وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

دليل معامل قسم الهندسة المدنية

- **يحتوي برنامج الهندسة المدنية على معامل تخصصية و هي كالأتي:**

مسلسل	أسم المعمل	مكان المعمل	المساحة
1	معمل المساحة	حقلية	٢م410
2	معمل خواص وإختبار المواد	فناء المعهد	٢م130
3	معمل ميكانيكا التربة وهندسة الاساسات	407	٢م60
4	معمل الهندسة الصحية	104	٢م45
5	معمل الهيدروليكا	306	٢م59

فريق الإعداد:

ا.م.د: احمد حمدي

د: خالد سامى

د: سلمى عبد المجيد

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

د: غاده طه

د: احمد عبد الخالق

د: هدي عوض

م.م: نهال حامد

م.م: جهاد أبو الفتوح

م.م: نهي أحمد عطيه

م.م: محمد حمدي أبوالقاسم

م.م: أحمد الغول

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

دليل معمل هندسة المساحة والجيوديسيا

أولاً: بيانات المعمل الأساسية

إسم المعمل: معمل هندسة المساحة والجيوديسيا

القسم العلمي: هندسة الإنشائية

المشرف: **أ.م.د/احمد محمد حمدي**

مهندس المعمل: **م. / مونيكا كمال جميل**

أمين المعمل: **محمد رضا**

التليفون: 01026892397

الموقع بالنسبة للكلية: حقلية

مساحة المعمل: يتكون المعمل من جزء مخصص للأجهزة المساحية وجزء حقلى بمساحة 410 متر مربع.

ثانياً: قائمة بالأجهزة والمعدات الموجودة بالمعمل:

م	اسم الجهاز	عدد الأجهزة
1	ميزان	10
2	Total station	5
3	تيودوليت	5
4	شريط	30
5	بوصلة	3
6	بلانوميتر	2
7	شاخص حديد	20

ثالثاً: قائمة بالتجارب التي تؤدي داخل المعمل:

م	التجربة	الغرض منها
1	تحديد المناسيب وعمل ميزانية شبكية	
2	توضيح نقاط المساحة وقياس مسافات	
3	قياس الزوايا الأفقية والرأسية	
4	قياس الأطوال	
5	تحديد الإتجاهات	
6	قياس الخرائط	
7	توجيه الزوايا	
8	الرفع المساحى	**نقل التفاصيل الموجودة فى الطبيعة الى اللوح**
9	التوقيع المساحى	**تحويل المنشأت من مرحلة التصميم الى التنفيذ على الطبيعة باستخدام الجهزة المحتلفة) التيودوليت – جهاز المحطة المتكاملة)**
10	تحديد ميول المنشأت	**تحديد درجة خطورة الميول على المنشأ وتحديد درجة**

		سلامة المنشأ
11	تحديد مساحات الاراضى	
12	تحديد ارتفاعات المنشأت	
13	تحديد التشوه الحادث للمنشأت الهامة(الطرق- الكبارى – السدود).....	
14	تحديد كميات الحفر والردم من اجل عمل التسويات فى مشروعات الطرق والقنوات	

رابعاً: الخدمات المجتمعية التي يؤديها المعمل:

- عدد المستفيدين من المعمل:

- الجهات التى تتعاون مع المعمل: جميع الجهات التى لها علاقة بالاعمال المساحية فى كافة المجالات الهندسية.

- الدخل السنوى للمعمل: يعتمد دخل المعمل اساسيا من خلال الدورات التى يقدمها معمل المساحة والخاصة بالمواد الدراسية وكذلك الاعمال التى يكلف بها من خلال مركز الدراسات والاستشارات الهندسية ودخل المعمل ثابت سنويا.

- الجهات الممولة لأنشطة المعمل: تمويل ذاتى من خلال الجامعة فقط.

- المشاريع التنافسية التى يشارك فيها المعمل:

خامساً: الخدمات الطلابية التي يؤديها المعمل:

- عدد الطلاب المستفيدين من المعمل: حوالى 300 طالب.
- الأقسام العلمية المستفيدة من المعمل: قسم الهندسة المدنية وقسم الهندسة المعمارية وكذلك بعض البرامج الخاصة الموجودة بالكلية.
- الفرق الدراسية المساتفيدة من المعمل: الفرقة الاولى والثانية وايضا طلبة البكالوريس فى مشاريع التخرج بالكلية.
- المقررات الدراسية التى تستفيد من المعمل:

مقرر المساحة المستوية (1) للفرقة الأولى مدنى

مقرر المساحة المستوية (2) للفرقة الأولى مدنى

مقرر مساحة طبوغرافية (1) للفرقة الثانية مدنى

مقرر مساحة طبوغرافية (2) للفرقة الثانية مدنى

مقرر المساحة الهندسية للفرقة الثالثة مدنى

مشروع مساحة للفرقة الرابعة مدنى

- الأنشطة الطلابية داخل المعمل: التدريب على جميع الاجهزة المساحية لرفع وتوقيع جميع الاعمال الانشائية فى شتى المشروعات المختلفة.
- عدد طلاب الدراسات العليا المستفيدين من المعمل: -------.
- عدد الرسائل العلمية التى تمت فى المعمل: ---
- عدد الدورات التدريبية التى تمت فى المعمل: ---
- المسابقات العملية التى شارك فيها طلاب من المستفيدين من المعمل -----

❖تطبيقات الاجهزة المساحية:

1. **جهاز الميزان العادى:**

1. ارتباط الميزان بالمراحل الاولى من المشاريع الهندسة.
2. عمل القطاعات الطولية والعرضية فى مشاريع(الطرق – الصرف الصحى - السكة الحديدية - شق الترع والمصارف)
3. حساب كميات الحفر والردم من اجل اعمال التسويات.
4. عمل الميزانية الشبكية ورسم الخرائط الكنتورية.

كيفية عمل القطاع الطولى وحساب كميات الحفر والردم

الهدف من التمرين :-

1- تخطيط مقطع طولي باستخدام الشريط والتوجيه.

2- رصد وحساب مناسيب نقاط المقطع الطولي بطريقة سطح الميزان بدءاً بروبير المناسب.

3- إجراء التحقيق الحسابى اللازم.

الأدوات المستخدمة في التدريب:-

1- جهاز الميزان بالحامل .

2- القامة .

3- شريط القياس.

4- الأوتاد والمطرقة.

5 - جداول الأرصاد (سطح الميزان).

مطلوب :-

1- حساب المناسيب الطبيعية للأرض وإجراء التحقيق الحسابى علما بأن منسوب الروبير

80.00 متر.

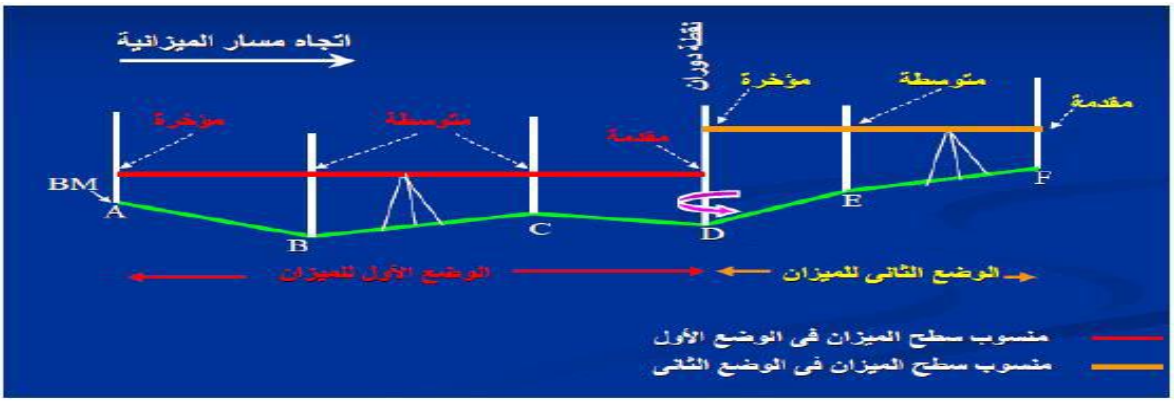
2- حساب مناسيب خط الأنشاء حيث يكون منسوب النقطة الأولى 78.00 متر والميل 2% للأعلى.

3- رسم المقطع الطولي بمقياس أفقي 1:500 ومقياس رأسي 1:100.

4- حساب أعماق الحفر عند كل نقطة.

5 - أحسب مساحة المقطع الطولي .

6- حساب حجم الحفر .



خطوات العمل :-

1- يتم تخطيط المقطع الطولي بين نقطتين AF باستخدام الشريط وبتوجيه أمامي كما يقوم به من قبل المدرب.

2- من روبير معلوم باستخدام سلسلة الميزانية يمكن الحصول على منسوب نقطة البداية مقطع طولي باستخدام جهاز ميزان و القامة.

3- يتم وضع الجهاز في الوضع (الأول)، ويتم أخذ قراءة القامة الموضوعة رأسياً (المؤخرة) فوق النقطة (A) و تسجل في الجدول في خانة المؤخرة، ثم يتم نقل القامة فوق النقطة (B) يتم أخذ قراءة القامة وتسجيلها في الخانة المتوسطة في الجدول.

4- يتم تسجيل قراءة القامة فوق النقطة (C) في خانة المتوسط، ثم يتم تسجيل قراءة القامة فوق النقطة

(D) في الجدول الموجود في خانة المقدمة.

5 - ينقل الميزان إلى الموضع (الثاني) وتؤخذ قراءة القامة الموضوع فوق النقطة (D)و يتم تسجيله في المؤخرة في صف الوتد (D) في الجدول.

6 - يتم تسجيل قراءة القامة فوق النقطة (E) في الجدول في الخانة المتوسطة ثم يتم تسجيل قراءة القامة

فوق النقطة الأخيرة (F) ومسجلة في خانة المقدمة

7- يتم حساب المستويات بطريقة سطح الميزان في جدول الميزانية.

8- نتحقق من الحسابات في الجدول.

رقم النقطة	قراءات القامة			منسوب سطح الميزان		مناسيب النقط	مسافات	ملاحظات
	مؤخرة	متوسطة	مقدمة					
A	-							روبير
B		-						
C		-						
D	-		-					دوران
E		-						
F			-					
								Σ

													المسافات
													منسوب الأرض الطبيعية
													منسوب خط الإنشاء
													عمق الحفر
													إرتفاع الردم

التحقيق الحسابى

عدد المؤخرات =	عدد المقدمات =
عدد القراءات فى الجدول =	عدد النقط + عدد نقط الدوران =
مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات =	منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة =
مجموع المتوسطات + مجموع المقدمات + مجموع المناسيب عدا منسوب أول نقطة =	المجموع الجبرى لحاصل ضرب مناسيب سطح الميزان * عدد مرات إستخدامه لإيجاد مناسيب نقط جديدة =

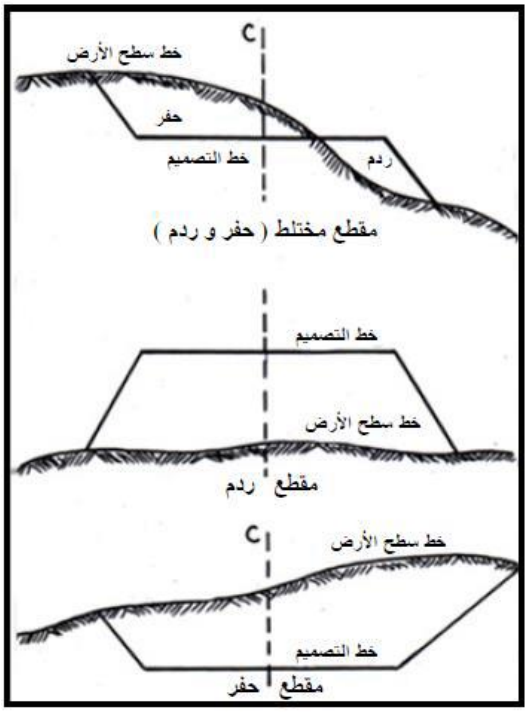
حجم الحفر = م^3.

عمل ميزانية تنفيذ المقطع الطولي والقطاعات العرضية

القطاعات العرضية

كثيرا ما يلزم معرفة تضاريس سطح الأرض ليس فقط عند نقاط محددة على محور المشروع، ولكن أيضا عند نقاط على يمين ويسار هذا المحور. من أجل هذا يجرى قياس مستويات النقاط المختارة على اتجاهات متعامدة مع محور المشروع تسمى هذه الاتجاهات المقاطع العرضية. وتتباعد هذه المقاطع عن بعضها حسب طبيعة الأرض ودرجة الدقة المطلوبة إلا أنها تتراوح بين 10م - 50م. أما مسافة إمتداد القطاع

العرضي عن يمين ويسار المحور فتتبع أيضا طبيعة الأرض ونوع المشروع كما في الشكل رقم (44).
يتم عمل القطاعات العرضية للمشاريع الممتدة طولياً والتى تشغل شريطا عرضياً مع الأرض مثل مشاريع الطرق والسكك الحديدية والقنوات الصناعية والتي من الضروري معرفة شكل الأرض لحسابها
مكعبات الحفر والردم بدقة عالية. التنبؤ بنقاط المقاطع العرضية باستخدام جهاز الثيودوليت، ومن ثم يتم رصد أعمال الميزانية لهذه النقاط لحساب مناسيبها.



<u>كيفية تنفيذ القطاعات العرضية في الطبيعة:-</u>

يتم تنفيذ القطاعات العرضية أثناء تنفيذ المقطع الطولي للمشروع، حيث يتم استخدام جهاز الثيودوليت فى إنشاء اتجاه عمودي على المحور الطولي ثم توقع نقاط القطاع العرضي على مسافة تغير سطح الأرض أو مسافة ثابتة بين كل نقطة والتي تليها على يمين ويسار المحور.

ويراعى أن تغطى النقاط عرض المشروع وبعد ذلك ترقم هذه القطاعات وترقيم نقاطها.

بعد توقيع القطاعات العرضية، يتم وضع جهاز الميزان في أماكن قريبة من المقاطع العرضية بحيث يكون كل قطاع واضحاً للميزان في نفس الوقت. من الضروري أن تكون قادرًا على رصد نقاط القطاع الطولي. وتظهر فائدة هذه الطريقة عندما تزيد المسافات بين القطاعات العرضية، فلا تسمح للميزان برؤية جميع النقاط، فيلزم عمل نقاط دوران. وقد يبدأ برصد للقطاع العرضي من محوره، وقد يبدأ من أحد جوانبيه وتدون قراءات القامة لنقاط التقاطعات العرضية في الجدول كالطريقة المتبعة في القطاع الطولي غير أنها تختلف عن طريقة تدوين المسافة فلابد من تسجيل مسافة كل نقطة من نقاط القطاع العرضي من محور المشروع وبيان موقعها إذا كانت على نفس المحور أو على يمينه أو يساره.

رسم القطاعات العرضية :-

يتم رسم القطاعات العرضية بنفس طريقة المتبعة فى رسم المقاطع الطولية، وذلك باختيار محورين متعامدين أحدهما أفقي للمسافات الأفقية والآخر رأسي للمناسيب.

2- جهاز الميزان الدقيق

1. **عمل الميزانيات . precise leveling**
2. **نقل الروبيرات Bench Mark**

3- جهاز التيودوليت:

1. **قياس الزوايا الافقية والرأسية بدقة عالية.**
2. **قياس مناسيب النقاط بطريقة غير مباشرة)الميزانية المثلثية.)**
3. **قياس ميول المنشأت.**
4. **قياس مساحات الاراضى.**
5. **قياس ارتفاع المنشأت.**
6. **توقيع محاور المشروعات وكذلك توقيع النقاط بطريقة التقاطع الامامى والتقاطع العكسى.**
7. **اقامة واسقاط الاعمدة فى كافة المشروعات.**

4- جهاز المحطة المتكاملة(Total station)

تطبيقات جهاز المحطة المتكاملة:

1. **قياس المسافات بدقة عالية جدا.**
2. **قياس الزوايا الافقية والرأسية بدقة عالية جدا.**
3. **قياس احداثيات النقاط . coordinates of points**
4. **قياس المساحات. Area Calculation**
5. **قياس الارتفاعات.**
6. **التوقيع المساحى للاعمال الهندسية المختلفة بدقة عالية جدا (الخوازيق – الاساسات – الاعمدة – مواسير الصرف الصحى.)**

التجربة الأولي

بيانات عامة:

إسم التجربة: **الرفع الامساحى باستخدام جهاز المحطة المتكاملة.**

الفرقة المقرر عليها التجربة: **الثانيه**

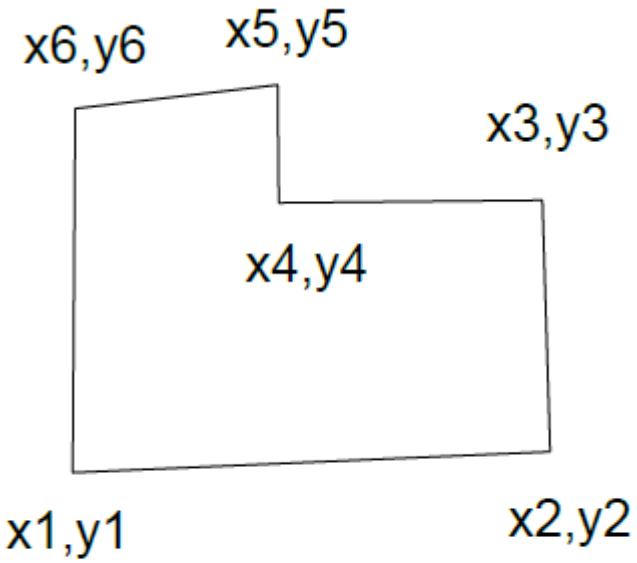
الفصل الدراسي: **الثانى**

الأدوات المطلوبة للتجربة:

1- **جهاز المحطة المتكاملة بملحقاته.**
2- **العاكس**
3- **الحامل الثلاثى**
4- **شريط صلب.**
5- **مجموعة شوك او اوتاد .**

الأساس النظري للتجربة: ▪

تهدف هذه التجربة الى نقل التفاصيل الطبيعية والصناعية من الطبيعة الى اللوح بمقياس لنقاط المبنى او الارض المراد (x ,y) رسم مناسب وذلك عن طرية معرفة الاحداثيات رفعها .



