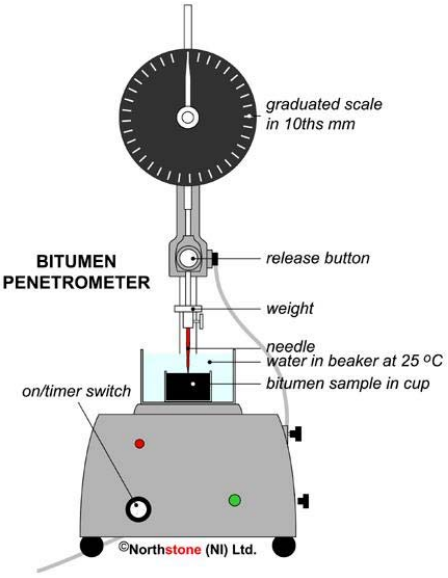
■ **الاهمية والاستخدام :**

اختبار الاختراق يستخدم لقياس اللزوجة، تشير قيمة الاختراق العالية الي لزوجة اقل (صلابة اقل).

■ **الاجهزة:**

جهاز الاختراق وابرة معدنية،شكل (٨-١)

وعاء، حمام مائي، Transfer Dish، ساعه ايقاف و ترمومتر.



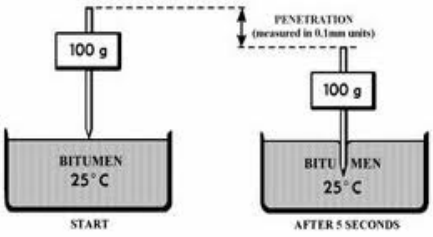
شكل (٨-١) الاجهزة المستخدمة في اختبار الاختراق

■ **خطوات التجربة :**

١. تسخين عينة الاسفلت للحالة السائلة حتي يسهل صبها.
٢. صب العينة في الوعاء، تجنب تكون الفقاعات في العينة وتركها لتبرد لمدة ١ ساعة علي الاقل.
٣. وضع العينة وال Transfer Dish في الحمام المائي عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية لمدة تتراوح بين (١ – ٢) ساعة.
٤. تنظيف الابرة وتجفيفها (باستخدام مذيب وقطعه قماش نظيفة)، ووضع الابرة في جهاز الاختراق واضافة كتله (٥٠ جم) فوق الابرة، لجعل الحمل المتحرك الكلي ١٠٠ جم.
٥. وضع الوعاء في ال Transfer Dish، بحيث تكون العينة مغطاة تماما بالمياه من الحمام المائي. التأكد من استواء الجهاز بواسطة مؤشر التسوية.
٦. إنزال الابرة ببطء حتي تلمس مقدمة الابرة سطح العينة.
٧. جعل الابرة تسقط سقوط حر تحت تأثير وزنها لمدة ٥ ثواني، ضبط الجهاز لقياس مسافة اختراق الابرة لأقرب ٠,١ مم، شكل (٨-٢).
٨. اخذ ٣ قراءات لاختراق الابرة للعينة علي مسافات لا تقل عن ١٠ مم من جدار الوعاء والمسافة بين القراءات لا تقل عن ١٠ مم.

■ **التقرير :**

متوسط القرارات لأقرب رقم صحيح.



شكل (٨-٢) قيمه الاختراق

Penetration Test of Asphalt Cement

Penetration Values:

1st Penetration Value	A =		mm
2nd Penetration Value	B =		mm
3rd Penetration Value	C =		mm
Average		(A+B+C)/3	
			mm

تجربه رقم -٩-

قياس لزوجة الاسفلت باستخدام مقياس اللزوجة الدوار

Viscosity of Asphalt Cement by Rotational Viscometer

ASTM D4402

■ **الغرض :**

لتعين لزوجة الأسفلت الظاهرية عند درجه حراره (٢٦٠:٣٨) درجه مئويه بإستخدام مقياس اللزوجة الدوار وتضبط درجه حراره الاختبار بواسطة غرفة التحكم الحرارية.

■ **الاهمية والاستخدام :**

التأكد من لزوجة الاسفلت قبل نقله، ضخه في المواسير و لاختبارات ضبط الجودة. يستخدم لتعيين درجة حرارة الخلط والدمك للخلطة الاسفلتية.هذا الاختبار يستخدم في تدرج الاسفلت في نظام السوبر بيف (superpave).

■ **الاجهزة:**

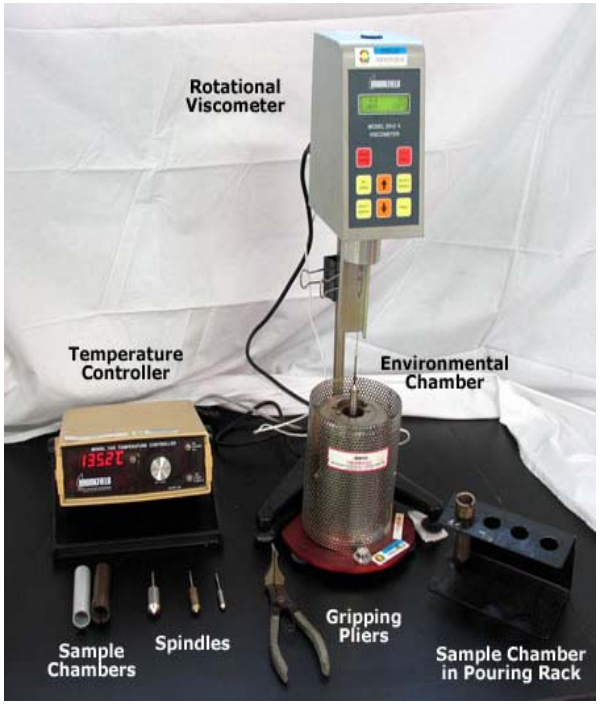
مقياس اللزوجة الدوار

ابرة قياسية

اداه استخراج (Extracting Tool)

نظام حراري يتكون من حاوية حرارية، انبوبه معدنيه للعينه، منظم حرارة وجهاز لرسم العلاقه بين اللزوجه ودرجه الحرارة.

■ **خطوات التجربة :**



شكل (٩-١) جهاز اللزوجه الدوار

١. تشغيل جهاز الاختبار وضبط درجه حراره الاختبار من خلال منظم الحرارة.
٢. الانتظار (١ :٠,٥) ساعه او عند الوصول لدرجه الحراره المطلوبه (فحص لمبه المنظم).
٣. يتم اضافه عينه البتومين في الوعاء حوالي (١٠:٨) سم^{3} بحيث يكون مستوي البتومين اعلي من الجزء المخروطي للإبره بحوالي (٣) مم.
٤. بإستخدام اداه الاستخراج (Extracting tool)، وضع انبوبه الاختبار في الوعاء الحراري.
٥. يتم اختيار الابره المناسبه ووضعها في انبوبه الاختبار. كلا من الابره رقم ٢٧ و الابره رقم ٢٠ تستخدم في تعيين لزوجه الاسفلت.
٦. الانتظار لوصول الاسفلت لدرجه حراره الاختبار جوالي ١٥ دقيقه.
٧. تشغيل الجهاز (Viscometer) بمعدل ٢٠ لفه/دقيقه.
٨. تسجيل ٣ قراءات خلال ٦٠ ثانيه عند كل درجه حراره للاختبار.
٩. ضرب معامل اللزوجه وقراءه جهاز اللزوجه الدوار للحصول علي اللزوجه بوحده (CP).