كروكي لقطعة الأرض المراد رفعها

خطوات تنفيذ التجربة▪ :

1- ضبط جهاز المحطة المتكاملة : اعداد الجهاز لتنفيذ عملية الرفع.

أ- ضبط التسامت عن طريق منظار التسامت أو عن طريق شعات الليزر.

ب- ضبط الافقية باستخدام الموازين الدائرى والطولى.

2- قياس الاحداثيات: رصد النقط وتعيين قيم الاحداثيات.

أ- ادخال احداثيات النقطة المحتلة وكذلك اذا كان نقطة او انحرافbacksight .

ب- رصد نقط المبن او الار ض و تسجيل قيم (x , y) لكل نقطة.

3- رسم المبنى أو) قطعة أرض)

أ- نقل الارصاد من جهاز المحطة المتكاملة ال جهاز الكمبيوتر.

ب- استخدام برنامج Auto cad ف رسم و اعداد لوحة الرفع.

التجربة الثانيه

▪بيانات عامة:

إسم التجربة: التوقيع باستخدام جهاز المحطة المتكاملة(Total Station)

الفرقة المقرر عليها التجربة: الثانيه

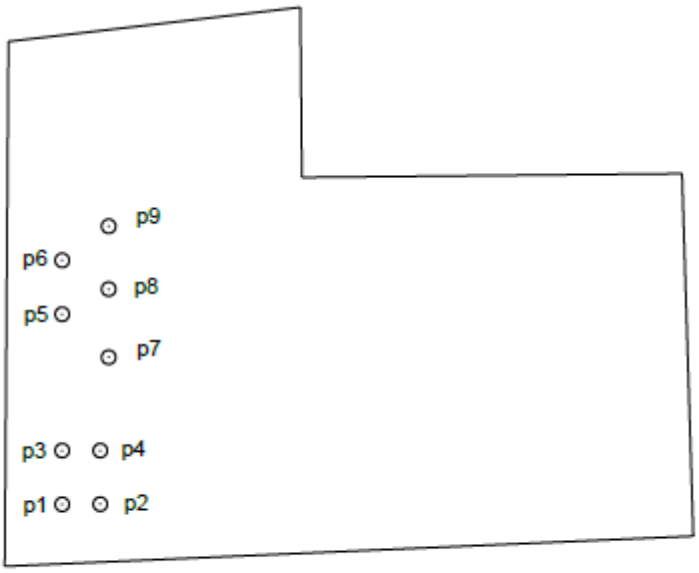
الفصل الدراسي: الثانى

▪الأدوات المطلوبة للتجربة:

1- **جهاز المحطة المتكاملة. (Total Station)**
2- **العاكس. (Prism)**
3- **الحامل الثلاثى. (Tripod)**
4- **شريط صلب**
5- **مجموعة اوتاد او شوك.**

▪الأساس النظري للتجربة:

تهدف العملية التوقيع نقط)خوازيق أو حدود مبن (عن طريق معرفة قيم الاحداثيات الكارتيزية من اللوح الانشائية.



كروكي يوضح عدد من الخوازيق المراد توقيعها

خطوات تنفيذ التجربة▪ :

1- اخراج الاحداثيات: يتم اخراج احداثيات لكل نقطه من اللوحة.

2- ضبط الجهاز: اعداد الجهاز لتنفيذ عملية التوقيع.

أ- ضابط التسامت عن طريق منظار التسامت أو عن طريق شعاع الليزرعند نقطة معلومة الاحداثيات بالنسبة للموقع.

ب- ضبط الافقية باستخدام الموازين الدائرى والطولى.

توقيع النقط : من خلال أمر S-O)setting-out)

أ- ادخال احداثيات النقطة المحتلة والانحراف Baseline(.

ب- ادخال احداثيات النقطة المراد توقيعها.

ت- يتم توقيع النقطة عن طريق المحاولة والخطا.

ث- وكذلك يتم تكرار الامر مع بقية النقط المراد توقعيها.

التجربة الثالثة

▪بيانات عامة:

إسم التجربة: حساب مساحة مبنى أو)قطعة أرض(باستخدام جهاز المحطة المتكاملة(Total Station)

الفرقة المقرر عليها التجربة: الثانيه

الفصل الدراسي: الثانى

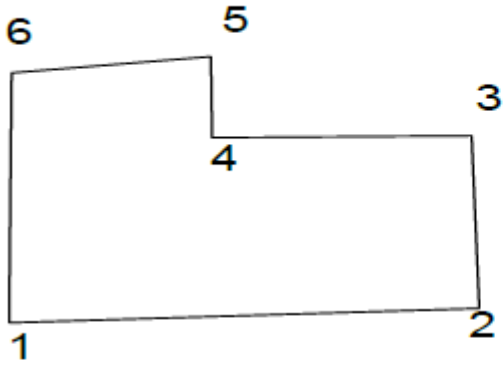
الأدوات المطلوبة للتجربة:

1- **جهاز المحطة المتكاملة. (Total Station)**
2- **العاكس. (Prism)**
3- **الحامل الثلاث. (Tripod)**
4- **شريط صلب.**
5- **مجموعة اوتاد او شوك.**

▪الأساس النظري للتجربة:

تهدف العملية الى حساب مساحة مبنى او) قطعة أرض (عن طريق معرفة قيم الاحداثيات

الكارتيزية (x , y) لكل نقطه من نقط المبنى أو) قطعة أرض.)



x1 x2 x3 x4 x5 x6 x1
y1 y2 y3 y4 y5 y6 y1

$$area = \frac{1}{2}(\sum \cdot^{\cdot} - \sum^{\cdot} \cdot_{\cdot})$$

خطوات تنفيذ التجربة▪ :

1- ضبط الجهاز: اعداد الجهاز لتنفيذ عملية الرفع.

أ- ضابط التسامت عن طريق منظار التسامت أو عن طريق شعاع الليزرعند اى نقطة تستطيع منها التوجيه على جميع نقط حدود الارض المراد حساب مساحتها.

ب- ضبط الافقية باستخدام الموازين الدائرى والطولى.

2- Area Calculationحساب المساحة: باستخدام أمر

أ- ادخال احداثيات النقطة المحتلة والانحراف.

ب- رصد نقط حدود قطعة الار ض

ت- حساب المساحة. Area = …… M^2

التجربة الرابعة

▪بيانات عامة:

إسم التجربة: تحديد ميل مبن ف اتجاهين باستخدام جهاز المحطة المتكاملة (Total Station)

الفرقة المقرر عليها التجربة: الثانيه

الفصل الدراسي: الثانى

▪الأدوات المطلوبة للتجربة:

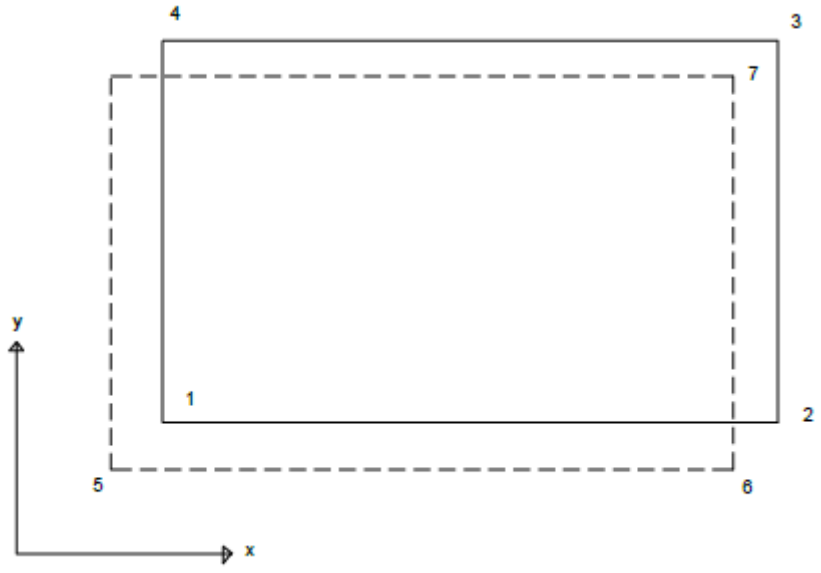
1- جهاز المحطة المتكاملة. (Total Station)
2- العاكس. (Prism)
3- الحامل الثلاث. (Tripod)
4- شريط صلب.
5- مجموعة اوتاد او شوك

▪الأساس النظري للتجربة:

تهدف العملية الى تحديد ميل المبنى فى اتجاهين عن طريق معرفة قيم الاحداثيات الكارتيزية

(x, y)لمجموعة من النقط اسفل المبنى (1,2,3,4 (وأعلاه) 5,6,7,8) وحساب قيم الميل فى

الاتجاهين التى تساوى الفرق بين احداثيات نقطتين احداهما بالاسفل والاخرى أعلاها مثل النقطتين 1 ,5



خطوات تنفيذ التجربة▪ :

1- ضبط الجهاز: اعداد الجهاز لتنفيذ عملية الرفع.

أ- ضابط التسامت عن طريق منظار التسامت أو عن طريق شعاع الليزرعند اى نقطة فى واجهة المبنى.

ب- ضبط الافقية باستخدام الموازين الدائرى والطولى.

2-قياس الاحداثيات: رصد النقط وتعيين قيم الاحداثيات.

أ- ادخال احداثيات النقطة المحتلة والانحراف.

ب- رصد نقط المبن و تسجيل قيم (x, y) لكل نقطة.

3-تعيين قيم الميل:

أ- الميل ف (x) حسب الرسم يساوى الفرق بين الاحداث السيني للنقط (1,5). الاتجاه

ب- الميل ف (y) حسب الرسم يساوى الفرق بين الاحداث السيني للنقط (1,5). الاتجاه

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

دليل معمل خواص و إختبارات المواد

أولاً: بيانات المعمل الأساسية

إسم المعمل: معمل خواص و إختبارات المواد

القسم العلمي: قسم الهندسة المدنية

المشرف: د. **خالد سامي عبدالله**

مهندس المعمل: **م.م/ نهال حامد محمد**

أمين المعمل: **محمد رضا**

التليفون: 01026892397

الموقع بالنسبة للكلية: فناء المعهد

مساحة المعمل: يتكون المعمل من جزء مخصص للأجهزة إختبارات المواد وجزء مكتب و شرح للسكاشن بمساحة 130 متر مربع.

ثانياً: قائمة بالأجهزة والمعدات الموجودة بالمعمل:

م	اسم الجهاز	عدد الأجهزة
1	مـــيزان	1
2	مـــيزان حساس	1
3	فـــرن	1
4	صاروخ قاطع	1
5	خـــلاطة نحـــلة	1
6	خـــلاطة	1
7	جهاز الاوتوكلاف للمعالجة الحرارية	1
8	اختبار قياس عامل الدمك للخرسانة الطازجة	1
9	اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة	1
10	اختبار تعيين محتوى الهواء المحبوس للخرسانة الطازجة	1
11	اختبار ال V-Funnel لقياس الانسياب للخرسانة ذاتية الدمك	1
12	اختبار ال L-Box لقياس التدفق للخرسانة ذاتية الدمك	1
13	ماكينة اختبار الضغط (الاختبارات: مقاومة الضغط و مقاومة الشد البرازيلى (الشد الغير مباشر) للخرسانة المتصلدة)	1
14	اختبار نفاذية الخرسانة للماء	1
15	اختبار مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة	1
16	مطرقة شميدت لتعيين رقم الارتداد لتقديم قيم استرشادية لمقاومة الضغط	1
17	اختبار القلب الخرسانى	1
18	اختبار تحليل المناخل للركام Sieve Analysis Test	1
19	منشـــار كهربائى	1
20	جهاز Vicat لاختبار تناسق الاسمنت و تحديد زمن الشك الابتدائى والنهائى	1
21	حوض معالجة للخرسانة	1
22	اختبار الموجات فوق الصوتية لقياس درجة التجانس فى	1

	الخرسانة	
23	قوالب معدنية لصب الخرسانة	1
24	Shear Box Test	1
25	(CBR Test) California Bearing Ratio	1
26	Consolidation Test	1
27	Triaxial Shear Test	1
28	Unconfined Compressive Strength (UCS Test)	1
29	Liquid Limit Test	1
30	Oedometer Test	1
31	فـــرن كـــهـــربـــائـــى	1
32	مـــيـــزان حـــســـاس	1
33	حـــــوض مـــــاء	1
34	مـخـــبـار مـــــدرج	1

ثالثاً: قائمة بالتجارب التي تؤدي داخل المعمل:

م	التجربة	الغرض منها	صورة الجهاز
1	**إختبار الضغط**		
2	**إختبار الانحناء**	يستخدم الجهاز لإيجاد قوة تحمل للمواد في الانحناء	
3	**إختبار النفاذية**		
4	**إختبار الهبوط**		
5	**إختبار عامل الدمك**		
6	**test Schmidt hammer**	**يتم هذا الفحص باستخدام جهاز المطرقة والذي هو عبارة عن أداة بشكل اسطوانة تنتهي مقدمتها بمطرقة حديدية متصلة بنابض فعند ضرب الخرسانة بالمطرقة ينتقل رد الفعل من الخرسانة إلى المطرقة فيعطي ر د الفعل هذا قراءة على مقياس المطرقة وبتسقيط هذه القراءة على المنحنيات المثبتة على المطرقة نحصل على مقاومة انضغاط تقريبية للخرسانة. إن هذا الفحص (فحص المطرقة) غير دقيق ولا يعطي التحمل الحقيقي للخرسانة بل يعطس فكرة عن نوعية الخرسانة .**	

	المواصفة المعتمدة الكود المصرى وكتب وبحوث علمية اخرى.		
7	Core test	يعتبر هذا الاختبار اختبار نصف إتلافي ويستخدم لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة بصورة حقيقية وواقعية ويكون ذلك بواسطة اختبارعينة منتزعة (اللب الخرسانى) من بعض الأعضاء الإنشائية الأساسية مثل السقوف، العتبات، الأعمدة، والأسس. الجهاز عبارة عن مثقاب به آلة ثقب اسطوانية المواصفة المعتمدة:الكود المصرى وكتب وبحوث علمية اخرى.	
8	Sieve analysis	عمل تحليل منخلي للتربة الخشنة لإيجاد تدريجاتها ومعرفة النسبة العابرة من كل منخل ومقارنتها مع المواصفات	
9	U.P.V test	في هذه الطريقة يتم إحداث نبضات عبارة عن موجات فوق صوتية لتسرى خلال الجزء المختبر ويتم تعيين زمن انتقالها. حيث وجد أن سرعة النبضات خالل جسم صلب يعتمد على كثافة المادة المختبرة وخواص المرونة لها المواصفة المعتمدة :الكود	

	المصرى وكتب وبحوث علمية أخرى.	

رابعاً: الخدمات المجتمعية التي يؤديها المعمل:

- عدد المستفيدين من المعمل:

- الجهات التى تتعاون مع المعمل: جميع الجهات التى لها علاقة بالاعمال خواص المواد فى
كافة المجالات الهندسية.

- الدخل السنوى للمعمل: يعتمد دخل المعمل اساسيا من خلال الدورات التى يقدمها معمل خواص المواد والخاصة بالمواد الدراسية وكذلك الاعمال التى يكلف بها من خلال مركز الدراسات والاستشارات الهندسية ودخل المعمل ثابت سنويا.