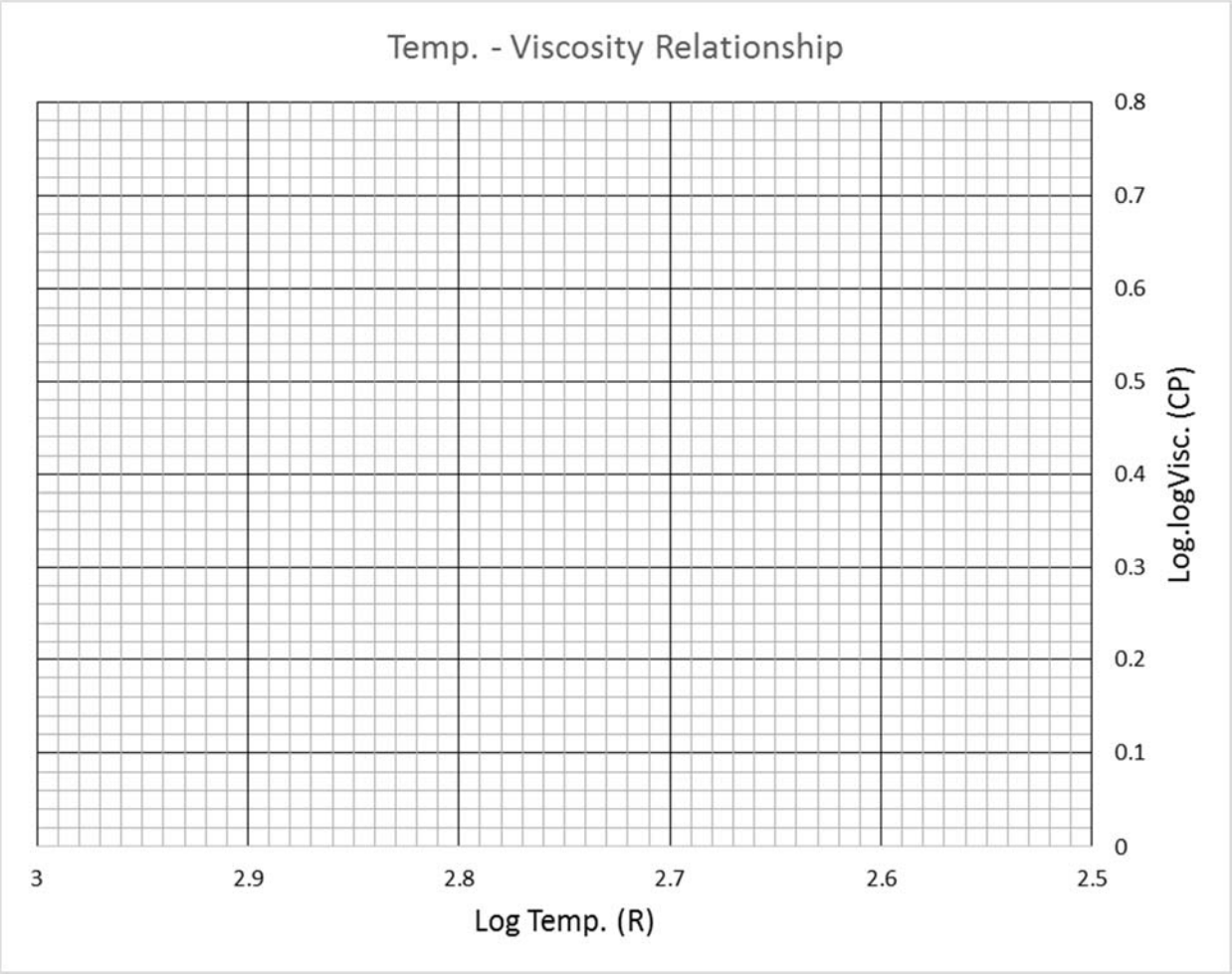
■ **التقرير :**

متوسط اللزوجه عند كل درجه حراره.

رقم الابره المستخدمه وسرعه الدوران.

Viscosity of Asphalt Cement by Rotational Viscometer

Spindle #				
Rotational Speed				
Temp. (R)				
Viscosity (CP)				



شكل (٩-٢) العلاقه بين درجه الحراره واللزوجه

For Mixing:		**For Compaction:**	
Viscosity (CP)	Temp. (R)	Viscosity (CP)	Temp. (R)
150		250	
190		310	

تجربه رقم -١٠-

خصائص التربه المدموكه باستخدام البروكتور المعدل

Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort

ASTM D1557

■ **الغرض:**

يغطي هذا الاختبار طرق الدمك المعمليه المستخدمه في تعيين العلاقه بين المحتوي الرطوبي والكثافه الجافه للتربه (منحني الدمك)، تدمك العينات في قالب قياسي بقطر ٤ او ٦ بوصه بواسطه مطرقه تزن ١٠ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٨ بوصه.

يسمح باجراء هذا الاختبار علي المواد المحتواه علي ٣٠% او اقل من وزنها محجوزه علي المنخل (٣/٤) بوصه.

	طريقه (أ)	طريقه (ب)	طريقه (ج)
القالب المستخدم	قطر ٤ بوصه	قطر ٤ بوصه	قطر ٦ بوصه
المواد المستخدمه	المار من المنخل رقم ٤ بحيث يكون المحجوز علي المنخل رقم ٤ اقل من او يساوي ٢٠% من وزن العينه.	المار من المنخل ٣/٨ بوصه. في حاله زياده نسبه المواد المحجوزه علي المنخل رقم ٤ عن ٢٠% والمحجوز علي المنخل ٣/٨ بوصه اقل من ٢٠%.	المار من المنخل ٣/٤ بوصه. في حاله زياده نسبه المواد المحجوزه علي المنخل ٣/٨ بوصه اكبر من ٢٠% والمحجوز علي المنخل ٣/٤ بوصه اقل من ٣٠%
عدد الطبقات	٥ طبقات	٥ طبقات	٥ طبقات
عدد الدقات	٢٥ دقه/طبقه	٢٥ دقه/طبقه	٥٦ دقه/طبقه

■ **الاهميه والاستخدام:**

تدمك طبقات الرصف (طبقه الاساس، الاساس المساعد، وطبقه التاسيس) للوصول لاقصي كثافه للحصول علي الخصائص الهندسيه المطلوبه من حيث (مقاومه القص، قابليه انضغاط التربه او نفاذيه التربه).

حساب نسبه الدمك ومحتوي الرطوبه اللازم لتحقيق الخصائص المطلوبه.

■ **الاجهزه:**

شكل (١٠-١) القالب والقاعده والحلقه المعدنيه

- قالب قياسي بقطر ٤ بوصه وارتفاع ٤,٦ بوصه للتربه الناعمه (طريقه (أ)، (ب)) وبقطر ٦ بوصه وارتفاع ٤,٦ بوصه للتربه الخشنه (طريقه (ج))، حلقه معدنيه وقاعده شكل (١١-١).
- مطرقه تزن ١٠ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٨ بوصه.
- جهاز لاستخراج العينه المدموقه من القالب.

شكل (١٠-٢) تركيب القالب والحلقه والقاعده

- ميزان دقته ا جم.
- فرن، قادر للحفاظ علي درجه الحراه عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه.
- المناخل المستخدمه في فصل العينه، المنخل رقم ٤، المنخل ٣/٨ بوصه و المنخل ٣/٤ بوصه

■ **خطوات التجربه:**

١- تعيين نسبه المحجوز من وزن العنيه علي المنخل رقم ٤، المنخل ٣/٨ بوصه والمنخل ٣/٤ بوصه لاختيار الطريقه المستخدمه في الاختبار (طريقه(أ)، طريقه (ب)، طريقه (ج)).