- الجهات الممولة لأنشطة المعمل: تمويل ذاتى من خلال الجامعة فقط.

- المشاريع التنافسية التى يشارك فيها المعمل:

خامساً: الخدمات الطلابية التي يؤديها المعمل:

- عدد الطلاب المستفيدين من المعمل: حوالى 300 طالب.
- الأقسام العلمية المستفيدة من المعمل: قسم الهندسة المدنية وقسم الهندسة المعمارية وكذلك بعض البرامج الخاصة الموجودة بالكلية.
- الفرق الدراسية المساتفيدة من المعمل: الفرقة الاولى والثانية وايضا طلبة البكالوريس فى مشاريع التخرج بالكلية.
- المقررات الدراسية التى تستفيد من المعمل:

مقرر خواص وإختبار المواد (1) للفرقة الأولى مدنى

مقرر خواص وإختبار المواد (2) للفرقة الأولى مدنى

مقرر خواص وإختبار المواد (3) للفرقة الثانية مدنى

مقرر خواص وإختبار المواد (4) للفرقة الثانية مدنى

مقرر تصميم منشأت خرسانية (1) للفرقة الثانية مدنى

مقرر متانة الخرسانة للفرقة الرابعة مدنى

مشروع إختبار المواد للفرقة الرابعة مدنى

- الأنشطة الطلابية داخل المعمل: التدريب على جميع الاجهزة إختبارات المواد لتعرف على خواص المواد فى جميع الاعمال الانشائية فى شتى المشروعات المختلفة.
- عدد طلاب الدراسات العليا المستفيدين من المعمل: -------.
- عدد الرسائل العلمية التى تمت فى المعمل: ---
- عدد الدورات التدريبية التى تمت فى المعمل: ---
- المسابقات العملية التى شارك فيها طلاب من المستفيدين من المعمل -----

❖تطبيقات الاجهزة إختبارات المواد:

٢-٢ اختبار التحليل بالمناخل للركام

TEST METHOD FOR THE DETERMINATION OF SIEVE ANALYSIS OF AGGREGATES

٢-٢-١ عـــــام

- هــذا الاختــبار هــو أحد الاختبارات الهامة لتحديد صلاحية الركام لاستخدامه فى الخلطات الخرســانيه. وهو يختص بتحديد التدرج الحبيبى أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام المستخرج من المصادر الطبيعية.
- فــى حالــة الركام الذى يحتوى على مواد طينية أو أى مواد تؤدى إلى تكتل الحبيبات غسل الحبيبات ثم تعيين التدرج الحبيبى لها بعد جفافها .

٢-٢-٢ الهدف

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد :

- الــتدرج الحبيــبى أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام وذلك لاستخدامه فى الخلطات الخرسانيه.
- معاير النعومة للركام.
- المقاس الاعتبارى الأكبر للركام.

٢-٢-٣ تعريفات

- الــتدرج الحبيــبى هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض فى أى كمية من الــركام ويكــون ذلــك بالتحلــيل بالمناخل للركام المستخرج من المصادر الطبيعية والركام المصنع والمستخدم فى الخرسانة.
- الــركام الصــغير هو الذى يمر تقريبا معظمه (٩٠ – ١٠٠%) من منخل ٥ مم وبه بعض حبيبات قليلة كبيرة.
- الــركام الكبــير هــو الذى يحتجز معظمه (٩٠ – ١٠٠%) على منخل ٥ مم ويحتوى على بعض حبيبات صغيرة.
- الركام الشامل هو خليط من الركام الصغير والكبير .

- معاير النعومة للركام الصغير هو مجموع النسب المئويه المحجوزة على كل منخل، من مناخل الـركام القياسية مقسوما على ١٠٠ . ويصف هذا المعامل مقاس حبيبات الركام فكلما صغر المعامل كلما دل ذلك على صغر مقاس الركام.
- المقـاس الاعتبارى الأكبر للركام هومقاس أصغر منخل يمر منه ٩٥%على الأقل من الركام الكبير أو الركام الشامل .

٢-٢-٤ الأجهزة

- ميزان حساس لا تقل حساسيته عن ٠,١ % من وزن عينة الاختبار .
- فرن جيد التهوية يمكن التحكم فى درجة حرارته حتى ١٠٥ ± ٥ درجة مئوية.
- مجموعـة المـناخل القياسـية لكل من الركام الكبير والركام الصغير والركام الخليط كما هو بـالجدول رقـم (٢-٢-١). والمـناخل القياسـية المذكورة هى المناخل ذات هيكل معدنى أسـطوانى وذات فـتحات مربعة ويسمى المنخل بطول ضلع فتحته بالمليمتر . وتستخدم من هـذه المناخل تلك التى تمكن من الحصول على تدرج مناسب لأحد التطبيقات الهندسية. ففى الـركام المستخدم للأعمال الانشائية تستخدم المناخل الآتية: ٣٧,٥ – ٢٠,٠ – ١٠,٠ – ٥,٠ – ٢,٣٦ – ١,١٨ – ٠,٦٠٠ –٠,٣٠٠ –٠,١٥٠ مم . ويمكن أن تزاد بعض المناخل لتحقيق شـرط أن يكـون أكبر وزن لكمية الركام المحجوزة على المناخل كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٢-٣) وأيضاً الحاجة إلى مقاس اعتبارى متوسط بين المقاسات أعلاه .
- هزاز مناخل ميكانيكى (اختيارى).
- صينية يمكن إدخالها الفرن بدون حدوث أى تغير فى وزنها.
- إناء كبير يسمح باحتواء العينة بالإضافة إلى ٥ مرات حجمها ماء.

٢-٢-٥ العينات

- تحضـر عيـنة الاختـبار بتجزئة العينة الكلية كما هو مبين باختبار طرق أخذ عينات الركام (اختبار رقم ٢-١) لكى تحقق الأوزان المنصوص عليها بالجدول رقم (٢-٢-٢) .
- تجفـف عيـنة الاختـبار حـتى يثبت وزنها لأقرب ٠,١% من وزن العينة فى فرن درجة حرارته ١٠٥± ٥ درجة مئوية لمدة ٢٤ ± ٤ ساعة.

٢-٢-٦ خطوات الاختبار

٢-٢-٦-١ اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام بدون غسيل

١ – توزن عينة الركام الجافة بدقة لأقرب ٠,١% من وزن العينة ولتكن وزنها (و) .

٢ – ترتب المناخل طبقا لمقاس فتحة المنخل ترتيبا تصاعديا ابتداء من الوعاء ثم تنخل العينة ويبدأ النخل بالمنخل الأكبر وينتهى بالمنخل الأصغر.

٣ – تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا أو يدويا مدة كافية لا تقل عن ٥ دقائق، بحيث لا يمر من أى منخل بعدها إلا ٠,١% من وزن العينة الكلى خلال دقيقة من النخل اليدوى. تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسيا وافقيا وذلك بهزه أماما وخلفا يمينا وشمالا ودائريا فى اتجاه عقرب الساعة وعكسه كما يحرك المنخل من وقت لآخر بحركة التفافية حتى يتحرك الركام باستمرار فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل.

٤ – يراعى أثناء نخل الركام الكبير ألا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد، وفى حالة المناخل التى مقاس فتحتها ٢٠ مم وأكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل.

٥ – يراعى أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكورات المتجمعة– إن وجدت بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يراعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المنخل مقاس ٠,١٥ مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم إحداث أى ضغط على سطح هذا المنخل .

٦ – توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس ولتكن أوزانه W_1, W_2, W_3 .الخ و يراعى عند إجراء عملية النخل ألا تحمل أوجه المناخل بوزن كبير بحيث لا تزيد الكمية المحجوزة فوق مناخل الاختبار بعد انتهاء عملية النخل عن الأوزان الموضحة بالجدول رقم (٢-٢-٣).

٢-٢-٦-٢ اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام المغسولة

– توضع عينة الركام المجففة فى الفرن داخل الإناء المذكور فى بند رقم ٥ ، ويضاف إليها ماء ليصل إلى منتصف الإناء. يقلب الركام جيدا حتى تنفصل الحبيبات الأقل من ٠,٠٧٥ مم عن الحبيبات الأكبر مقاسا. وقد يستلزم الأمر غمر الركام فى الماء لفترة أو استعمال فرشاة.

٢-٢-٦ خطوات الاختبار

٢-٢-٦-١ اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام بدون غسيل

١ – توزن عينة الركام الجافة بدقة لأقرب ٠,١% من وزن العينة ولتكن وزنها (و) .

٢ – ترتب المناخل طبقا لمقاس فتحة المنخل ترتيبا تصاعديا ابتداء من الوعاء ثم تنخل العينة ويبدأ النخل بالمنخل الأكبر وينتهى بالمنخل الأصغر.

٣ – تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا أو يدويا مدة كافية لا تقل عن ٥ دقائق، بحيث لا يمر من أى منخل بعدها إلا ٠,١% من وزن العينة الكلى خلال دقيقة من النخل اليدوى. تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسيا وافقيا وذلك بهزه أماما وخلفا يمينا وشمالا ودائريا فى اتجاه عقرب الساعة وعكسه كما يحرك المنخل من وقت لآخر بحركة التفافية حتى يتحرك الركام باستمرار فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل.

٤ – يراعى أثناء نخل الركام الكبير ألا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد، وفى حالة المناخل التى مقاس فتحتها ٢٠ مم وأكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل.

٥ – يراعى أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكورات المتجمعة– إن وجدت بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يراعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المنخل مقاس ٠,١٥ مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم إحداث أى ضغط على سطح هذا المنخل .

٦ – توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس ولتكن أوزانه W_1, W_2, W_3 .الخ و يراعى عند إجراء عملية النخل ألا تحمل أوجه المناخل بوزن كبير بحيث لا تزيد الكمية المحجوزة فوق مناخل الاختبار بعد انتهاء عملية النخل عن الأوزان الموضحة بالجدول رقم (٢-٢-٣).

٢-٢-٦-٢ اختبار التحليل بالمناخل فى حالة عينة الركام المغسولة

– توضع عينة الركام المجففة فى الفرن داخل الإناء المذكور فى بند رقم ٥ ، ويضاف إليها ماء ليصل إلى منتصف الإناء. يقلب الركام جيدا حتى تنفصل الحبيبات الأقل من ٠,٠٧٥ مم عن الحبيبات الأكبر مقاسا. وقد يستلزم الأمر غمر الركام فى الماء لفترة أو استعمال فرشاة.

٢-٢-٩ حدود القبول والرفض

– حـــدود القبول والرفض للتدرج الحبيبى للركام الصغير والركام الكبير والركام الشامل كما هو موضح بالجداول (٢-٢-٥)، (٢-٢-٦)، (٢-٢-٧) .

٢-٢-١٠ المراجع

– المواصفات القياسية المصرية ١١٠٩-١٩٧١ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية.

– مواصفات الهيئة الدولية للتوحيد القياسى – التحليل بالمناخل للركام. ISO 6274 –1982 Sieve analysis of aggregate

– المواصفات القياسية البريطانية BS 812 Part 103 1985 Sampling and testing of mineral aggregate sands and fillers

– طرق أخذ عينات الركام (اختبار رقم ٢-١)

جدول رقم(٢-٢-١) المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبى

فتحة المنخل (مم)	
لوح من الصلب الطرى مثقب بفتحات مربعة قطر المنخل ٤٥٠ مم أو ٣٠٠ مم (ركام كبير)	نسيج شبكى (أسلاك مضفرة) بفتحات مربعة قطر المنخل ٣٠٠ مم أو ٢٠٠ مم (ركام صغير)
٧٥	٣,٣٥٠
٦٣	٢,٣٦٠
٥٠	١,٧٠٠
٣٧,٥	١,١٨٠
٢٦,٥	٠,٨٥٠
١٩	٠,٦٠٠
١٣,٢	٠,٤٢٥
٩,٥	٠,٣٠٠
٦,٧	٠,٢١٢
٤,٧٥	٠,١٥٠
	٠,٠٧٥*
*يمكن فى بعض التطبيقات استخدام المنخل ٠,٠٦٣ مم	

جدول رقم (٢-٢-٢) أقل وزن لعينة اختبار التحليل بالمناخل

المقاس الاعتباري (مم)	أقل وزن لعينة الاختبار (كجم)
٦٣	٥٠
٥٠	٣٥
٣٧,٥	١٥
٢٨	٥
٢٠	٢
١٤	١
١٠	٠,٥
٥	٠,٢
٢,٣٦	٠,٢
< ٢,٣٦	٠,١

جدول رقم (٢-٢-٣) أكبر وزن لكمية الركام المحجوزة على المناخل فى اختبار التدرج الحبيبى

مقاس فتحة المنخل مم	أكبر وزن (كجم)		فتحة المنخل مم	أكبر وزن (جم)	
	قطر المنخل ٤٥٠ مم	قطر المنخل ٣٠٠ مم		قطر المنخل ٣٠٠ مم	قطر المنخل ٢٠٠ مم
٥٠	١٤	٥	٥,٠٠	٧٥٠	٣٥٠
٣٧,٥	١٠	٤	٣,٣٥	٥٥٠	٢٥٠
٢٨	٨	٣	٢,٣٦	٤٥٠	٢٠٠
٢٠	٦	٢,٥	١,٨٠	٣٧٥	١٥٠
١٤	٤	٢	١,١٨٠	٣٠٠	١٢٥
١٠	٣	١,٥	٠,٨٥٠	٢٦٠	١١٥
٦,٣	٢	١	٠,٦٠٠	٢٢٥	١٠٠
٥	١,٥	٠,٧٥	٠,٤٢٥	١٨٠	٨٠
٣,٣٥	١	٠,٥٥	٠,٣٠٠	١٥٠	٦٥
			٠,٢١٢	١٣٠	٦٠
			٠,١٥٠	١١٠	٥٠
			٠,٠٧٥	٧٥	٣٠

جدول رقم (٢-٢-٤)

طريقة حساب النسبة المئوية المحجوزة والنسبة المئوية المارة فى اختبار التحليل بالمناخل

مقاس فتحة المنخل (مم)	الوزن المحجوز على كل منخل	الوزن الكلى المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية المحجوزة من الركام	النسبة المئوية المارة من الركام
٣٧,٥	W_1	W_1	$\frac{W_1 X\ 100}{W}$	$100 - \frac{[W_1 X\ 100]}{W}$
٢٠,٠	W_2	$W_1 + W_2$	$\frac{W_1 + W_2\ X\ 100}{W}$	$100 - \frac{[W_1 + W_2\ X\ 100]}{W}$
١٠,٠	W_3	$W_1 + W_2 + W_3$	$\frac{W_1 + W_2 + W_3 X100}{W}$	$100 - \frac{[W_1 + W_2 + W_3 X100]}{W}$
٥,٠	W_4	$W_1 + W_2 + W_3 + W_4$	$\frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 X100}{W}$	$100 - \frac{[W_1 + W_2 + W_3 + W_4 X100]}{W}$

$$W = W_1 + W_2 + W_3 - W_4$$

جدول رقم (٢-٢-٥) حدود القبول والرفض للركام الصغير

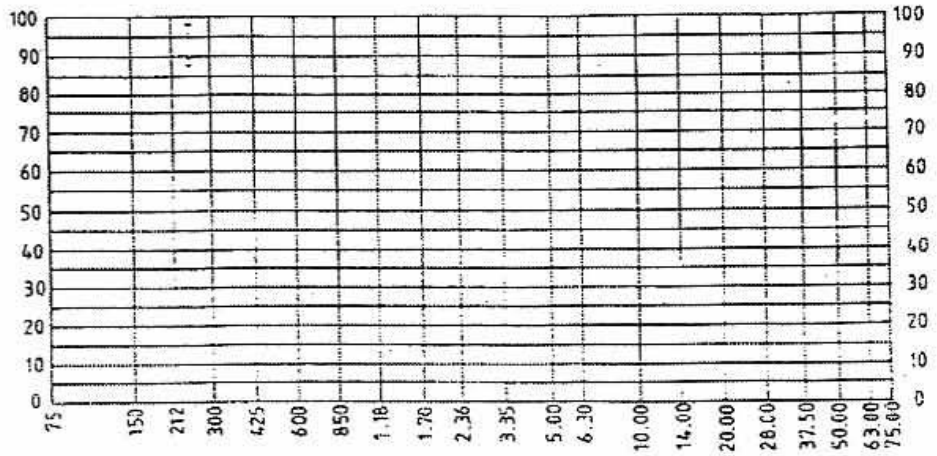
مقاس فتحة المنخل	النسبة المئوية للمار من المنخل		
	الحد العام للتدرج	الحدود الإضافية للتدرج	
		خشن	متوسط	ناعم
١٠,٠مم	١٠٠	–	–	–
٥,٠٠ مم	١٠٠-٨٩	–	–	–
٢,٣٦ مم	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٥	١٠٠-٨٠
١,١٨ مم	١٠٠-٣٠	٩٠-٣٠	١٠٠-٤٥	١٠٠-٧٥
٠,٦٠٠ مم	١٠٠-١٥	٤٥-١٥	٨٠-٢٥	١٠٠-٥٥
٠,٣٠٠ مم	٧٠-٥	٤٠-٥	٤٨-٥	٧٠-٥
٠,١٥٠ مم	صفر-١٥	–	–	–