٢- يتم تجهيز عينه الاختبار التي تزن ١٦ كجم في حاله الطريقتن (أ)، (ب) و ٢٩ كجم في حاله الطريقه (ج).

٣- تعيين وزن القالب المستخدم وهو فارغ لاقرب جرام، يتم تثبيت القالب علي القاعده المعدنيه ووضع الحلقه المعدنيه (Extension Collar) علي القالب.

٤- يتم تعيين المحتوي الرطوبي لعينه الاختبار. وتجهيز علي الاقل ٥ عينات بمحتوي رطوبي مختلف. تجهيز عينه بمحتوي رطوبي قريب من المحتوي الرطوبي الامثل وعينتين في الجانب الجاف وعينتين في الجانب الرطب.

٥- وضع العينه في القالب بعد خلطها جيدا مع الماء للوصول الي خليط متماسك ودمكها علي طبقات (خمس طبقات) بواسطه مطرقه تزن ١٠ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٨ بوصه.

٦- تسويه سطح العينه جيدا شكل (١١-٤)، تعيين وزن القالب والعينه بعد الدمك لاقرب جرام، ازاله المواد من القالب واخذ عينه من منتصف القالب لتعيين المحتوي الرطوبي لها,

٧- تكرار الخطوه السابقه للعينات الاخري وتسجيل القراءات

شكل (١٠-٣) دمك العينه بواسطه مطرقه ميكانيكيه

■ **النتائج:**

١- يتم حساب الكثافه الرطبه للعينات الخمسه:

$$\gamma_{wet} = \frac{W_2 - W_1}{Vol}$$

حيث:

W_2: وزن القالب والعينه بعد الدمك.

W_1: وزن القالب فارغا.

Vol: حجم القالب.

شكل (١٠-٤) تسويه سطح العينه

٢- تعيين المحتوي الرطوبي للعينات:

$$W_c = \frac{W_3 - W_4}{W_4}$$

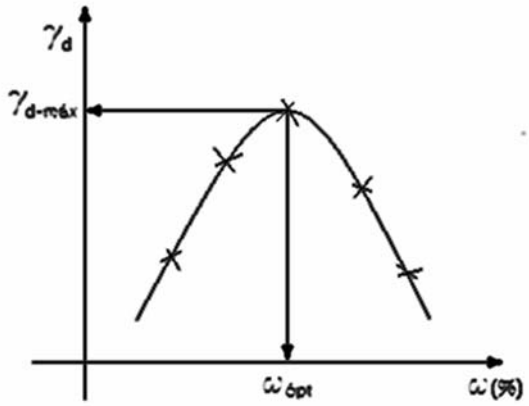
W_3: وزن العينه المبتله

W_1: وزن العينه بعد تجفيفها في الفرن.

٣- حساب الكثافه الجافه للعينات:

$$\gamma_{Dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 - W_c}$$

٤- رسم علاقه بين الكثافه الجافه (المحور الراسي والمحتوي الرطوبي).



شكل (١٠-٥) العلاقه بين المحتوي الرطوبي والكثافه الجافه

Modified Proctor of Soil and Aggregate

% Retain on Sieve #4	**=**	
% Retain on 3/8 Sieve	**=**	
% Retain on 3/4 Sieve	**=**	
Method Used	**=**	

Calculate Water Content of Field Soil Sample

Wt. of wet Soil	A =		gm
Wt. of Dry soil	B =		gm
Water Content	W_c =	(A-B)/B	

Calculate Water Content of Specimens:

Spec. ID	Wt. of Pan (gm)	Wt. of Pan& Spec. (gm)	Wt. of Spec. (gm)	Wt. of Dry Spec. (gm)	Water Content (gm)
Spec. 1					
Spec. 2					
Spec. 3					
Spec. 4					
Spec. 5					

Calculate Dry Density of Specimens:

Specimen ID	Wt. of Mold	Vol. of mold	Wt. of Mold and Specimen	Wt. of Specimen	Wet Density (Y_{wet})	Water Content	Dry Density (Y_{Dry})
Spec. 1							
Spec. 2							
Spec. 3							
Spec. 4							
Spec. 5							

تجربه رقم -١١-

خصائص التربه المدموكه باستخدام البروكتور القياسي

Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort

ASTM D1557

■ **الغرض:**

يغطي هذا الاختبار طرق الدمك المعمليه المستخدمه في تعيين العلاقه بين المحتوي الرطوبي والكثافه الجافه للتربه (منحني الدمك)، تدمك العينات في قالب قياسي بقطر ٤ او ٦ بوصه بواسطه مطرقه تزن ٥,٥ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٠ بوصه.

يسمح باجراء هذا الاختبار علي المواد المحتواه علي ٣٠% او اقل من وزنها محجوزه علي المنخل (٣/٤) بوصه.

	طريقه (أ)	طريقه (ب)	طريقه (ج)
القالب المستخدم	قطر ٤ بوصه	قطر ٤ بوصه	قطر ٦ بوصه
المواد المستخدمه	المار من المنخل رقم ٤ بحيث يكون المحجوز علي المنخل رقم ٤ اقل من او يساوي ٢٠% من وزن العينه.	المار من المنخل ٣/٨ بوصه. في حاله زياده نسبه المواد المحجوزه علي المنخل رقم ٤ عن ٢٠% والمحجوز علي المنخل ٣/٨ بوصه اقل من ٢٠%.	المار من المنخل ٣/٤ بوصه. في حاله زياده نسبه المواد المحجوزه علي المنخل ٣/٨ بوصه اكبر من ٢٠% والمحجوز علي المنخل ٣/٤ بوصه اقل من ٣٠%
عدد الطبقات	٥ طبقات	٥ طبقات	٥ طبقات
عدد الدقات	٢٥ دقه/طبقه	٢٥ دقه/طبقه	٥٦ دقه/طبقه

■ **الاهميه والاستخدام:**

تدمك طبقات الرصف (طبقه الاساس، الاساس المساعد، وطبقه التاسيس) للوصول لاقصي كثافه للحصول علي الخصائص الهندسيه المطلوبه من حيث (مقاومه القص، قابليه انضغاط التربه او نفاذيه التربه).

حساب نسبه الدمك ومحتوي الرطوبه اللازم لتحقيق الخصائص المطلوبه.

■ **الاجهزه:**

شكل (١١-١) القالب والقاعده والحلقه المعدنيه

- قالب قياسي بقطر ٤ بوصه وارتفاع ٤,٦ بوصه للتربه الناعمه (طريقه (أ)، (ب)) وبقطر ٦ بوصه وارتفاع ٤,٦ بوصه للتربه الخشنه (طريقه (ج))، حلقه معدنيه وقاعده شكل (١٢-١).
- مطرقه تزن ٥,٥ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٠ بوصه.
- جهاز لاستخراج العينه المدموقه من القالب.

شكل (١١-٢) تركيب القالب والحلقه والقاعده

- ميزان دقته ا جم.
- فرن، قادر للحفاظ علي درجه الحراه عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه.
- المناخل المستخدمه في فصل العينه، المنخل رقم ٤، المنخل ٣/٨ بوصه و المنخل ٣/٤ بوصه.

■ **خطوات التجربه:**

٨- تعيين نسبه المحجوز من وزن العنيه علي المنخل رقم ٤، المنخل ٣/٨ بوصه والمنخل ٣/٤ بوصه لاختيار الطريقه المستخدمه في الاختبار (طريقه(أ)، طريقه (ب)، طريقه (ج)).

٩- يتم تجهيز عينه الاختبار التي تزن ١٦ كجم في حاله الطريقتن (أ)، (ب) و ٢٩ كجم في حاله الطريقه (ج).

١٠-تعيين وزن القالب المستخدم وهو فارغ لاقرب جرام، يتم تثبيت القالب علي القاعده المعدنيه ووضع الحلقه المعدنيه (Extension Collar) علي القالب.

١١-يتم تعيين المحتوي الرطوبي لعينه الاختبار. وتجهيز علي الاقل ٥ عينات بمحتوي رطوبي مختلف. تجهيز عينه بمحتوي رطوبي قريب من المحتوي الرطوبي الامثل وعينتين في الجانب الجاف وعينتين في الجانب الرطب.

١٢-وضع العينه في القالب بعد خلطها جيدا مع الماء للوصول الي خليط متماسك ودمكها علي طبقات (خمس طبقات) بواسطه مطرقه تزن ٥,٥ رطل تسقط سقوط حر تحت تاثير وزنها من ارتفاع ١٠ بوصه.

١٣-تسويه سطح العينه جيدا شكل (١٢-٤)، تعيين وزن القالب والعينه بعد الدمك لاقرب جرام، ازاله المواد من القالب واخذ عينه من منتصف القالب لتعيين المحتوي الرطوبي لها,

١٤-تكرار الخطوه السابقه للعينات الاخري وتسجيل القراءات

شكل (١١-٣) دمك العينه بواسطه مطرقه ميكانيكيه

■ **النتائج:**

٥- يتم حساب الكثافه الرطبه للعينات الخمسه:

$$\gamma_{wet} = \frac{W_2 - W_1}{Vol}$$

حيث:

W_2: وزن القالب والعينه بعد الدمك.

W_1: وزن القالب فارغا.

Vol: حجم القالب.

٦- تعيين المحتوي الرطوبي للعينات:

$$W_c = \frac{W_3 - W_4}{W_4}$$

W_3: وزن العينه المبتله

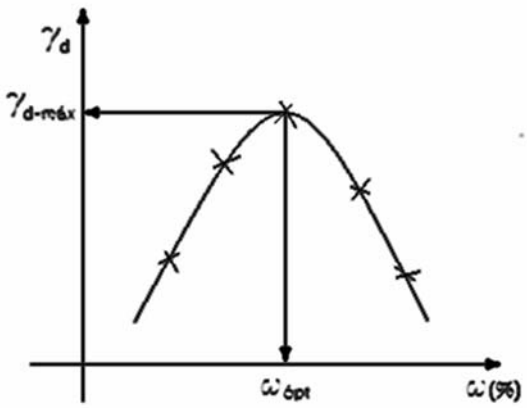
W_1: وزن العينه بعد تجفيفها في الفرن.

شكل (١١-٤) تسويه سطح العينه

٧- حساب الكثافه الجافه للعينات:

$$\gamma_{Dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 - W_c}$$

٨- رسم علاقه بين الكثافه الجافه (المحور الراسي والمحتوي الرطوبي).



شكل (١١-٥) العلاقه بين المحتوي الرطوبي والكثافه الجافه

Modified Proctor of Soil and Aggregate

% Retain on Sieve #4	**=**	
% Retain on 3/8 Sieve	**=**	
% Retain on 3/4 Sieve	**=**	
Method Used	**=**	

Calculate Water Content of Field Soil Sample

Wt. of wet Soil	A =		gm
Wt. of Dry soil	B =		gm
Water Content	W_c =	(A-B)/B	

Calculate Water Content of Specimens:

Spec. ID	Wt. of Pan (gm)	Wt. of Pan& Spec. (gm)	Wt. of Spec. (gm)	Wt. of Dry Spec. (gm)	Water Content (gm)
Spec. 1					
Spec. 2					
Spec. 3					
Spec. 4					
Spec. 5					

Calculate Dry Density of Specimens:

Specimen ID	Wt. of Mold	Vol. of mold	Wt. of Mold and Specimen	Wt. of Specimen	Wet Density (Y_{wet})	Water Content	Dry Density (Y_{Dry})
Spec. 1							
Spec. 2							
Spec. 3							
Spec. 4							
Spec. 5							

تجربه رقم -12-

تحضير عينة الخرسانه الاسفلتيه باسيتخدام مارشال

Preparation of Asphalt Concrete specimens using the Marshall Compactor

ASTM D1559

■ **الغرض :**

تجهيز عينة الخرسانه الاسفلتيه باستخدام طريقه مارشال.

■ **الاهمية والاستخدم :**

تستخدم هذه الطريقة لتصميم الخلطه الاسفتلية باستخدام مارشال لقياس خصائصها.

■ **الاجهزة :**

١. مطرقة دمك تزن حوالي ٤,٥ كجم، وتسقط سقوط حر من ارتفاع ٤٨ سم.
٢. قالب معدني، قطره الداخلي ١٠٢ مم وارتفاعه ٧٥ مم، قاعده وحلقه معدنية
٣. طارد العينة "جهاز لاخراج العينة من القالب المعدني"، ملعقة، وعاء، حامل القالب وفرن.

شكل (١٢-١) مطرقة

■ **خطوا التجربة :**

١. حساب درجه حراره الخلط والدمك بحث تكون لزوجه الماده الرابطه (١٧٠ ± ٢٠) سنتي ستوك للخلط و (٢٨٠ ± ٣٠) سنتي ستوك للدمك.
٢. فصل الركام وتجفيفه حتي يثبت وزنه.
٣. وزن حوالي ١٢٠٠ جم من الركام بحيث يكون التدرج مطابق للمواصفات
٤. وضع الاسفلت والركام في الفرن حتي يصلا لدرجه حراره الخلط (١٦٠ درجه مئويه تقريبا).
٥. إضافة الاسفلت علي الركام بالكميه المحدده.
٦. خلط الركام والاسفلت جيدا حتي تتغلف حبيبات الركام بالاسفلت، باستخدام الخلط اليدوي او الميكانيكي.
٧. وضع الورقة دخل القالب. ثم توضع العينة في القالب المسخن لدرجه حراره الخلط، وغزغزه العينه ١٥ مره علي المحيط و١٠ مرات في المنتصف.
٨. وضع الحلقه المعدنيه والورقة (ورقة ترشيح لمنع التصاق العينة بالقالب)، ويوضع القالب علي القاعدة. ويثبت القالب بواسطه الحامل، تعرض العينة لعده طرقات (٥٠ ، ٧٥) "يعتمد عدد الطرقات علي حجم المرور المتوقع علي الطريق". قلب القالب وتعريضه لنفس عدد الطرقات علي الوجه الاخر.

شكل (١٢-٢) الاجهزة المستخدمة في اختبار مارشال

٩. بعد تبري القالب العينة لدرجه حراره الغرفة، تخرج العينة من بواسطه اداه الاخراج " extruding device". يمكن زياده سرعه تبريد العينة بوضعها في كيس بلاستيك وغمره في مياه بارد. ازاله الورقه كما هو موضح بالشكل ()

■ **التقرير :**

١. مكونات الخلطه الاسفلتية، المصدر.
٢. عدد الطرقات علي كل جهه للعينة.