جدول رقم (٢-٢-٦) حدود القبول والرفض الركام الكبير

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية المارة بالوزن						
	ركام متدرج (مم)			ركام بمقاس مفرد (مم)			
	٤٠-٥	٢٠-٥	١٠-٥	٤٠	٢٠	١٤	١٠
٥٠,٠٠	١٠٠	–	–	١٠٠	–	–	–
٣٧,٥٠	١٠٠-٩٠	١٠٠	–	١٠٠-٨٥	١٠٠	–	–
٢٠,٠٠	٧٠-٣٥	١٠٠-٩٠	١٠٠	صفر-٢٥	١٠٠-٨٥	١٠٠	–
١٤,٠٠	–	–	١٠٠-٩٠	–	–	١٠٠-٨٥	–
١٠,٠٠	٤٠-١٠	٦٠-٣٠	٨٥-٥٠	صفر-٥	صفر-٢٥	صفر-٥٠	١٠٠
٥,٠٠	صفر-٥	صفر-١٠	صفر-١٠	–	صفر-٥	صفر-١٠	٥٠-١٠٠
٢,٣٦	–	–	–	–	–	–	صفر-٣٠

جدول رقم (٢-٢-٧) حدود القبول والرفض للركام الشامل

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية للمار من المنخل		
	المقاس الاعتبارى ٤٠ مم	المقاس الاعتبارى ٢٠ مم	المقاس الاعتبارى ١٠ مم
٥٠ مم	١٠٠	–	–
٣٧,٥ مم	١٠٠-٩٥	١٠٠	–
٢٠,٠ مم	٨٠-٤٥	١٠٠-٩٥	–
١٤,٠ مم	–	–	١٠٠
١٠,٠ مم	–	–	١٠٠-٩٥
٥,٠ مم	٥٠-٢٥	٥٥-٣٥	٦٥-٣٠
٢,٣٦ مم	–	–	٥٠-٢٠
١,١٨ مم	–	–	٤٠-١٥
٠,٦٠٠ مم	٣٠-٨	٣٥-١٠	٣٠-١٠
٠,٣٠٠ مم	–	–	١٥-٥
٠,١٥٠ مم	صفر-٨	صفر-٨	صفر-٨



الشكل رقم (٢-٢-١) مقياس لوغاريتمى لتدوين نتائج الاختبار

٢-٥ اختبار تعيين الوزن الحجمى والنسبة المئوية للفراغات للركام

TEST METHOD FOR DETERMINATION OF BULK DENSITY (VOLUMETRIC WEIGHT) AND PERCENTAGE OF VOIDS FOR AGGREGATE

٢-٥-١ عـــــام

- تصف طريقة الاختبار خطوات تعيين الوزن الحجمى والنسبة المئوية لفراغات الركام.
- يـتلخص الاختبار فى تعيين وزن الركام الذى يملأ وعاء معلوم الحجم ومنه يتم تعيين الوزن الحجمـــى للركام. كما يمكن حساب النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام بمعلومية كل من الوزن الحجمى والوزن النوعى الظاهرى للركام.

٢-٥-٢ الهدف

- يفيد تعيين الوزن الحجمى عند تحويل حجم معين من الركام الى الوزن المكافئ له أو العكس.
- يمكـن حســاب النســبة المئوية للفرغات بين حبيبات الركام بمعلومية كل من الوزن الحجمى والوزن النوعى الظاهرى للركام.

٢-٥-٣ تعريفات

- الوزن الحجمى هو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذى يشغله.
- النســبة المــئوية للفراغات هى النسبة بين حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الركام وبين الحجم الكلى الذى يشغله الركام.

٢-٥-٤ الأجهزة

- وعاء معدنى أسطوانى الشـــــكل ذو مقابض سعته ومقاساته كما هو مبين بالجدول رقم (٢-٥-١). ويجـــب أن يكون الوعاء متينا حتى يحتفظ بشكله مع الاستعمال المتكرر مع التحقق من سعته وذلك بتعيين وزن الماء الذى يملأه تماما عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.
- ميزان حساسيته لا تقل عن ٠,٥ % من وزن عينة الاختبار.
- قضـــيب دمـــك معدنى مستقيم بقطر حوالى ١٥مم وطول لايقل عن ٥٠٠مم ، وأن يكون أحد طرفيه مخروطى الشكل بنهاية مستديرة بطول ٢٥مم.

٢-٥-٥ العينات

- تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينة الكلية طبقا لطرق أخذ عينات الركام (اختبار رقم ٢-١)
- يجرى الاختبار غالبا على ركام جاف كما يمكن إجراؤه على ركام يحتوى على أى نسبة مئوية من الرطوبة وتحدد حالة الركام وقت إجراء الاختبار كما يلى:
  - ركام تم تجفيفه عند درجة ١٠٠ – ١١٠ درجة مئوية حتى ثبوت الوزن
  - ركام مشبع بالماء وسطحه جاف (انظر ملحوظة رقم ١)
  - ركام به نسبة مئوية محددة من الرطوبة

ملحوظة رقم ١: يمكن الوصول الى حالة الركام المشبع وسطحه جاف بإضافة كمية الماء اللازمة للوصول الى حالة التشبع والتى سبق تعيينها فى اختبار تعيين النسبة المئوية للامتصاص للركام (اختبار رقم ٢-٣) ثم يترك الركام فى وعاء مغطى لمدة ٣٠ دقيقة قبل استخدامه فى الاختبار.

٢-٥-٦ خطوات الاختبار

١- يتم اختيار الوعاء المناسب من جدول رقم (٢-٥-١) حسب المقاس الاعتبارى الأكبر للركام والذى يمكن تعيينه من اختبار التحليل بالمناخل للركام (اختبار رقم ٢-٢) وليكن حجمه V_1

٢- يوزن الوعاء فارغا وجافا ونظيفا وليكن وزنه W_1

٣- يملأ الوعاء بالركام المدموك أو غير المدموك كما يلى:

أ- الركام المدموك: يملأ الوعاء لثلثه بالركام المخلوط خلطا جيدا ويدمك بقضيب الدمك ٢٥ مرة ثم يضاف مقدار آخر مساو له فى الكميه ويدمك ٢٥ مره أخرى وبعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته ويدمك ٢٥ مرة .

ب- الركام غير المدموك: يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد على ٥ سنتيمترات أعلى الوعاء ويجب اتخاذ العناية الكافية لمنع انفصال الحبيبات ذات المقاسات المختلفه المكونة لعينة الاختبار.

٤- يزال الركام الزائد عن سعه الوعاء باستعمال قضيب الدمك كمسطرة تسوية.

٥- يعين وزن الوعاء بما فيه من ركام وليكن وزنه W_2 .

٦- يكرر الاختبار ثلاث مرات على الأقل ثم يؤخذ متوسط النتائج.

جدول رقم (٢-٥-١) – مقاسات أوعية تعيين الوزن الحجمى للركام

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	سعة الوعاء (لتر)	مقاسات الوعاء (مم)		
		القطر الداخلى	الارتفاع الداخلى	تخانة الجدار
أكبر من ٤٠	٣٠	٣٦٠	٢٩٣,٦	٥,٤
من ٤٠ حتى ٥	١٥	٣٦٠	٢٨٢,٤	٤,١
أصغر من ٥	٣	١٥٥	١٥٨,٩	٣,٠

٢-٥-٧ النتائج

١- يتم حساب الوزن الحجمى للركام كما يلى:

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_1}$$

حيث:

γ = الوزن الحجمى للركام

W_1 = وزن الوعاء فارغا

W_2 = وزن الوعاء بما فيه من ركام

V_1 = حجم الوعاء

٢- يمكن حساب النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام كما يلى:

$$V\% = \left(\frac{\rho * \gamma_w - \gamma}{\rho * \gamma_w}\right) * 100$$

حيث:

$V\%$ = النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام

ρ = الوزن النوعى الظاهرى لحبيبات الركام كما تم تعيينها فى اختبار تعيين الوزن النوعى الظاهرى للركام (اختبار رقم ٢-٤)

γ_w = كثافة الماء = ١ طن/م^3

γ = الوزن الحجمى للركام (طن/م^3)

٢-٥-٨ حدود القبول أو الرفض

- لاتوجد حدود قبول أو رفض لهذا الاختبار حيث أنه لايعتبر اختبار صلاحية ولكن يجرى بهدف تعيين خاصية الركام .

٢-٥-٩ التقرير

يحتوى التقرير على البيانات التالية :

أ- المعلومات

- اسم معمل الاختبار وعنوانه
- اسم العميل
- تاريخ ورود العينة
- تاريخ إجراء الاختبار
- المواصفات القياسية المتبعة
- توصيف العينة
- طريقة وظروف حفظ العينات
- توقيعات المسئولين عن إجراء الاختبار واعداد التقرير واعتماده (الفنى-المهندس-المدير)

ب- النتائج

- الحسابات
- نتائج الاختبار

٢-٥-١٠ المراجع

المواصفات القياسية المصرية (م.ق.م) ١١٠٩-١٩٧١ " ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية"

٦-٢ طريقة تعيين الهبوط للخرسانة الطازجة

Test Method for Determination of Fresh Concrete Slump

٦-٢-١ عـــــام

يستخدم هذا الاختبار على نطاق واسع في كل أنحاء العالم سواء في الموقع أو في المعمل لتعيين قيمة الهبوط للخرسانة ذات التشغيلية المتوسطة والعالية ، ولا يقيس اختبار الهبوط هذا قابلية الخرسانة للتشغيل بصورة مباشرة ولا يعبر عن مدى سهولة دمك الخرسانة بالموقع وذلك نظراً لأن الهبوط يحدث تحت تأثير وزن الخرسانة فقط وبالتالي لا يعكس ظروف الدمك في الموقع من هزازات وخلافه، ولكن يعتبر هذا الاختبار مفيد لاكتشاف الاختلاف الذي قد يحدث في مكونات الخلطة أو في المواد المستخدمة وذلك بين موقع وآخر أو بين فترة وأخرى في نفس الموقع مما ينبه لضرورة اتخاذ أي إجراءات علاجية لتصحيح هذا الاختلاف.

٦-٢-٢ الهدف

الهدف من هذا الاختبار هو تعيين الهبوط للخرسانة الطازجة ذات قابلية التشغيل المتوسطة إلى قابلية التشغيل العالية. وتطبق هذه الطريقة للخرسانة العادية والخرسانة ذات الهواء المحبوس والمصنعة من الركام الخفيف أو الركام عادي الوزن أو الركام الثقيل بحيث يكون مقاسه الاعتباري الأكبر ٤٠مم أو أقل ، ولا تصلح طريقة الهبوط هذه لتعيين قابلية التشغيل للخرسانة المهواه أو الخرسانة التي ليس بها ركام صغير ، ويفيد هذا الاختبار في متابعة التغير في تشغيلية الخرسانة وكذلك أي تغير في المكونات الأساسية للخرسانة. وعلى ذلك يمكن عن طريقه الحكم المبدئي على مستوى ضبط جودة الخلطة الخرسانية.

٦-٢-٣ الأجهزة

١ – قالب الاختبار : يستخدم في الاختبار قالب معدني (ويفضل أن يكون من الصلب المجلفن) لا يتأثر مباشرة بعجينه الأسمنت ولا تقل تخانته عن ١,٥ مم وبحيث يكون سطحه الداخلي ناعماً وخاليا من البروزات مثل بروز مسامير البرشام وأيضاً خالياً من التنوءات المنخفضة ويكون القالب على شكل مخروط ناقص مفرغ كما في الشكل رقم (٦-٢-١) وتكون أبعاد المخروط على النحو التالي:

قطر القاعدة = ٢٠٠ ± ٢ مم

قطر القمة = ١٠٠ ± ٢ مم

الارتفاع = ٣٠٠ ± ٢ مم

ويجب أن تكون كل من قاعدة وقمة هذا المخروط الناقص مفتوحة وموازية لبعضها البعض وتعمل مع محور المخروط زاوية قائمة. ويجب أن يزود القالب بمقبضين عند ثلثي الارتفاع وكذلك قطع سفلية للضغط عليها بالقدم كما في شكل (٦-٢-١) لجعل المخروط ثابتاً تماماً، ويمكن تثبيت قالب الاختبار مع القاعدة بشرط إمكانية فكها بدون تحريك القالب.

٢ – جاروف مناسب بعرض ١٠٠مم تقريباً

٣ – حوض مسطح لتجهيز العينات مقاساته ١,٢م × ١,٢ م وعمق ٥٠ مم ويصنع من معدن لا يصدأ بتخانة ١,٦ مم.

٤ – جاروف بفتحة مربعة (شكل ٦-٢-٢).

٥ – قضيب الدمك : يصنع من قضيب مستقيم من الصلب بمقطع مستعرض مستدير بقطر ١٦ مم وطول ٦٠٠مم وبنهايتين كل منهما شبه كروية.

٦ – مسطرة مدرجة من صفر إلى ٣٠٠ مم على مسافات ٥ مم بحيث تكون نقطة الصفر إحدى نهايتيها.

٧ – قمع (اختياري) يصنع القمع من معدن لا يتأثر مباشرة بعجينة الأسمنت ويتكون القمع من مخروطين ناقصين لمحور موحد ولهما قطر مشترك ١٠٠ مم أما النهايتان فلهما قطر أكبر حيث يعمل أحد المخروطين الناقصين كقمع ملء أما الآخر فيعمل رقبة تمكن القمع من أن ينطبق على السطح الخارجي للقالب.

٦-٢-٤ تحضير العينة الاختبار

٦-٢-٤-١ الطريقة العادية

تحضر عينة الخرسانة الطازجة بالخطوات المبينة فى الاختبار رقم (٦-١) ويراعى البدء في تعيين الهبوط بسرعة بقدر الإمكان بعد تجهيز العينة.

٦-٢-٤-٢ الطريقة البديلة

إذا كانت الخرسانة تنقل بعربة خلط أو عربة الرج يقاس الهبوط باستخدام عينة تؤخذ

من التفريغة الأولى ، وبعد ذلك تؤخذ عينة بعد تفريغ ١/٣ م^3 مكونة من ست غرفات قياسية تجمع من سيل الخرسانة المتحركة وذلك في دلو أو أي وعاء مناسب. ثم يعاد خلط العينة على سطح غير منفذ وتقسم إلى جزئين ويجرى اختبار الهبوط على كل جزء.

٦-٢-٥ تجهيز العينة للاختبار

تفرغ العينة المحضرة في بند (٦-٢-٤) في الحوض المسطح لتجهيزها للاختبار مع التأكد من أنه لا يترك ملتصقاً بالوعاء المفرغة منه العينة إلا طبقة رقيقة من الأسمنت و الماء. تخلط العينة جيداً بالجاروف لتكون مخروطاً على الوعاء المسطح لتجهيز العينة ثم تقلب ثانية بالجاروف لتكون مخروطا جديدا وتكرر هذه العملية ثلاث مرات ويراعى عند عمل المخروط ترسيب كل جاروف من الخرسانة عند رأس المخروط حتى تكون الأجزاء المنزلقة على الجوانب موزعة بانتظام بقدر الإمكان وحتى لا يتزحزح مركز المخروط. ثم يسطح المخروط الثالث بالإدخال الرأسي المتكرر للجاروف خلال رأس المخروط مع رفع الجاروف تماماً من الخرسانة بعد كل مرة.

٦-٢-٦ خطوات الاختبار

يراعى قبل البدء في الاختبار التأكد من أن السطح الداخلي للقالب نظيف ورطب وبدون أي بلل زائد. يوضع القالب على سطح ناعم جاسئ غير منفذ وفي وضع أفقي تماماً وغير معرض للاهتزازات والصدمات.

يثبت القالب جيداً فوق السطح الأفقي وبه القمع إذا استخدم ، ثم يملأ بثلاث طبقات من الخرسانة تمثل كل منها ثلث ارتفاع القالب بعد الدمك ثم تدمك كل طبقة ٢٥ مرة بواسطة قضيب الدمك القياسي على أن تكون مرات الدمك موزعة بالتساوي على المقطع المستعرض للطبقة ويكون الدمك لكل طبقة حتى كامل عمقها مع مراعاة التأكد من أن قضيب الدمك لم يصطدم بقوة بالسطح الأسفل عند دمك الطبقة الأولى ، على أن يمر قضيب الدمك قليلاً عند دمك الطبقة الثانية والطبقة الأخيرة إلى الطبقة التي أسفلها مباشرة ، ثم تكوم الخرسانة فوق القالب قبل دمك الطبقة العليا.

يراعى وضع كمية إضافية من الخرسانة فوق قمة القالب خلال عملية الدمك. ويجرى تسوية سطح الخرسانة بوخز ودوران قضيب الدمك. ثم مع استمرار تثبيت القالب ، ينظف السطح السفلي من أي خرسانة تكون قد وقعت فوقه أو تسربت من الحافة السفلية للقالب ثم بعد ذلك ينزع القالب من الخرسانة برفعه رأسياً ببطء وعناية في مدة ٥ إلى ١٠ ثوان بأقل حركة

جانبـــية أو التوائـــية للخرسانة ، ويجب أن تجرى العملية الكاملة من بدء الملء حتى رفع القالب دون توقف وبحيث تتم في غضون ١٥٠ ثانية.

ثم يقاس الهبوط مباشرة بعد رفع القالب لأقرب ٥ مم باستخدام المسطرة بتعيين الفرق بين ارتفاع القالب وبين أعلى نقطة في العينة المختبرة ويجب ملاحظة الآتى :

١- يمكـــن معـــرفة بعض الدلالات عن تماسك وتشغيلية الخلطة بعد الانتهاء من قياس الهبوط وذلـــك بالطـــرق خفـــيفا على جوانب الخرسانة بقضيب الدمك حيث يحدث للخرسانة ذات النســـب الجيدة لمكوناتها وذات الهبوط الملحوظ هبوط تدريجي آخر ولكن يحدث للخرسانة ذات نسب المكونات الرديئة أن تقع منهارة.

٢- تتغير تشغيلية الخلطة الخرسانية مع الزمن نتيجة تميؤ الأسمنت (تفاعل الأسمنت مع الماء) وأيضـــاً نتيجه فقد الرطوبة. ويجب لذلك عمل اختبارات على العينات المختلفة عند فترات زمنية موحدة بعد إضافة ماء الخلط إذا أريد الحصول على نتائج مقارنة تماماً.

٦-٢-٧ بيان النتائج

يعتـــبر الاختـــبار مقبولاً إذا أعطى هبوطاً صحيحاً وهو الهبوط الذي تكون فيه الخرسانة ماتـــزال متماسكة ومتشابهة كما هو موضح بالشكل (٦-٢-٣-أ) ، أما إذا حدث قص للعينة كما فـــي الشـــكل (٦-٢-٣-ب) أو حدث انهيار للعينة كما في شكل (٦-٢-٣-جـــ) فتؤخذ عينـــة أخرى وتعاد خطوات الاختبار كما يراعى تسجيل قيمة الهبوط الصحيح لأقرب ٥ مم.

٦-٢-٨ دقة وحيود النتائج

يمكـــن الاســـتعانة بالقيم المبينة في هذا البند في حالة عدم تحديد حدود للتفاوت في قيمة الهبوط في مستندات المشروع. وفي هذه الحالة يجب أن يكون التفاوت في نتائج اختبار الهبوط للخرســـانة الطازجـــة في حدود التفاوتات المســـموح بها والموضحـــة بالجداول (٦-٢-١) و(٦-٢-٢) وذلك تبعاً لطريقة توصيف مقدار الهبوط المسموح بها في الموقع.

٦-٢-٩ التقرير

٦-٢-٩-١ عـــام

يجـــب أن يؤكـــد الـــتقرير أن الاختبار قد تم طبقا لما جاء بهذا الدليل. كما يجب أن يبين الـــتقرير إذا كانت هناك شهادة متاحة عن تحضير العينة من عدمه. فإذا كانت متاحة فيلزم تزويد التقرير بها.

٦-٢-٩-٢ محتويات التقرير

أ – معلومات ضرورية

يجب أن يحتوي تقرير الاختبار على البيانات التالية :

- تاريخ وزمن ومكان أخذ العينة وطريقة تجهيزها (عامة أو بديلة) والترقيم المميز للعينة.
- زمن ومكان الاختبار.
- الزمن منذ تجهيز العينة حتى بدء الاختبار.
- شكل الهبوط سواء صحيح أو قص أو انهيار.
- مقاس الهبوط الصحيح.
- اسم الشخص القائم بالاختبار.

ب – معلومات اختيارية

يجب أن يتضمن تقرير الاختبار المعلومات التالية في حالة طلبها:

- اسم المشروع ومكان استخدام الخرسانة.
- اسم المورد ومصدر الخرسانة المختبرة.
- تاريخ وزمن إنتاج الخرسانة وتوريدها للموقع.
- مواصفات الخلطة الخرسانية (مثل رتبة المقارنة).

٦-٢-١٠ المراجع

- المواصفات القياسية المصرية م.ق.م. ١٦٥٨ / ١٩٨٨ (الجزء الأول): طريقة أخذ عينات الخرسانة الطازجة من الموقع.

جدول (٦-٢-١) التفاوت المسموح به في حالة تحديد حد أقصى للهبوط

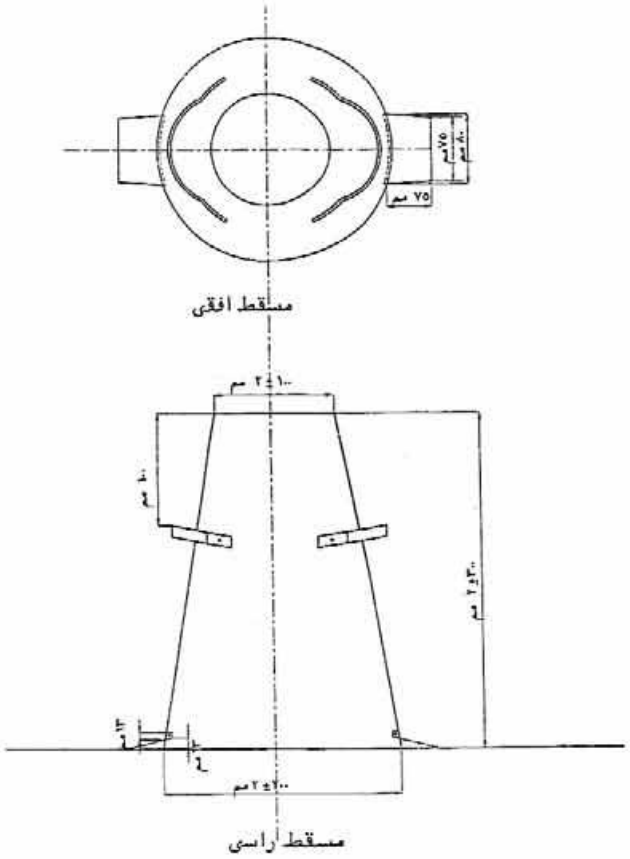
مقدار الهبوط الأقصى المسموح	مقدار التفاوت المسموح (أقل من الهبوط الأقصى)
٧٥ مم أو أقل	١٥ مم
أكبر من ٧٥ مم	٢٠ مم

جدول (٦-٢-٢) التفاوت المسموح في حالة تحديد قيمة للهبوط المطلوبة

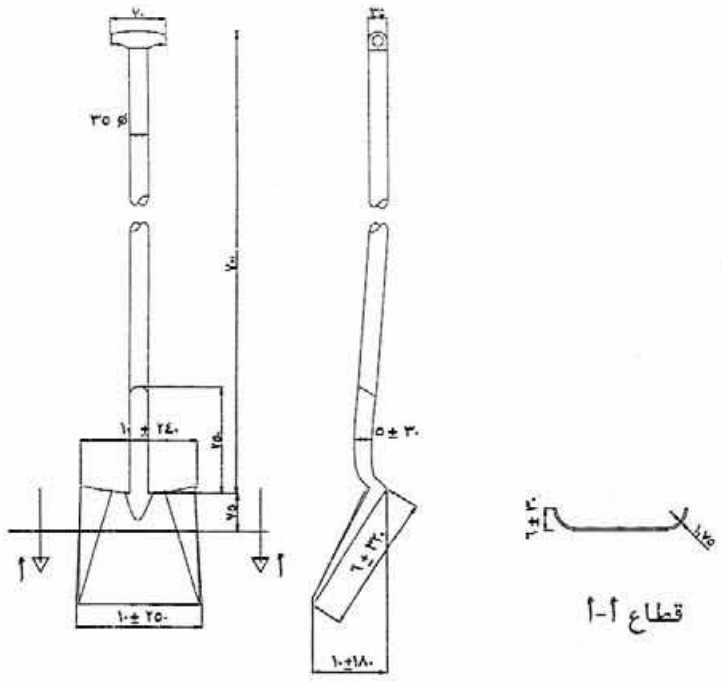
مقدار الهبوط المطلوب	مقدار التفاوت المسموح
٥٠مم أو أقل	± ١٠ مم
أكبر من ٥٠ مم إلى ١٠٠ مم	± ٢٠ مم
أكبر من ١٠٠ مم	± ٣٠ مم

جدول (٦-٢-٣) قيم الهبوط المطلوبة للعناصر الخرسانية المختلفة باستخدام الدمك الميكانيكي

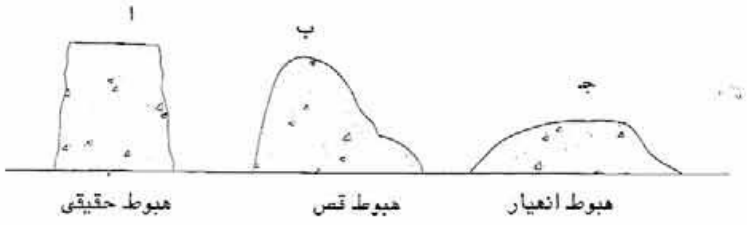
نوع العنصر الإنشائي	الهبوط* مم	أسلوب الدمك
خرسانة كتلية.	صفر – ٢٥	دمك ميكانيكي
القواعد الخرسانية خفيفة التسليح ومتوسطة التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	٢٥ – ٥٠	دمك ميكانيكى
قطاعات خرسانية متوسطة وعالية التسليح. قطاعات خرسانية خفيفة التسليح.	٥٠ – ١٠٠	دمك ميكانيكى دمك يدوى
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح.	١٠٠ – ١٢٥	دمك خفيف
أساسات عميقة وخرسانة قابلة للضخ.	١٢٥–٢٠٠ **	دمك خفيف



شكل (٦-٢-١) شكل مخروط الهبوط



شكل (٦-٢-٢) الجاروف القياسى



شكل (٦-٢-٣) أشكال الهبوط المتوقعة للخرسانة الطازجة

٧-٢- اختبار تعيين مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة

DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH OF HARDENED CONCRETE SPECIMENS

٧-٢-١ عـــــــام

تعتـبر مقاومة ضغط عينات الخرسانة المتصلدة أهم الخواص الميكانيكية ويمكن بمعرفتها تقدير قـيمة الخـواص الميكانيكـية الأخـرى مثل مقاومة الشد فى الانحناء ومقاومة القص ومعاير المرونة الإسـتاتيكى. وتـتوقف مقاومـة ضغط عينات الخرسانة على العديد من العوامل منها خواص و نسب المكونـات ، شـكل العينة ومقاساتها بالإضافة إلى ظروف الاختبار مثل خواص مكنة الاختبار ومعدل التحميل وكذلك ظروف المعالجة والتخزين قبل الاختبار وعمر العينة.

٧-٢-٢ الهـــدف

يهدف هذا الاختبار إلى تحديد مقاومة ضغط عينة من الخرسانة المتصلدة، و يفيد ذلك فى تحديد رتـبة الخرسـانة المنـتجة ومدى مطابقتها لاشتراطات المشروع الهندسى. وعلى هذا فإن نتيجة هذا الاختـبار يبنى عليها قبول أو رفض عينات الخرسانة وأى إجراءات أخرى (مثل اللجوء إلى اختبارات غير متلفة) لتحديد ملاءمة الخرسانة المنتجة لظروف التشغيل فى المنشأ.

٧-٢-٣ الأجهزة

الجهـاز المسـتخدم فى هذا الاختبار مكنة اختبار ضغط مطابقة لاشتراطات المواصفة القياسية الدولـية ISO 4012 أو المواصـفة القياسـية البريطانـية BS 1881: Part 115. ويجب أن تتوفر فيها الاشتراطات الآتية:

- القدرة على التأثير بالحمل بالمعدل المطلوب و تثبيته عند القيمة المطلوبة.
- ألا تقل قيمة حمل الكسر للعينة عن ١٠/١ من قيمة مدى قياس المكنة.
- أن تؤمن دقة مكنة الاختبار ومؤشر قياس الحمل تحديد حمل الكسر بدقة +١%.
- أن يكـون لوحا التحميل لمكنة الاختبار المستخدمة من الصلب المصلد الذى لايقل رقم روكويل (C) للصلادة له عن ٥٥ ، و لا يقل سمك الطبقة المصلدة عن ٥ مم.
- أن تكـون أبعـاد لوحى المكنة فى المسقط الأفقى أكبر من أبعاد عينة الاختبار و إذا استخدمت قطع صـلب ثانويـة لتغيـير المسـافة الحرة بين لوحى تحميل المكنة و العينة فيجب أن يكون لها نفس الخواص السابق ذكرها عن لوح تحميل المكنة الأصلى و ألا يقل سمكها عن ٢٥ مم.

– أن يجلخ سطحا لوحى تحميل المكنة لضمان استوائهما مع مراعاة أن حدود السماح لاستواء السطح هى ٠,٠٢ مم لكل ١٠٠ مم من طول ضلع المكعب أو قطر الأسطوانة. و عندما يؤدى الاستعمال المتكرر للمكنة إلى تجاوز هذا الحد فإنه يجب إعادة تجليخ سطحى اللوحين لاستعادة استواء سطحيهما.

– يفضل أن يكون لوح التحميل العلوى للمكنة ذا مرتكز كروى أبعاده تجعل أى تشكلات تحدث للوح التحميل تحت تأثير أحمال التشغيل لا تتعدى حدود استواء السطح سالفة الذكر.

– أن يكون مركز المرتكز الكروى على سطح لوح تحميل المكنة أو على مسافة منه لاتزيد عن ١/٢٠٠ من طول قطر لوح التحميل كما يجب ألا يزيد قطر المرتكز كثيرا عن البعد الأكبر من أبعاد سطح عينة الاختبار الملامس للوح التحميل.

٧-٢-٤ العينات

٧-٢-٤-١ اشتراطات عامة

– يجب أن تتوافق عينات الاختبار مع اشتراطات الاختبار رقم (٦-١١) بالدليل أو المواصفات الخاصة بالمشروع .

– لا يجوز اختبار العينات التي تخرج غير سليمة من قوالب الصب.

٧-٢-٤-٢ مراجعة الأبعاد والشكل

يتم قياس الأبعاد التالية لأقرب ملليمتر:

– للعينات المكعبة الشكل؛ جميع الأبعاد الجانبية (a) .

– للعينات الأسطوانية الشكل ؛ القطر (d) والارتفاع (L).

– للعينات المنشورية الشكل ، الطول (L) والعرض (d_1) والارتفاع (d_2) .

وهذه الأبعاد يجب قياسها كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٢-١).

– إذا توافرت أى درجة من الشك بعد الفحص البصرى فى مدى مطابقة استواء أسطح العينة التي ستتعرض للتحميل أو فى تعامد سطوح العينة على بعضها لاشتراطات المواصفات القياسية يجب مراجعة الزوايا بين أسطح التحميل والأسطح المتقاطعة معها كالموضح بالشكل رقم (٧-٢-٢). كما يجب قياس مدى استواء سطحى التحميل ومقارنة ذلك بالحدود المسموح بها طبقا لاشتراطات المواصفات المختصة.

٧-٢-٤-٣ تعديل عينة الاختبار

إذا لـــم تحقق العينة الاشتراطات السابقة فيمكن عندئذ تعديل استواء وتعامد أسطح العينة وأبعادها بإحدى الطرق التالية:

٧-٢-٤-٣-١ القطع والتجليخ

ويتم بطريقة لا تسبب حدوث تغيرات في خواص العينة .

٧-٢-٤-٣-٢ عمل وسادة لأسطح التحميل

- يجـــب أن تحقق مادة الوسادة تسوية تامة لسطح التحميل وأن تتماسك بشكل جيد مع سطح العينة ولا تؤثر فى الخرسانة بأي شكل.
- يجـــب أن تكـــون مقاومة مادة الوسادة عند الاختبار أكبرمن المقاومة المتوقعة للخرسانة ويجب ألا يزيد سمك طبقة التسوية عن ٢ % من أصغر بعد فى العينة.