تجربه رقم -١٣-

الوزن النوعي الكلي لخلطة اسفلتيه مدموكه

Bulk Specific Gravity of Compacted Bituminous Mixtures

ASTM D2726

■ **الغرض :**

لحساب الوزن النوعي الكلي (Bulk Specific Gravity) لعينة اسفلت مدموكة.

■ **الاهمية والاستخدام :**

نتائج هذا الاختبار تستخدم لتحليل الفرغات لخليط الاسفلت المدموك.

■ **عينة الاختبار :**

خلطه اسفلتيه معده باستخدام مارشال او قوالب من الرصف الاسفلتي.

■ **الاجهزة :**

١. ميزان.
٢. حمام مائي.

■ **خطوات الاختبار :**

١. وزن العينة في الهواء وليكن (A).
٢. غمر العينه في المياه عند درجه حراره (٢٥ ± ١) درجه مئويه لمده تتراوح من (٣ : ٥) دقائق وليكن وزنها في المياه (C) شكل (١١-١).
٣. إزاله العينة من المياه، وتجفيف السطح باستخدام قطعه قماش رطبة، وحساب وزن العينة مشبعه جافة السطح وليكن (B).

شكل (١٣-١) تعين وزن العينه في الماء

■ **التحليل والنتائج :**

حساب الوزن النوعي الكلي :

<u>حيث</u> :

A: وزن العينه في الهواء، جم.
B: وزن العينة مشبعه جافه السطح، جم.
C: وزن العينة في الماء، جم.

■ **التقرير :**

قيمه الوزن النوعي الكلي لاقرب ٣ علامات عشريه.

تجربه رقم -١٤-

ثبات مارشال والانفعال للخلطات الاسفلتية

Marshall Stability and flow of Asphalt Concrete

ASTM D1559

■ **الغرض :**

حساب قيمه ثبات مارشال والانفعال للخلطات الاسفلتية.

■ **الاهمية والاستخدام :**

لمعرفه خصائص الخلطه الاسفلتيه

■ **الاجهزه :**

١. جهاز مارشال. (يتحرك بانتظام راسيا بمعدل ٥٠,٨ مم/دقيقه).
٢. حمام مائي.
٣. جهاز لقياس الحمل، وجهاز لقياس الانفعال.

■ **خطوات التجربة :**

١. وضع العينة ف حمام مائي عندر درجه حراره ٦٠ درجة مئويه لمده (٣٠ : ٤٠) دقيقه او توضع في الفرن لمده ساعتين.
٢. إزاله العينة من الحمام المائي ووضعها في جهاز مارشالشكل ().
٣. تعريض العينة لحمل بمعدل ثابت (٥٠,٨ مم/دقيقه) حتي الوصول لاقصي حمل وحتي يقل الحمل. زمن اجراء الاختبار من ازاله العينه من الحمام المائي او الفرن وحتي حمل الكسر لاتزيد عن ٣٠ ثانيه.
٤. يتم قراءه قيمه ثبات مارشال (حمل الكسر) والانفعال (التغير الحادث عند حمل الكسر).
٥. اذا كان ارتفاع العينه لايساوي ٦٣,٥ مم، تضرب يمه ثبات مارشال في معامل تصحيح (جدول ١).

شكل (١٤-١) جهاز مارشال

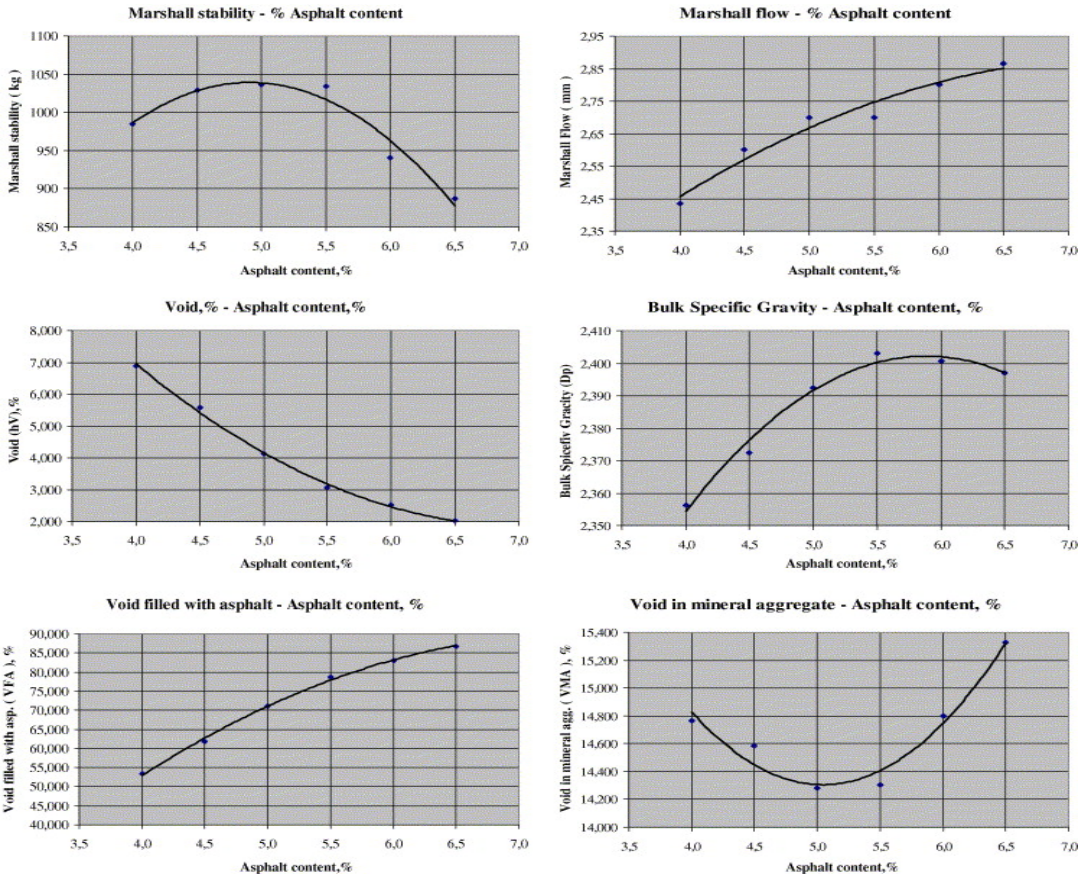
سمك العينه (مم)	معامل التصحيح	سمكالعينه (مم)	معاملالتصحيح
٥٠,٨	١,٤٧	٦٥,١	٠,٩٦
٥٢,٤	١,٣٩	٦٦,٧	٠,٩٣
٥٤	١,٣٢	٦٨,٣	٠,٨٩
٥٥,٦	١,٢٥	٦٩,٨	٠,٨٦
٥٧,٢	١,١٩	٧١,٤	٠,٨٣
٥٨,٧	١,١٤	٧٣,٠٠	٠,٨١
٦٠,٣	١,٠٩	٧٤,٦	٠,٧٨
٦١,٩	١,٠٤	٧٦,٢	٠,٧٦
٦٣,٥	١,٠٠		

■ **النتائج :**

توقيع المنحنيات التي تربط نسبه الاسفلت المختلفه مع :

١. مقدار الاسفلت بالرطل.
٢. وزن وحده الحجوم، طن/م^{٣}
٣. نسبه الفراغات الكليه بالمخلوط الاسفلتي (%).
٤. نسبه الفراغات بالمواد الصلبه (%).
٥. مقدارالإنسياب (١٠٠/١ من البوصه).