٧-٢-٤-٤ تعيين وزن العينة

يجـــب مسح الماء من على سطح العينة قبل تعيين وزن العينة التى تم معالجتها بالغمر بالماء أو فى جو مشبع بالرطوبة ثم يعين وزنها بدقة $\pm$ ٠,٢٥ %.

ويجب تدوين حالة رطوبة العينة (مشبعة – جافة فى الهواء – جافة بالفرن).

٧-٢-٤-٥ تعيين الكثافة الظاهرية

تعيـــن الكثافة الظاهرية بحساب ناتج قسمة وزن العينة (المحدد فى البند ٧-٢-٤-٤) على حجم العينة (المحدد من أبعادها المقاسة فى البند ٧-٢-٤-٢).

٧-٢-٥ خطوات الاختبار

- يتم تنظيف سطحى لوحى تحميل المكنة و كذلك سطحى تحميل العينة.
- توضع العينة على اللوح السفلى للمكنة مع ضبط محورها لينطبق على محور تحميل المكنة – يجب ألا يتعدى الخطأ فى ضبط المحورية ١/١٠٠ من طول ضلع العينة أو قطرها.
- عـــندما يبدأ التماس بين لوح المكنة العلوى و العينة يتم ضبط المرتكز الكروى لضمان توزيع منتظم للحمل على سطح تحميل العينة.
- يتم زيادة الحمل بشكل منتظم بمعدل ثابت يتراوح بين ٠,٦ $\pm$ ٠,٤ نيوتن/مم^2/ثانية.

– يستخدم معدل التحميل البطيء لعينات الخرسانة ذات المقاومة المنخفضة بينما يستخدم معدل التحميل السريع لعينات الخرسانة ذات المقاومة المرتفعة.

– عندما تبدأ تشكلات العينة فى التزايد بسرعة قبل أن تنهار تماما يجب أن يوقف القائم على الاختبار أى تعديل فى معدل التحميل و أن يترك العينة تتشكل تحت تأثير الحمل دون تغيير معدل التحميل.

– يتم زيادة الحمل حتى يحدث الانهيار التام للعينة و يحدد حمل الانهيار.

٧-٢-٦ النتائج

تحسب مقاومة ضغط العينة (f_{cc}) مقدرة بالنيوتن/مم^2 بالمعادلة التالية:

$$f_{cc} = \frac{F}{A_c}$$

حيث:

F = أقصى حمل تعرضت له العينة (حمل الانهيار) بالنيوتن

A_c = مساحة مقطع العينة الواقع عليها الحمل بالمليمتر المربع

وتقدر قيمة مقاومة الضغط لأقرب ٠,٥ نيوتن/مم^2.

٧-٢-٧ أخطاء شائعة

من الأخطاء الشائعة التى تحدث عند إجراء هذا الاختبار الهام مايلي:

– إنهاء الاختبار قبل التأكد من تمام انهيار العينات (يؤثر فى حساب تشتت نتائج العينات)

– عدم إثبات وجود ركام ذى مقاس اعتبارى أكبر لايتناسب مع أبعاد عينة الاختبار فى تقرير الاختبار (مثل وجود ركام مقاسه الاعتبارى الأكبر ٤٠ مم فى مكعب قياسى طول ضلعه ١٥٠مم).

– عدم إثبات حدوث انهيار للعينة بشكل مختلف عن الأشكال المعتادة مما يوضح وجود عيوب فى تجهيز العينة.

– اختبار عينة الخرسانة دون التأكد من أن مقاومة الوسادة المصبوبة فوقها تتعدى مقاومة العينة.

– استخدام مكنة اختبار ذات مضخة يدوية لا تؤمن معدل تحميل ثابت.

– استخدام معدل تحميل أعلى من المسموح به (التأثير بالحمل فى الظروف المثالية يستغرق ما يقرب من دقيقة لعينة مقاومتها ٣٠ نيوتن/مم^2) و زيادة معدل التحميل قد تعطى نتائج أعلى من النتائج الحقيقية.

٧-٢-٨ التقرير

يجب أن يشتمل تقرير هذا الاختبار على المعلومات التالية:

٧-٢-٨-١ بيانات يدلى بها منتج عينات الاختبار

أ – بيانات إلزامية

– الرقم الكودى للعينة

– تاريخ صب الخرسانة

– ظروف المعالجة و التخزين

– العمر المطلوب عنده اختبار العينة

ب – بيانات اختيارية

– اسم المشروع

– اسم جزء المبنى أو العنصر الإنشائى

– رتبة الخرسانة

– نسب الخلطة

– نوع الأسمنت و نسبة م/س

– نوع الإضافات (إذا وجدت)

٧-٢-٨-٢ بيانات يدلى بها معمل الاختبار

– حالة العينة عند استلامها فى المعمل و أى معاملات لسطحها.

– نوع و مقاسات العينة

– أى علامات على العينة

– تاريخ استلام العينة

– حالة المعالجة و التخزين

– تاريخ الاختبار

– عمر العينة

– الكثافة الظاهرية للعينة

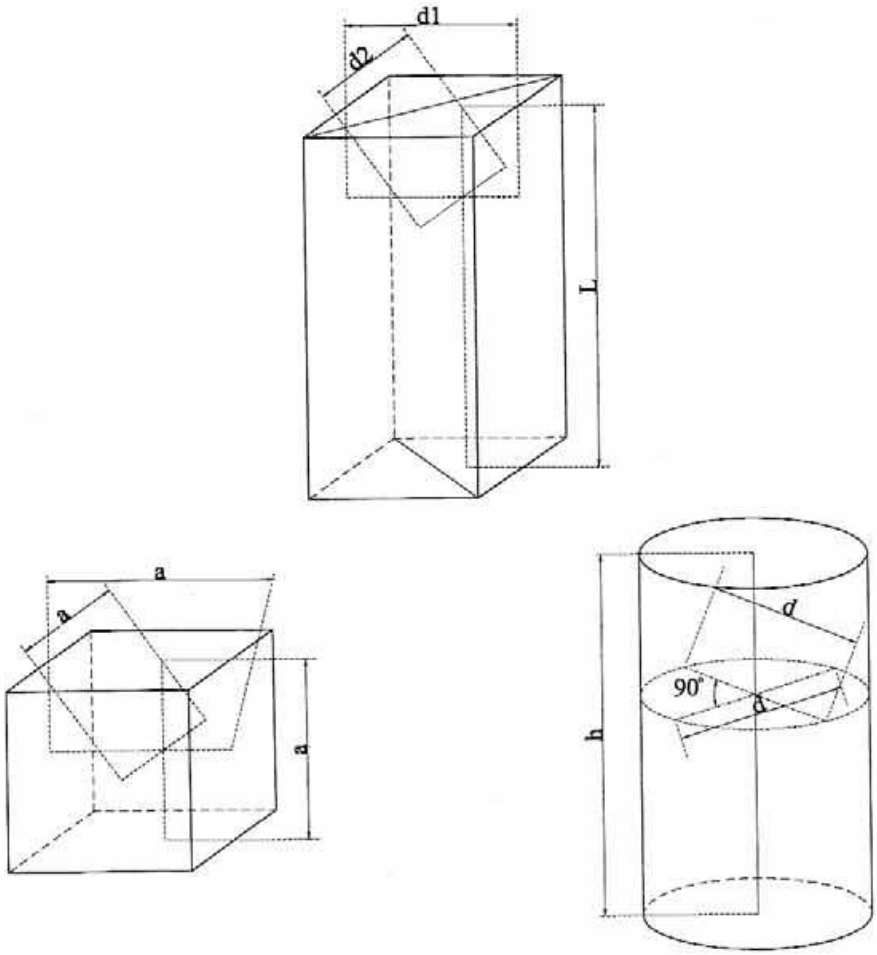
– مقاومة الضغط التى تم تعيينها

– ملاحظات

٧-٢-٩ المراجع

م.ق.م. ١٦٥٨ اختـــبار الخرسانة – الجزء الرابع و الجزء الخامس "طريقة عمل عينات اختبار الخرسانة المتصلدة من الخرسانة الطازجة".

ISO 1920 Concrete test – Dimensions, tolerances and applicability of test specimens.
ISO 2736 Concrete – Sampling, making and curing of test specimens.
ISO 6275 Concrete – Concrete, hardened – Determination of density.
ISO 4012 Concrete – Determination of compressive strength of test specimens.
BS 1881: Part 115 Testing Concrete – Specification for compression testing machines of concrete .



شكل رقم (٧-٢-١) قياس أبعاد العينات

٧-٤ اختبار تعيين مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة

DETERMINATION OF FLEXURAL STRENGTH OF HARDENED CONCRETE

٧-٤-١ عـــــام

يُجـــرى هـــذا الاختبار على عينات خرسانية متصلدة على شكل كمرات محملة بحملين مركزين بثلـــث وثلثى البحر مما يولد عزم انحناء ثابت على المقاطع بالثلث الأوسط للعينة. ويمكن اختبار الكمر كذلك بالتحميل بحمل مركز بمنتصف بحر العينة كما سيوضح فيما بعد.

٧-٤-٢ الهـــــدف

تعيين مقاومة عينات الخرسانة للشد الناتج من الانحناء (معاير الكسر) .

٧-٤-٣ الأجهزة

يتكون الجهاز من ماكينة التحميل وتركيبة التحميل للعينة.

٧-٤-٣-١ ماكينة التحميل

يجب أن تكون للماكينة القدرة على التأثير بالحمل بانتظام واستمرارية فى الاتجاه الرأسى ويجب اختـــيار مـــدى التحمـــيل بحيـــث يكون حمل الكسر فى حدود خُمس أقصى حمل ويجب أن تكون دقة الماكينة فى القياس فى حدود ± ١% من قيمة أقصى حمل .

٧-٤-٣-٢ تركيبة التحميل

وتـــتكون مـــن دعامتين لارتكاز الكمرة كما هو مبين بالشكل (٧-٤-١) ودعامتين للتحميل (أو دعامـــة واحدة فى حالة التحميل بحمل مركز بمنتصف الكمرة كما هو مبين بالشـــــكل (٧-٤-٢)) وكل الدعامات من الصلب وذات مقطع دائرى يتراوح قطرها من ٢٠ إلى ٤٠ مم. أما طول الدعامة فيجـــب أن يـــزيد علـــى عـــرض الكمرة بحوالى ١٠مم. ويجب أن تتمكن الدعامات – فيما عدا إحدى دعامـــات الارتكاز – من الدوران حول محورها والميل فى مستوى متعامد مع محور العينة الطولى ويجـــب أن تكون المسافة بين دعامتى الارتكاز مساوية لثلاثة أضعاف عمق الكمرة وأن تحدد المسافة بين الدعامات بدقة وفى حدود ± ٠,٥ مم.

٧-٤-٤ العينـــــات

– كمـــرات مـــن الخرسانة ذات مقطع مربع طول ضلعه ١٠٠ مم أو ١٥٠ مم يتم إعدادها ومعالجتها وتخزينها تبعا للاختبارات أرقام (٦-١٣، ٦-١٤) بالدليل.

- يجب التأكد من أن الأسطح المحملة مستوية ومتوازية .
- يجب التأكد ألا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر لركام الخرسانة عن ثُلث أقل بعد للكمرة ولضمان ذلك تُدخل عينة الخرسانة الطازجة على المنخل المناسب قبل صب العينة .
- يجب أن تكون عمليات ضبط سطح العينة كالصقل فى أضيق الحدود.

٧-٤-٥ خطوات الاختبار

- تقاس أبعاد العينة ويُحسب كل بعد كمتوسط لثلاثة قياسات.
- تُوضع العينة بماكينة الاختبار على دعامتى الارتكاز بحيث لا يكون الارتكاز أو التحميل على سطح الصب .
- لا يبدأ التحميل حتى تتلامس جميع الدعامات بانتظام مع العينة .
- تُحمل العينة بمعدل ٠,٠٦ ± ٠,٠٤ نيوتن/مم^2/ثانية بانتظام حتى الكسر.
- يُعين حمل الكسر للعينات التى يقع سطح كسرها بالثلث الأوسط لبحر العينة.ويجب استبعاد النتائج الذى يظهر الكسر بها خارج الثلث الأوسط للبحر.
- فى حالة استخدام حشوات بين الدعامات والكمرة يجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند حساب الإجهادات بزيادة عمق الكمرة بمقدار الحشوات وذلك إذا وقع الكسر تحت الدعامة.

٧-٤-٦ النتائـــــج

تُحسب النتائج كالتالى :

مقاومة الانحناء (نيوتن/مم^2) = $\frac{FL}{d_1 d_2^{\,2}}$ فى حالة التحميل بثلث وثلثى البحر

مقاومة الانحناء (نيوتن/مم^2) = $\frac{3FL}{2d_1 d_2^{\,2}}$ فى حالة التحميل بمنتصف البحر

حيث :

F : حمل الكسر (بالنيوتن)

L : بحر الكمرة بالمم

d_1 : عرض قطاع الكمرة بالمم

d_2 : عمق الكمرة بالمم

حيث اسمياً d_1 = d_2 = عمق الكمرة

تحسب مقاومة شد الانفلاق لأقرب ٠,١ نيوتن/مم^2

٧-٤-٧ التقريـــــــر

يشتمل تقرير هذا الاختبار على البيانات التالية :

٧-٤-٧-١ بيانات من مورد العينة

أ – بيانات إلزامية

- تمييز العينة
- تاريخ إعداد العينة
- كيفية المعالجة والتخزين
- عمر العينة عند إجراء الاختبار

ب – بيانات اختيارية

- المشروع أو المبنى
- جزء المبنى الممثلة له العينة
- مقاومة الانحناء المطلوبة
- نوعية الأسمنت المستخدم ونسبة م/س
- نوعية الإضافات المستخدمة (حالة استخدامها)

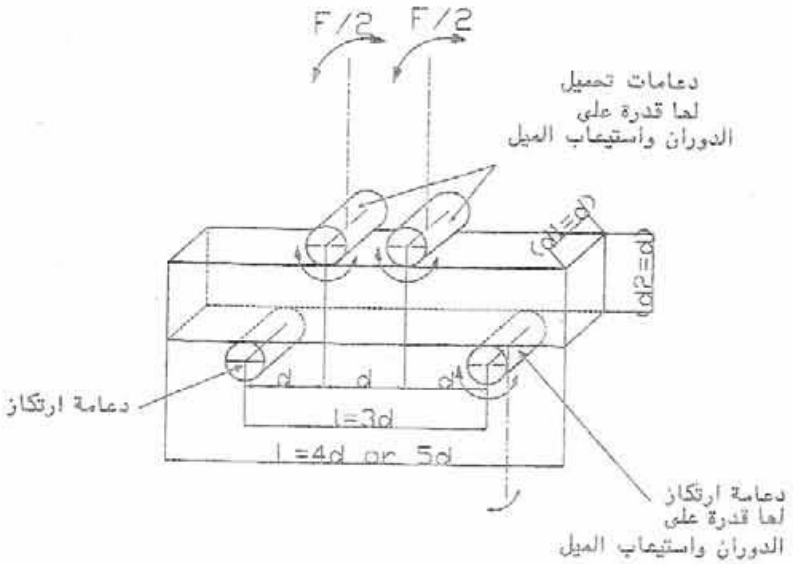
٧-٤-٧-٢ بيانات من معمل الاختبار:

- طريقة تحميل العينة ، أحمال بثلث وثلثى البحر أم حمل بمنتصف البحر
- حالة العينة عند ورودها للمعمل
- حدود عمليات ضبط أسطح العينة
- تاريخ استلام العينة
- نوعية وأبعاد العينة
- كيفية المعالجة وطريقة تخزين العينة
- تاريخ إجراء الاختبار
- عمر العينة عند الاختبار
- حمل الكسر
- مقاومة الانحناء
- ملاحظات أخرى

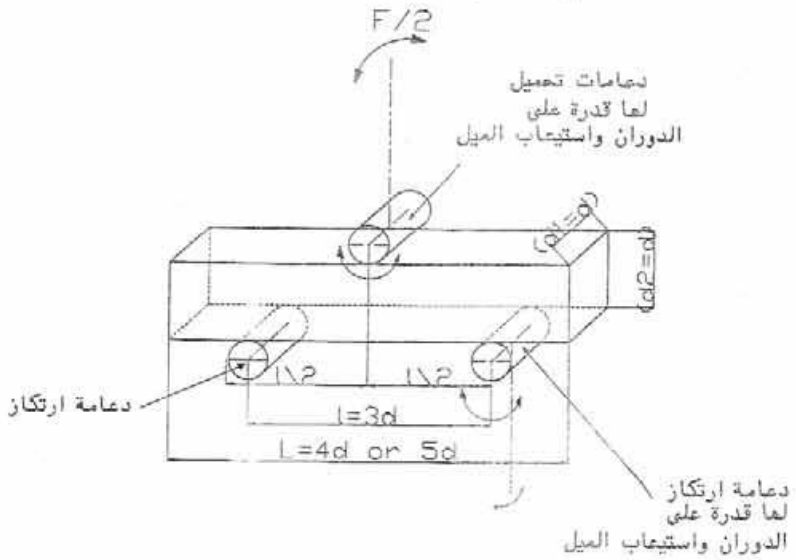
وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

٧-٤-٨ المراجع

ISO 1920 Concrete tests – Dimensions, tolerances and applicability of test specimens.
ISO 2736 Concrete – Sampling, making and curing of test specimens.
ISO 4013 Determination of flexural strength of test specimens 1978 (E).



شكل رقم (٧-٤-١) تركيبة التحميل ذات الحملين



شكل رقم (٧-٤-٢) تركيبة التحميل ذات الحمل الواحد

٨-١ إجراءات استخراج واختبار القلوب الخرسانية

PROCEDURE FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES

٨-١-١ عـــام

إن أسباب استخراج القلب لاختبار مقاومة الضغط للخرسانة هى بوجه عام لتعيين واحد أو أكثر مما يلى :

١ – التأكد من تحقيق المنشأ لمقاومة الضغط المميزة فى حالة عدم إجراء اختبار الضغط على العينات أو فى حالة فشل العينات المختبرة فى تحقيق المقاومة المميزة المطلوبة .

٢- جودة الخرسانة فى المنشأ.

٣- دراسة أمان فى المنشأ تحت تأثير أى من :

أ – نظام التحميل الفعلى

ب – نظام التحميل التصميمى

جـ – نظام التحميل لاستعمال جديد.

٤ – التدهور فى المنشأ نتيجة :

أ – زيادة التحميل.

ب – الكلال

جـ – التفاعل الكيميائى.

د – الحريق أو الانفجار.

هـ– العوامل الجوية

بالنسـبة للغـرض الثانى فإن تقدير المقاومة الفعلية يعطى مقياسا لمقاومة الضغط للخرسانة فى موقع محدد، و يمكن تطبيقه فى الحسابات الإنشائية. كما أنه فى حالة تدهور المنشأ فإن المقاومة الفعلية لقلـوب مسـتخرجة من الخرسانة فى الأماكن المتأثرة بالتدهور والأماكن السليمة قد تمكننا من تحديد درجة التدهور الحادثة.

ويمـــيز اختبار القلب أنه يعتبر أرخص الطرق المتاحة و أكثرها عمليه، لمعرفة مقاومة خرسانة مـــنفذه فعلاً والعديد من البيانات الأخرى عن الخرسانة المنفذة كخواص الركام الكبير والصغير ونسبتها ودرجة دمك الخرسانة ومساميتها ومحتوى الأسمنت ... الخ.

٨-١-٢ الهدف

الهـــدف مـــن هـــذا الاختـــبار هو التوصية بالإجراءات التى تتبع عند استخراج واختبار القلوب الخرســـانية لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة المصبوبة بالموقع وكذلك سابقة الصب . وتلك الإجراءات مصممة – اعتمادا على البحث والخبرة – للخرسانة المصنوعة من أنواع الأسمنت البورتلاندى والركام الطبـــيعى وللقلـــوب الخرســـانية المقطوعة والمختبرة طبقاً للمواصفات القياسيـــــة المصريـــــة رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥ .

ويمكـــن تطبـــيق معاملات التحويل الواردة بهذا التقرير بوجه عام على الخرسانة المحتوية على إضافات ولكن يجب استعمالها بحرص فى حالة الخرسانة التى :

– تحتوى على ركام صناعى أو ركام خفيف.

– تحتوى على أسمنت غير بورتلاندى.

– كانت ناقصة الدمك أو تلفت لأى سبب.

٨-١-٣ التعريفات

مقاومة المكعب القياسى **Standard Cube Strength**

مقاومة الضغط لمكعب أخذ من الخرسانة وتم إعداده واختباره طبقاً للمواصفات القياسية.

مقاومة القلب **Core Strength**

مقاومـــة الضـــغط المقاسة لقلب خرسانى كما هو معرف بالمواصفـــة القياسية المصريـــــة رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥.

المقاومة الفعلية **Actual Strength**

مقاومـــة الضـــغط للخرســـانة فى موقع محدد باعتبار أنها مقاومة الضغط لمكعب من الخرسانة موجود بالمنشأ.

المقاومة الفعلية التقديرية **Estimated Actual Strength**

وهـــى مقاومـــة ضغط المكعب القياسى لخرسانة العضو المختبر مقدرة من مقاومة ضغط القلب الخرســـانى المـــأخوذة من هذا العضو. ويأخذ هذا التقدير تأثير نسبة طول القلب إلى قطره وتأثير اتجاه أخـــذ القلـــب الخرســـانى وتأثير وجود صلب تسليح عمودى على محور القلب الخرسانى على مقاومة ضغط المكعب القياسى المقدرة.

٨-١-٤ التخطيط والعمل التحضيرى لاستخراج القلوب

يجـــب أن يكـــون أســـاس اتخـــاذ القرار باستخراج القلوب لتقدير المقاومة الفعلية متصلا بجميع الأطراف المعنية، بل يجب عقد اجتماع ويفضل أن يكون بالموقع بل ويحضره ممثل عن المقاول الذى سيســـتخرج القلـــب فى حالات الاستخراج المعقدة ويجب أن يغطى التخطيط والعمل التحضيرى النقاط التالية :

أ – الحاجة إلى هذا الاختبار والهدف منه.

ب– دلـــيل مـــن ســـجلات الموقـــع أو المسح باستخدام الاختبارات غير المتلفة لتحديد موقع الخرسانة موضع الشك.

جـــ – المواضع المقترحة للقلوب وعددها وحجمها.

د – قيمة المقاومة المطلوبة طبقاً للتصميم والإجراء الذى سوف يتبع إذا كانت المقاومة المقدرة أقل من المقاومة المطلوبة.

هـــ– مسئوليات الأفراد فيما يختص بتنفيذ العمل.

٨-١-٤-١ تحديد أماكن استخراج القلوب ومكان صلب التسليح

يجـــب تحديـــد أماكن الخرسانة موضع الشك فى العنصر اعتمادا على الفحص البصرى أو من الســـجلات. وقـــد يكون من الضرورى استعمال اختبار غير متلف لتعيين حدودها . كذلك يجب تحديد مكـــان أســـياخ صـــلب التسليح باستعمال جهاز الكشف عن صلب التسليح (أو من سجلات الموقع) وتوضع علامات على العضو توضح موقع أسياخ صلب التسليح بالنسبة لأماكن القلوب المقترحة.

٨-١-٤-٢ تحديد عدد القلوب

إن اختبار القلب بطبيعته أكثر اختلافا عن اختبار المكعب. فمعامل الاختلاف نتيجة الاختبار فقط للقلـــوب المقطوعة والمعدة جيداً ٦ % بينما قيمته للمكعبات المعدة جيداً ٣ % فقط، فالمقاومة الحقيقية المقـــدرة من قلب واحد تقع فى حدود ± ١٢ % فقط من القيمة الفعلية الحقيقية لمقاومة الخرسانة فى

القلب (حدود ثقة ٩٥ %). وبزيادة عدد عينات القلوب من أماكن أخذ العينات تتحسن اعتمادية المتوسط التقديرى للمقاومة الفعلية حيث يقع التقدير المتوسط للمقاومة الفعلية عند موقع محدد مقدرا باستخدام عدد (n) من القلوب فى حدود $\frac{12\%}{\sqrt{n}}$ من المقاومة الفعلية لخرسانة القلوب بمستوى ثقة ٩٥ % ، لذا فإن زيادة عدد القلوب يؤدى إلى نتائج أفضل كما هو موضح بالجدول التالى (٨-١-١)

جدول (٨-١-١) تأثير عدد القلوب المعدة جيداً على الاختلاف بين المقاومة المتوسطة والمقاومة الفعلية

عددالقلوب (n)	حدود اختلاف متوسط المقاومة المقدرة عن المقاومة الفعلية (مستوى ثقه ٩٥ %)
١	± ١٢ %
٢	± ٦ %
٣	± ٤ %
٤	± ٣ %

يجب الأخذ فى الاعتبار انه يمكن اعتبار أن عموداً صغير المقطع غير كفء إنشائيا اعتمادا على نتيجة قلب واحد فقط لأن القلب الواحد يمثل عينة ممثلة لدرجة جودة الخرسانة التى قد تؤدى للانهيار فى حين أن هذا لن يكون صحيحا إذا كان القلب الخرسانى مأخوذا من عنصر كبير الحجم ، لذا فإنه يوصى بأن يكون عدد القلوب المستخرجة عاكسا لحجم الخرسانة الحقيقية التى يمكنها أن تؤدى إلى أن يكون العنصر غير كفء إنشائيا.

وعند تحديد عدد القلوب المطلوبة يجب التفريق بين الأغراض المختلفة لاستخراج تلك القلوب ويجب الحكم على العناصر الإنشائية المتشابهة كوحدة واحدة كأن نحكم على أعمدة طابق معين أو نحكم على خرسانة سقف محدد. ويفضل ألا يقل عدد القلوب المطلوبة للحكم على صلاحية عناصر إنشائية معينة عن ٣ قلوب ويحتوى الجدول التالى (٨-١-٢) على قيم استرشادية لعدد القلوب المطلوبة.

جدول (٨-١-٢) قيم استرشادية لعدد القلوب المختبرة

الغرض من استخراج القلوب			
الصلاحية		ضبط الجودة	
حجم خرسانة الأعضاء المختبرة (ح) م^3	عدد القلوب	حجم خرسانة الأعضاء المختبرة (ح) م^3	عدد القلوب
≥ ١٥٠	٣	≥ ٢٥٠	٣
< ١٥٠	٣ + $\frac{(\text{ح} - ١٥٠)}{٥٠}$	< ٢٥٠	٣ + $\frac{(\text{ح} - ٢٥٠)}{١٠٠}$

• يقرب عدد القلب المحتوى على كسر إلى الرقم الصحيح الأعلى

٨-١-٤-٣ تحديد مواضع استخراج القلوب

يمكـــن أن يستقطع القلب من أى موضع بالخرسانة المشكوك فيها طبقاً للغرض من الاختبار ويفضـــل أن يكـــون خالـــيا مـــن الحديد. إذا كان استقطاع القلب سيؤدى إلى شكوك حول أداء العضو التشغيلى فى المستقبل فإن القلب يستقطع من أقرب جزء من الخرسانة المشكوك فيها لموقع غير حرج مـــتفق عليه.ولا يجب على الإطلاق أن تستقطع أى قلوب من الأماكن التى يؤدى استقطاع القلب نفسه إلى جعل العنصر غير آمن.

قـــد يحـــدث أن يظهـــر الفحص البصرى أو الاختبارات غير المتلفة منطقة ذات جودة قليلة ومتســـعة بقـــدر مؤثر على مقاومة العضو كله؛ فى هذه الحالة يكون من المناسب أخذ القلب من هذه المـــنطقة لـــتقدير المقاومـــة الفعلية مع أخذ الاحتياطات اللازمة لتأمين العضو فى حين أن وجود عيب موضـــعى فـــى القلب المستخرج فقط وغير موجود فى الخرسانة ككل يجعل من غير الملائم الاعتماد على هذا القلب فى تقييم أداء العنصر ككل.

– يجب أن يملأ مكان القلب بعد القطع ويكون ذلك عن طريق :

١ – ملء خرسانة جافة ذات مقاومة مناسبة فى مكان القلب.

٢ – صب جراوت أسمنت بورتلاندى أو راتنج إيوكسى فى الحفرة الجافة ثم إدخال أسطوانة مصبوبة مـــن الخرســـانة لها نفس قطر الفتحة واستخدام طريقة الضخ أو البرم لتثبيت الأسطوانة فى فراغ القلب الممتلئ بالجراوت أوالراتنج .

٣ – إذا كـــان اســـترجاع الشـــكل الأصـــلى مهمـــا فيجب نشر الجزء الخارجى للقلب واعادته لمكانه الأصلى. ويملأ الجزء الداخلى فقط من الفراغ الحلقى بخرسانة طازجة.

٨-١-٤-٤ مقاس القلب

الأقطار المسموح بها هى ١٠٠ و ١٥٠ ملليمتر حيث لا يتعدى المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير ٢٥ و ٤٠ ملليمتر على التوالى ويفضل استخدام القطر ١٥٠ ملليمتر كلما أمكن ذلك لأنه يعطى نـــتائج أكـــثر اعـــتمادية .ويوضـــح الجدول التالى أفضلية الاختيارات الخاصة بأبعاد القلوب والمشاكل المحتملة المصاحبة لكل اختيار:

الاختيار	القطر (مم)	الطول (مم)	المشاكل المحتملة
الأول	١٥٠	١٥٠	قد يحتوى على أسياخ تسليح
	١٥٠	٣٠٠	قد يؤدى إلى قطع الخرسانة بعمق أكبر من المرغوب
	١٠٠	١٠٠	- لا يسمح به إذا كان المقاس الاعتبارى أكبر من ٢٥مم - قد يؤدى إلى قطع الخرسانة بعمق أقل من المطلوب.
الأخير	١٠٠	٢٠٠	قد يعطى نتائج أقل اعتمادية.

يجب ألا تكون نسبة طول القلب إلى قطره أقل من واحد أو أكثر من اثنين بعدما تُغطى نهايتاه. وبوجه عام تفضل القلوب القصيرة عن الطويلة حيث نسبة الطول إلى القطر بين ١ و ١,٢ .

- حالة خاصة

اعتمادا على أبحاث منشورة فإنه يمكن اختبار قلوب يتراوح قطرها بين ٥٠ مم حتى ١٠٠مم وتعتبر نتائجها مرضية ولكن من الضرورى أن تختبر القلوب باستعمال ماكينات اختبار تلائم مقاس القلب، وعادة فإن المكنات المصممة لاختبار العينات ذات أقطار ١٠٠ و ١٥٠ مم تكون غير مناسبة لاختبار العينات ذات الأقطار الصغيرة. كما يجب ألا تستعمل الأقطار الصغيرة إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام يزيد على ٢٠ مم. ويجب الأخذ فى الاعتبار أن القلوب ذات الأقطار الصغيرة قد تعطى نتائج ذات اختلاف أكبر من القلوب ذات الأقطار ١٠٠ و ١٥٠ مم ($\frac{\pm 36\%}{\sqrt{n}}$) .

٨-١-٤-٥ معمل الاختبار

يجب أن تقوم الأطراف المعنية بالموافقة على معمل الاختبار الذى سيقوم بإعداد واختبار القلوب وتقييمه من حيث قدرته على إجراء الفحوص الضرورية وتغطية القلوب وإجراء اختبار الضغط طبقاً لمتطلبات هذه المواصفة ويعطى اهتماماً خاصاً بوجود شهادة معايرة لأداء ماكينة اختبار الضغط.

٨-١-٤-٦ الإشراف

يقوم بالإشراف على قطع القلوب شخص مسئول توافق عليه الأطراف المعنية ويكون قادرا على استعمال تقديره لتجنب إحداث إتلافات ولضمان استخراج القلوب بطريقة صحيحة وترقيمها. ويتم إعطاء المعلومات الآتية للمشرف الذى سيشرف على عملية التقب:

١ – موقـــع الخرســـانة المشكوك بها وأى جزء غير مناسب للقلب وكذلك الموقع المحتمل للحديد إذا وجد ضمن عمق الثقب.

٢ – قطر القلب وعدد القلوب المطلوبة ونقط الثقب محددة على سطح الخرسانة.

٣ – عمق الخرسانة المراد استخراجها من كل موقع والجزء المحـــدد منه لاختباره والإجراءات التى يجب اتباعها إذا كسر القلب قبل الوصول للطول المطلوب.

٤ – الإجراءات التى يجب اتباعها إذا أظهر فحص القلب دمكا غير كاف – حديد – شروخ.

٥ – التعليمات التى يجب إعطاؤها لمعمل الاختبار.

٨-١-٥ الحصول على القلوب

يشـــمل الحصـــول على القلوب ثقب واستخراج وفحص وتعريف القلب – تسجيل المعلومات – تحديد طول الاختبار والإرسال للمعمل.

٨-١-٥-١ الأجهزة

جهـــاز قطـــع العينة من الخرسانة المتصلدة باستخدام أسطوانة القطع وهي عبارة عن أسطوانات بأقطـــار مخـــتلفة مزودة بفدية من سبيكة خاصة مخلوطة ببرادة الماس لها خاصية القطع في الخرسانة أثناء دوران الأسطوانة بواسطة الجهاز.

٨-١-٥-٢ ثقب واستخراج القلب

يجب أن يقوم بعملية الثقب فنى مدرب ويراعى ما يلى :

– يجب أن يحافظ على وضع ثابت للمثقاب أثناء الثقب وإلا فإنه قد يحصل على قلب منحنى مما يؤدى إلى نقص فى المقاومة المقاسة.