شكل



(٢-١٤) المنحنيات التصميمه للخلطات الاسفلتيه

■ **التقرير :**

١. نوع العينه (تجهيز معمل او قالب)
٢. متوسط ثبات مارشال مصحح لثلاث عينات متماثله (معده بنفس محتوي الاسفلت).
٣. متوسط انفعال مارشال لثلاث عينات متماثله (معده بنفس محتوي الاسفلت).
٤. تعيين محتوي الاسفلت الذي يحقق اعلي ثبات (A).
٥. تعيين محتوي الاسفلت الذي يحقق نسبه فراغات هوائيه (٣ : ٥)% (B).
٦. تعيين محتوي الاسفلت الذي يحقق اعلي كثافة نسبيه قصوي (C).
٧. حساب المحتوي الاسفلتي الامثل (Optimum Asphalt Content).
٨. التاكد من مطابقه قيم ال (VMA & Air Voids & Stability & Flow & VFA) المقابله للمحتوي الاسفلتي الامثل للمواصفات.

تجربه رقم -١٥-

الاختبار القياسي لاستخلاص الاسفلت من خلطات الرصف الاسفلتيه

Quantitative Extraction of Bitumen from Bituminous Paving Mixtures

ASTM D2172

■ **الغرض :**

يستخدم هذا الاختبار لحساب كميه البيتومين في خلطات الرصف الاسفلتيه الساخنه وعينات الاسفلت. الركام المستخلص من هذا الاختبار يمكن استخدامه في اختبار التحليل المنخلي.

■ **الاهمية والاستخدام :**

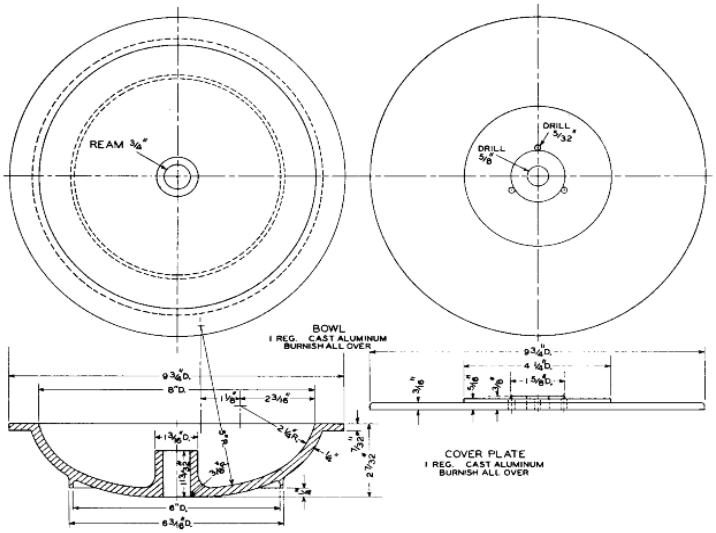
يستخدم هذا الاختبار لحساب كيمه البيتومين في خلطات الرصف الاسفلتيه وعينات الاسفلت لقبول المواصفه والتقييم.

■ **الاجهزه :**

فرن، قادر علي الحفاظ علي درجه الحراره عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه.
وعاء مسطح.
ميزان ذو دقه لا تقل عن ٠,٠١% من وزن العينه.
سخان كهربي، ذو قدره كهربيه متغيره.
وعاء ذو فتحه عليا صغيره.
وعاء اشتعال سعته.
وعاء تجفيف.
حلقه ترشيح، ورقيه.

جهاز الاستخلاص، يتكون من حله موضحه في الشكل (١٥-١)، وجهاز لتدوير الحله بسرعات متغيره يمكن التحكم به تصل لـ ٣٦٠٠ لفه في الدقيقه. يمكن التحكم في السرعه يدويا او بضبط السرعه مسبقا. ينبقي تزويد الجهاز بوعاء لتجميع المذيب الملقي من الحله و حنفيه الصرف لازاله المذيب.

شكل١٥-٢ جهاز الاستخلاص



رسمتوضيحي١٥-١ حله الاستخلاص

خطوات التجربة :

١. تسخين العينه الاسفلتيه في الفرن عند درجه حراره ٦٠ درجه مئويه للتجفيف.
٢. وضع (٧٥٠ : ٢٥٠٠) جم من عينه الاختبار المجففه سابقا لوزن ثابت مع حلقه الترشيح في الحله.
٣. تغطيه العينه في الحله ب ثلاثي كلورالايثيلين، بروميد بروبيل عادي او كلوريد الميثيلين. ترك العينه لوقت كافي حتي يحلل المذيب العينه (لايزيد عن ١ ساعه).وضع الحله المحتواه علي العينه والمذيب في جهاز الاستخلاص. تجفيف وحساب وزن حلقه الترشيح ووضعها علي حواف الحله. تثبيت الغطاء علي الحله بإحكام ووضع الوعاء اسفل الحنفيه لتجميع المذيب والبيتومين المستخلص.
٤. تشغيل جهاز الطرد المركزي ببطء، زياده سرعه الدوران تدريجيا حتي تصل السرعه الي الحد الاقصي ٣٦٠٠ لفه في الدقيقه او حتي يتوقف المذيب من التدفق من حنفيه الصرف. ايقاف الجهاز، اضافه ٢٠٠ ملي من ثلاثي كلور الايثيلين، بروميد بروبيل عادي او كلوريد الميثيلين وتكرار الخطوتين السابقتين. اضافه ٢٠٠ ملي من المذيب علي الاقل ثلاث مرات حتي يصل لون المذيب المستخلص للونه الطبيعي (اصفر شاحب). يتم تجميع ناتج الاستخلاص في وعاء مناسب.
٥. إزاله حلقه الترشيح من الحله وتجفيفها في الهواء. في حاله استخدام حلقه ترشيح مصنوعه من اللباد، يتم تنظيف سطح حلقه الترشيح بالفرشاه من المواد الناعمه الملتصقه بحلقه الترشيح وإضافتها علي الركام المستخلص. تجفيف حلقه الترشيح لوزن ثابت في الفرن عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه. إزاله كل محتويات الحله بحرص في وعاء صلب وتجفيفه في حمام بخار، وتجفيفها لوزن ثابت في الفرن او علي سخان عند (١١٠ ± ٥) درجه مئويه. في حاله استخدام ثلاثي كلوريد الايثلين، بروميد بروبيل عادي او كمذيب استخلاص، يمكن الاستغناء عن تجفيف العينه المبدئي في حمام البخار وزن الركام المستخلص (و٢) يساوي وزن الركام في الوعاء بالاضافه الي الزياده في الوزن من حلقات الترشيح.
٦. في حاله استخدام ورقه ترشيح منخفضه الرماد يتم اجراء الخطوه الاتيه: وضع الركام وحلقات الترشيح في وعاء معدني نظيف. وتجفيف العينه كما سبق توضيحها. ثني حلقه الترشيح الجافه ووضعها علي الركام. حرق حلقات الترشيح بإشعالها بالكبريت او موقد بنسن. حساب وزن الركام المستخلص في الوعاء (و٢).

■ **النتائج:**

حساب نسبه البيتومين في الاختبار كالاتي:

$$\% \, Bitumen \, Content = \left[\frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2}\right] x100$$

حيث:

و١ = وزن عينه الاختبار،
و2 = وزن الماء فى عينه الاختبار،
و3 = وزن الركام المستخلص،
و4 = وزن المواد المعدنيه في المستخلص.

تجربه رقم -16-

الاختبار القياسي لحساب معامل المرونة الرجوعى للتربة والركام

Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials

AASHTOT307-99

■ **الغرض :**

معامل المرونة الرجوعى للتربة هو أحد الاختبارات المعملية التي يحددها AASHTO T307-99 حيث هو اختبار ديناميكي يتم فى خلية ثلاثية المحاور لحساب قيمة معامل المرونة الرجوعى. قيمة معامل المرونة الرجوعى هو مؤشر على مرونة الركام، أو خاصية التربة التى تدل على التعافي من الإجهادات المتكررة مثل تلك الناجمة عن انحناءات الرصف نتيجة مرور عجلات العربات على الطريق على مدى فترة طويلة من الزمن. بشكل عام ترتبط مواد تربة الطريق التحتية التي تظهر قيمة معامل مرونة عالية مع طبقات الرصف التي تحافظ على سلامتها دون الحاجة إلى تدابير صيانة غير عادية.

■ **الاهمية والاستخدام :**

يتم إتمام اختبار معامل المرونة الرجوعى من خلال تطبيق سلسلة من عدة آلاف من الأحمال الترددية إلى عينة ركام قطرها ١٥٠ مم. الاختبارات التى تتم بموجب هذا الإجراء ستكون " اختبارات النوع الأول" التي تختص بالتربة الحبيبية. عينة التربة التي يحدث لديها تشوه وخسارة كبيرة في طول العينة في نهاية هذه الاختبارات يكون لها قيمة معامل مرونة بنسبة منخفضة. أما عينات الركام التي تتعافى من هذه التشكلات وتعود إلى ما يقرب من طول العينة الأصلي المقاس في بداية الاختبار يكون لها قيمة معامل مرونة عالية. ويمكن التعبير عن قيمة معامل المرونة الرجوعى بوحدة MPa.

مهندسين التربة قادرون على استخدام معامل المرونة الرجوعى كأداة لتصميم الطرق. ويمكن أيضا أن تستخدم كأداة للبحث عن إجابات في حالة الطرق المقامة التي تظهر مشاكل فى الرصف. إجراءات معمل هندسة الطرق والمطارات بجامعة المنصورة تسمحلك بتشغيل اختبار معامل المرونة الرجوعى لتحديد قيمته.

■ **الاجهزه :**

A. جهاز UTM:
   ١. إطار التحميل الخاص بجهاز UTM.
   ٢. خلية التحميل 25 kN (5500 lbs.).
B. خلية الأبحاث الهندسية ثلاثية المحاور:
   ١. خلية ثلاثية المحاوروسياج زجاجى شبكى.
   ٢. عدد ٢ مقياس للإستطالة لقياس التشكلالخطى فى ارتفاع العينة.
   ٣. لوحة القاعدة والمسامير المعدنية لتثبيت الخلية ثلاثية المحاور فى إطار التحميل للجهاز.
   ٤. عدد ٢ كابلات إشارة لمقاييس الاستطالة.
   ٥. محول ضاغط الهواء وخط إمداد ضغط الهواء.
C. معدات تجهيز العينة:
   ١. عينات التربة.
   ٢. قالب إعداد العينة المعنى.
   ٣. مطرقة بروكتور المعدل لدمج العينة(10 lbs.).
   ٤. ملاعق ومستقيم الحافة ومستوى.
   ٥. ورنية لقياس الأطوال.
D. معدات تركيب وتثبيت العينة:
   ١. قالب تفريغ الهواء ذو الشقين.
   ٢. غشاء مطاطى لعينة ١٥٠ مم.
   ٣. حلقات دائرية لتثبيت الغشاء المطاطى.
   ٤. مضخة تفريغ الهواء.

٥. ألواح مسامية توضع أعلى وأسفل العينة.
٦. عينة المعايرة المطاطية ١٠٠*٢٠٠ مم.

E. المعدات الإلكترونية:
١. الحاسوب الآلى
٢. وحدة تجميع البيانات.
٣. وحدات التحكم.

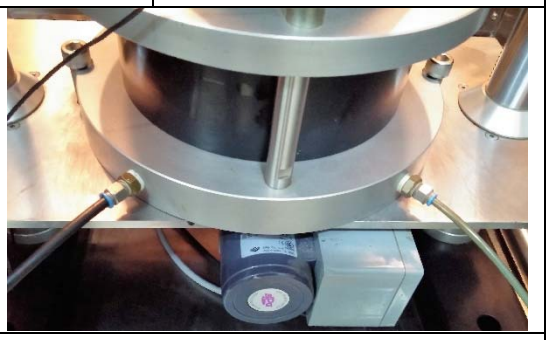
الشكل (١٦-١) إلى الشكل (١٦-١٣) يوضح مكونات جهاز UTM والمعدات المستخدمة فى إجراء الاختبار اللازم لحساب معامل المرونة الرجوعى للركام.

١٦-١. جهاز UTM	١٦-٢. إطار التحميل الخاص بجهاز UTM
١٦-٣. خلية الأبحاث الهندسية ثلاثية المحاور	١٦-٤. تجميع اتصال قضيب التحميل ومحول خط ضاغط الهواء بالخلية ثلاثية المحاور

١٦-٣,٥. لوحةقاعدة حديدية متغيرة الارتفاع لتثبيت الخلية ثلاثية المحاور

١٦-٦. مقياس الاستطالة الخطى وخط إمداد ضغط الهواء

١٦-٧. وحدة تجميع البيانات ووحدات التحكم



١٦-٨. توصيلات خطوط إمداد وتفريغ ضغط الهواء للخلية ثلاثية المحاور

١٦-٩. اتصال مكبس الجهاز بخلية التحميل

١٦-١٠. جهاز تركيب الغشاء المطاطى على العينة

١٦-١١. قالب معدنى وأدوات إعداد العينة

١٦-١٢. ألواح مسامية توضع أعلى وأسفل العينة

١٦-١٣. عينة المعايرة المطاطية

■ **تدريب مسبق والخبرة :**

اختبارمعامل المرونة الرجوعى هوإجراء معملى معقد ومتطور. ومع ذلك، هواختبارذو نتائج مرضية عند إنجازه تبعا للإجراءات القياسية للاختبار AASHTO T307-99. قبل إجراء الاختبار يجب على مجرى الاختبار أن يكون على خبرة ودراية بالآتى:

١. طرق تصنيف التربة وإعداد العينة.

٢. اختبارات الضغط المدعومة جانبيا.

٣. وضع العينة فى الخلية ثلاثية المحاور.

٤. القدرة على تشغيلوتهيئة جهاز الاختبار UTM.

٥. الخبرة بأجهزة الحاسوب وبرنامج التشغيل.

كل ما سبق يجب أن يكتسب من خلال خبرات عادية فى معمل التربة أما جهاز UTM يحتاج إلى تدريب من نوع خاص.

■ **خطوات إعداد العينة :**

يجب التدريب على إعداد العينة المطاطية وإجراء الاختبار قبل إعداد عينة اختبار حقيقية كالتالى:

١. تسجيل كود العينة للاختبار.

٢. تعيين الوزن الكلى المطلوب لعينة الركام بمعلومية الكثافة الجافة القصوى للركام وحجم القالب المعدنى.

٣. خلط عينة الركام الغير مدموكة بنسبة المياه المثالية المعينة بواسطة اختبار بروكتور المعدل.

٤. يوضع الركام فى القالب على هيئة ٦ طبقات ودمكها، ويتم تعيين وزن الركام اللازم للطبقة الواحدة عن طريق قيمة الوزن الكلى للعينة على ٦.

٥. تعيين عدد الدقات اللازمة لدمك كل طبقة عن طريق جهد الدمك اللازم (١١٤ دقة).

٦. تسوية سطح العينة النهائى وإخراجها من القالب المعدنى وتسجيل طول وقطر ووزن العينة.

٧. العمل بحذر وسرعة لتفادى الفقد فى نسبة الرطوبة فى عينة الركام.

■ **خطوات تثبيت العينة فى الخلية ثلاثية المحاور :**

١. يتم التعامل مع عينة الركام المدموكة والخلية ثلاثية المحاور على منضدة تجهيز العينات.

٢. يتم إزالة السياج الزجاجى الشبكى للخلية ثلاثية المحاور ورفع وتثبيت مكبس الخلية لمسافة الخلوص القصوى.

٣. توضع ورق ترشيح أعلى وأسفل سطح العينة، ثم يليها الألواح المسامية يعلوها الأطباق الإسطوانية المعدنية للخلية مثبت عليها حلقات دائرية لتثبيت الغشاء المطاطى.

٤. يثبت الغشاء المطاطى على قالب تفريغ الهواء ذو الشقين، ثم يفرغ الهواء وتثبت العينة بداخل الغشاء المطاطى.

٥. يوضع القالب والغشاء المطاطى والعينة بداخل الخلية بين الأطباق الإسطوانية المعدنية أثناء عملية تفريغ الهواء.

٦. يحرر مكبس الخلية ويتم إنزال الطبق الإسطوانى المعدنى العلوى حتى يلامس سطح العينة ثم يتم تثبيت مكبس الخلية مرة أخرى.

٧. تلف نهايات الغشاء المطاطى حتى تغطى الأطباق الإسطوانية المعدنية العلوى والسفلى، ويتم إحكامها بواسطة الحلقات الدائرية.

٨. يحرر تفريغ الضغط، ويفصل ويزال قالب تثبيت الغشاء المطاطى.

٩. يتم إنزال السياج الزجاجى الشبكى للخلية ثلاثية المحاور وغلق وتثبيت محابس الأمان.

١٠. فتح كل خطوط صمامات التصريف من العينة للهواء الجوى.

١١. تثبت كلا مقاييس الاستطالة الخطية ومحول ضاغط الهواء وخط إمداد ضغط الهواء.

■ **تركيب الخلية ثلاثية المحاور بداخل إطارالتحميل الخاص بجهاز UTM :**

١. تثبت لوحة القاعدة المعدنية عند ارتفاع مناسب فى إطارالتحميل الخاص جهاز UTM.

٢. ترفع وصلة ذراع المكبس بذراع التوصيل للسماح بخلوص كافى لتثبيت الخلية ثلاثية المحاور.

٣. يجب التأكد من أن خلية التحميل مثبتة وموصلة توصيل صحيح.

٤. يتم تركيب ووضع الخلية فى إطار التحميل الخاص بجهاز UTM على لوحة القاعدة المعدنية.

٥. باستخدام مكبس الجهاز يتم إنزال وصلة ذراع المكبس بذراع التوصيل حتى يتقلص الخلوص إلى حوالى ١ سم.

٦. باستخدام (ATS controller in STROKE control) يتم التحكم فى إنزال وصلة ذراع المكبس بذراع التوصيل حتى يتطابق نهاية قضيب التحميل على سطح الطبق الإسطواني المعدني العلوى.

٧. تربط محابس الأمان لضمان تأمين الخلية، ويتم توصيل خط إمداد ضغط الهواء ومحول ضاغط الهواء وكابلات توصيل مقاييس الاستطالة الخطية.

■ **اعداد الاختبار:**

١. في خلال الوقت اللازم لتجهيز العينة وتوصيل الخلية بجهاز UTM يتم تشغيل مضخة الهواء حتى تعمل على احماء النظام الهيدروليكي .

٢. يتم ضبط قراءات مقاييس الاستطالة الخطية الى الصفر يدويا باستخدام برنامج (ATS controller) .

٣. يتم التأكد من حدود الأحمال والنظام الهيدروليكي بحيث يتم غلق النظام أتوماتيكيا عند تخطي قراءات الأحمال والتشكل قدرة سعة الخلية ثلاثية المحاور.

٤. يتم اختيار نوع الاختبار المناسب لحساب معامل المرونة الرجوعي وادخال كافة البيانات اللازمة لاجراء الاختبار والعينة في البرنامج .

٥. تحرير مكبس الخلية ثلاثية المحاور.

■ **اجراء اختبار معامل المرونة الرجوعي :**

١. اختيار "Start test" في قائمة البرنامج (ATS controller).

٢. سوف يقوم الجهاز بالبدء في تطبيق نظام التحميل علي العينة طبقا لمواصفة الاختبار، حيث تبدأ مرحلة (preconditioning stage) بعدد (٥٠٠ : ١٠٠٠) دورة تحميل (١ ث/ الدورة) بضغط إحاطة مقدارة ١٠٣,٤ kPa ، يجب ألا تقل عدد نقاط البيانات المسجلة بمقاييس الاستطالة عن ٢٠٠ نقطة لكل دورة.

٣. بعد الانتهاء من مرحلة (preconditioning stage) تبدأ مراحل التحميل (١٥ مرحلة) طبقا للمواصفة بواقع ١٠٠ دورة تحميل لكل مرحلة.

٤. يجب علي مجرى الاختبار مراعاه الاتي (ألا يزيد الانفعال المحوري الدائم عن ٥% خلال فتره الاحماء ما قبل الاختبار و إلا يتم ايقاف الاختبار- يجب ان تكون قراءات مقاييس الاستطالة الخطية متقارب طبقا للمواصفة- مراقبة قيمة الحمل الفعلي على العينة أثناء إجراء الاختبار).

٥. عند الانتهاء من الاختبار يتم تجميع بيانات الاختبار و من ثم يتم إعداد التقرير الفني متضمنا قيم معامل المرونة الرجوعي و كذلك حسابات اللايقين و ارفاقها بالتقرير بناء على طلب العميل.

٦. بعد الحصول علي النتائج من الجهاز، يتم اغلاق النظام الهيروليكي للجهاز و مضخة الهواء ثم اغلاق وحدة تجميع البيانات و الحاسوب.

٧. يتم إزالة الخلية ثلاثية المحاور من الجهاز و إخراج العينة المختبرة والتأكد من المحتوى المائى للعينة.

٨. فى حالة حدوث أى تصرف غير طبيعى أثناء إجراء الاختبار يتم استخدام زرار إيقاف الطوارئ لوقف الاختبار لحماية العينة والجهاز.

٩. فى حالة أن يقف الاختبار تلقائيا بمجرد الضغط على زر التشغيل لبدء الاختبار فذلك يعود إلى خروج أحد قراءات الحمل أو الاستطالة خارج الحدود المسموحة المعرفة داخل البرنامج، فى هذه الحالة يتم إعادة ضبط القراءات على الصفر للسماح للبرنامج بالبدء فى الاختبار.

الشكل (١٦-١٤) ملخص للخطوات السابق ذكرها لإجراء الاختبار.