– يجب مراعاة أن يكون الضغط المؤثر به على المثقاب بدرجة مناسبة لأن الضغط القليل يمنع تأثير القـــاطع الماســـى فـــى حين أن الضغط الكبير يسبب تآكلا زائدا للماس وقد يؤدى إلى كسر محور الموتور.

– قبل فصل القلب يجب التأكد من الوصول لعمق الثقب المطلوب.

– يمكن الاستدلال على أن المثقاب واجه صلب تسليح من تغير صوت المثقاب أو تغير سرعته أو من لون ماء التبريد.

– يـتم استخراج القلب عادة بإدخال إزميل بجانب القلب لفصل القلب عند أو بالقرب من نهاية الطول المثقوب ثم استخراج القلب باستخدام المثقاب أو كلابات .

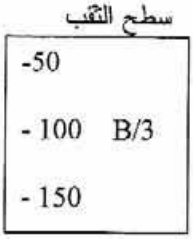
– ويجب على المشرف التأكد من أن طريقة الثقب المستخدمة لا تسبب تشوها أو تلفا للقلب.

٨–١–٥–٣ الفحص

عـند استخراج كل قلب يجب أن يقوم المشرف بفحصه للتأكد من أن طوله مناسب للاختبار وإذا لم يكن كذلك فيجب أن يستخرج قلب آخر قريبا من منطقة استخراج القلب المرفوض.

٨–١–٥–٤ تعريف القلب

يجـب أن يعطـى كل قلب رقما كوديا يكتب على سطح القلب المقطوع . كذلك توضع علامات علـى القلـب تبين المسافة بالمليمترات من سطح ثقب الخرسانة .حتى يمكن بعد تسوية القلب معرفة وضع العينة المختبرة بالنسبة للعنصر الإنشائى.



مسقط جانبى لقلب موضح عليه الرقم الكودى(B/3)
وعلامات من سطح الثقب على مسافات ٥٠مم

٨–١–٥–٥ تقرير الثقب

يقوم المشرف بإعداد تقرير عن الثقب أثناء العمل يحتوى على :

– موقع الثقب

– الرقم الكودى للقلوب

– أى ملاحظات

٨-١-٦-٥ إرسال القلوب للمعمل وتحديد أطوالها

يجب أن يتأكد المشرف من سلامة نقل القلوب للمعمل بدون حدوث تلف لها ويرسل معها التعليمات الخاصة بتحديد أى جزء من القلب يعد ويختبر ويراعى الآتى:

- يجب ألا يقل طول القلب بعد الإعداد عن القطر ولا يزيد على ضعف القطر ويفضل ألا يزيد الطول على ١,٢ القطر. ويفضل أن يتم إعداد القلب بحيث لا يشمل طول الاختبار المقاطع التى تحتوى على قطع من أسياخ صلب التسليح .

٨-١-٦ إعداد القلوب للاختبار

يشمل عمل المعمل وهو تسوية نهايات القلوب وتغطية نهاياتها واختبارها ، كما يشمل كذلك فحصها وتعيين كثافتها.

٨-١-٦-١ الأجهزة

- منشار لقطع الخرسانة لتسوية نهايات العينة إما بالقطع أو البري، و هو عبارة عن قرص دائري مزود بفدية من الماس أو كربيد السيليكون متصل بموتور للحركة (يستخدم في حالة تجهيز العينة بطريقة التجليخ) ويمكن من تسوية السطح في حدود التفاوت المسموح به.
- طوق من الصلب مستوى الحافتين و لوح من الزجاج بسمك لا يقل عن ٨ مم يستخدمان في حالة تجهيز نهايات العينة باستخدام المونة الأسمنتية.
- قالب لتجهيز نهايات العينة بالكبريت يتكون من لوح أفقي ذى سطح مستو من الصلب لا يزيد التفاوت في أفقية سطحه عن ٠,٣٠ مم ومتعامد مع دليل رأسى لضمان الحصول على نهاية مستوية و متعامدة مع محور العينة .
- مكنة اختبار مقاومة الضغط مناسبة للعينة من حيث الحجم و الحمل المتوقع.

٨-١-٦-٢ الإجراءات

٨-١-٦-٢-١ الفحص

يجب أن يقوم المعمل بفحص وتصوير كل قلب طبقاً لتعليمات المشرف على قطع القلوب وتدوين الملاحظات. وتشمل الملاحظات ما يلى:

أ – عدم تجانس الخرسانة خلال القلب أو بين القلوب بعضها البعض.

ب – الفراغات الموجودة على السطح الخارجى للقلب من حيث الحجم حيث تقسم إلى:

صغيرة / متوسطة / كبيرة

ويصنف الفراغ حسب أبعاده كالتالى :

- فراغ صغير إذا كان مقاسه يتراوح بين ٠,٥ مم و ٣ مم
- فراغ متوسط إذا كان مقاسه يتراوح بين ٣ مم و ٦ مم
- فراغ كبير إذا كان مقاسه أكبر من ٦ مم
- فـراغات التعشـيش وهى الفراغات المتصلة الناتجة غالبا من عدم كفاية الدمك أو عند نقص المونة.

جـ – مكان الشروخ أو التلف أو الحديد. توضع علامات على سطح القلب على المناطق التالفة وحول حديد التسليح ويرسم شكل توضيحى لكل قلب .

د – مقـاس الركام التقريبى (يأخذ فى الاعتبار أن الركام المقطوع يبدو أصغر). ونوع الركام وشكله ولونه.

هـ – التدرج الظاهرى للركام وأى صفات ظاهرة للرمل.

٨-١-٦-٢-٢ القياسات

- قياس الأبعاد : يقاس القطر وطول القلب قبل وبعد إعداد النهايات
- قـياس الـوزن والكثافة : يوزن كل قلب وتعين كثافة الخرسانة بحالة تسليمها للمعمل أو فى الحالة المشبعة
- قـياس صلب التسليح : يقاس قطر الحديد والبعد بين أسياخ الحديد إن وجدت. ويعين موقع أى سيخ موجود بقياس المسافة من مركز السيخ المكشوف إلى سطح القلب قبل وبعد إعداد النهايات.

٨-١-٦-٢-٣ حدود التفاوت

حدود التفاوت المسموح بها فى العينة المجهزة كالتالى :

أ – الاستواء : التفاوت المسموح به لسطح نهايتى العينة ٠,٠٦ مم

ب – الـتعامد : التفاوت المسموح به بين نهاية العينة المعدة أولا ومحور العينـة كمحور أساسى هو ٢مم

جـ – التوازى : التفاوت المسموح به فى توازى السطح العلوى مع السطح السفلى هو ٢ مم.

د – الأسطوانية : التفاوت المسموح به هو ٣ % من قطر القلب.

٨-١-٦-٢-٤ تجهيز العينات

١ – تسوية القلب لطول الاختبار

يجـب أن يقوم المعمل بتسوية كل قلب طبقا لتعليمات المشرف على قطع القلوب مع التأكيد على ألا يقـل طـول القلب المعد عن ٩٥ % من القطر وبحيث لا يزيد عن ضعف قطر القلب. ويستخدم للتسوية حجر تجليخ والأفضل استخدام منشار قطع الخرسانة .

٢ – تجهيز نهايتى الاختبار بالتجليخ

- توضع العينات فى ماء درجة حرارته ٢٠ ± ٢°م لمدة ساعة على الأقل قبل التجليخ .
- تـرفع العيـنات من الماء ويتم إعداد النهايات وعمل القياسات المطلوبة فى مدة لا تزيد على ساعة وتعاد العينات ثانية إلى الماء.
- يتم تجليخ النهايات بمنشار من الماس بحيث لايتعدى التفاوت الحدود المسموح بها فى بند (٨-١-٦-٢-٢) .

٣ – تغطية نهايات العينة

أ – التغطية بالمونة

- تحفظ العينات فى الماء عند درجة حرارة ٢٠ ± ٢°م لمدة ساعة على الأقل قبل التغطية.
- تتكون مادة التغطية من ثلاثة أجزاء بالوزن من الأسمنت الألومينى إلى جزء من رمل ناعم يمر من منخل ٠,٣مم .
- توضـع العيـنة بعـد رفعها من الماء على سطح أفقى ويركب طوق من الصلب بقطر يناسب قطر القلـب عـند نهايـة العينة بحيث يكون حرف الطوق العلوى أفقيا ويعلو مباشرة أعلى نقطة بسطح العينة .
- يـتم ملء الطوق بمادة التغطية حتى يتكون سطح محدب فوق حرف الطوق ثم يضغط على المونة بلـوح التغطـية الزجاجى والمغطى بطبقة من الزيت مع الحركة الدائرية حتى تتلامس تماما حافة الطوق ولوح الزجاج.
- توضـع العيـنة بـالطوق ولوح الزجاج مباشرة فى جو رطوبته النسبية ٩٠ % على الأقل ودرجة حرارة ٢٠ ± ٥°م ويرفع الطوق عندما تصبح المونة صلبة بقدر كاف.

ب – التغطية بالكبريت

– تحفظ العينات فى حالة جافة قبل التغطية .

– تتكون مادة التغطية من أجزاء متساوية بالوزن من الكبريت ورمل سيليسى ناعم يمر من منخل ٠,٣٠مم وتحجز على منخل ٠,١٥ مم بالإضافة إلى نسبة صغيرة من الكربون الأسود (١–٢%). يسخن الخليط إلى درجة ١٣٠ – ١٥٠ °م ويسمح للخليط بأن يبرد قليلا مع التقليب المستمر .

– يحضر القالب بدهان لوح الصلب بالبرافين ويسخن قليلا ويوضع على سطح مستو ثم يصب به الخليط السابق وتوضع العينة فى طبقة الكبريت بحيث يكون محور العينة رأسيا بمساعدة دليل القالب. بعد بضع ثوان يزال الكبريت الزائد بسكين حادة وترفع العينة من القالب.

٨–١–٦–٢–٥ حفظ العينات

– بعد تجهيز العينة أو تغطية سطحها يتم غمرها فى الماء عند درجة حرارة ٢٠ ± ٢ °م لمدة ٤٨ ساعة على الأقل قبل الاختبار للوصول إلى حالة التشبع.

– لا تختبر العينات المأخوذة من خرسانة عالية المقاومة والتى تمت تغطية نهايتيها بمونة الأسمنت الألومينى إلا بعد أن يصل إجهاد مونة التغطية إلى قيمة أعلى من القيمة المتوقعة لخرسانة القلب على أنه يجب ملاحظة الآتى :

– عدم استخدام أى طريقة أخرى للتغطية.

– تكون التغطية بأقل سمك ممكن.

– فى حالة التسوية اليدوية يمكن أن يصل سمك الطبقة الأقصى إلى أكثر قليلا من نصف المقاس الاعتبارى الأكبر.

– القلوب التى يتعدى فيها التفاوت فى الأسطوانية الحدود المسموح بها أو التى يظهر فيها التعشيش بدرجة كبيرة لا تختبر.

٨–١–٦–٢–٦ تعيين الكثافة

تعطى كثافة القلب معلومات مفيدة بوجه عام، ويمكن تعيين الكثافة طبقاً للإجراءات التالية

أ – قبل التغطية مباشرة يغمر القلب بعد تسوية نهاياته فى الماء لمدة ٢/١ ساعة ويعين حجم القلب بطريقة إزاحة الماء (V_u)

ب – تـتم تغطـية القلب (بعد السماح له بالجفاف فى حالة استعمال التغطية بالكبريت والرمل). إذا لم تكـن كـثافة مادة التغطية معروفة بدرجة دقة عالية فيجب عمل عينة منها وحفظها مع القلوب فى الماء وتعين كثافتها (D_c) قبل اختبار القلب.

جـــ – بعـد فترة الغمر فى الماء وقبل اختبار الضغط مباشرة يوزن القلب المغطى فى الهواء ويعين وزنه (W_t) (مشبع والسطح جاف) ويعين حجمه (V_t) .

د – يمكن تعيين كثافة الخرسانة المشبعة (D_a) من العلاقة التالية :

$$D_a = \frac{Wt - Dc(Vt - Vu)}{Vu} \qquad (8\text{-}1\text{-}1)$$

ملاحظة :

إذا كـان القلـب يحـتوى على حديد ، فيجب استخراجه من القلب بعد اختبار الضغط للقلب ووزنه (W_s) وتعيين حجمه (V_s) ثم تعين الكثافة كالتالى:

$$D_a = \frac{Wt - Dc(Vt - Vu) - Ws}{Vu - Vs} \qquad (8\text{-}1\text{-}2)$$

٨-١-٧ اختبار القلب

– يجب أن يختبر القلب بعد فترة لا تقل عن يومين بعد التغطية والغمر فى الماء.

– يختبر القلب بعد رفعه مباشرة من الماء وهو فى حالة رطبة.

– القلوب ذات التغطية المفككة أو المشرخة لاتختبر.

– يعين القطر المتوسط للقلب لأقرب مليمتر (تحسب القيمة المتوسطة لمساحة المقطع).

– يقاس طول القلب المغطى لأقرب مليمتر وتحسب النسبة λ = طول القلب إلى القطر

٨-١-٧-١ وضع العينة فى ماكينة الاختبار

يـزال أى مـاء أو رمـل من على سطحى القلب وينظف سطحا لوحى التحميل ثم توضع العينة بحيـث يـتطابق مركـزها مع مركز الفك السفلى لمكنة الاختبار ولا تستعمل أى حشوات بين سطحى العينة وسطحى لوحى التحميل.

٨-١-٧-٢ التحميل

يتم التأثير بالحمل تدريجيا وبمعدل منتظم ومستمر يتراوح بين ٠,٢٠ نيوتن /مم^{٢} إلى ٠,٤٠ نيوتن /مم^{٢} حتى يصل إلى أقصى حمل يمكن أن تتحمله العينة ويسجل حمل الكسر . ويلاحظ شكل الانهيار ويرسم إذا كان شكله غير معتاد حيث أن شكل الكسر العادى للقلب يعنى:

أ – عدم حدوث شروخ أو كسر مؤثر فى مادة التغطية.

ب – عدم فقد التماسك بين مادة التغطية والقلب.

جـ – حدوث شروخ متماثلة حول كل محيط القلب

يعتبر حدوث شرخ قطرى فى حالة القلوب الطويلة مقبولا ، ولكن يجب أن يسجل حدوثه فى التقرير إذا كان القلب قصيراً ($\lambda < 1.2$) أو مع وجود حديد أو تعشيش للمساعدة فى تفسير النتائج.

٨-١-٨ حساب النتائج

تحسب مقاومة الضغط للقلب بقسمة الحمل الأقصى للقلب على مساحة المقطع لأقرب نيوتن /مم^{٢}.

٨-١-٨-١ تقدير المقاومة الفعلية

يتضمن تقدير المقاومة الفعلية بمعلومية مقاومة القلب التصحيح نتيجة اختلاف شكل القلب عن المكعب والاختلاف بين اتجاه الصب واتجاه التحميل، وذلك باستخدام المعادلات الآتية:

القلوب المثقوبة فى اتجاه أفقى :

$$\text{المقاومة الفعلية المقدرة للمكعب} = \frac{2.5}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \text{مقاومة القلب.}$$

القلوب المثقوبة فى اتجاه رأسى :

$$\text{المقاومة الفعلية المقدرة للمكعب} = \frac{2.3}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \times \text{مقاومة القلب.}$$

حيث λ هى نسبة طول القلب إلى قطره

٨-١-٨-٢ تصحيح مقاومة القلب لتأثير صلب التسليح :

يفضل أن تكون القلوب المستعملة لقياس مقاومة الخرسانة غير محتوية على صلب ولكن إذا لم يتحقق ذلك فإنه من المتوقع حدوث انخفاض فى المقاومة المقاسة للقلب المحتوى على صلب تسليح (ليس فى اتجاه محور القلب) ويتراوح هذا النقص بين ٥ و ٢٠% فى حالة القطر الكبير . ولذا يجب

استعمال عامل تصحيح لوجود الصلب حيث يضرب إجهاد القلب أو المقاومة الفعلية المقدرة فى هذا العامل.

أ – فى حالة وجود سيخ تسليح واحد

إذا كان القلب يحتوى على سيخ تسليح واحد عمودى على محور القلب فإن المقاومة الفعلية المقدرة يجب أن تصحح بضربها فى المعامل التالى :

$$\text{Correction Factor} = 1 + 1.5\left(\frac{s}{L}.\frac{\Phi}{d}\right) \qquad (8\text{-}1\text{-}3)$$

حيث :

ϕ = قطر سيخ الحديد

d = قطر عينة القلب الخرسانى

s = المسافة بين محور سيخ الحديد والنهاية القريبة للعينة

L = ارتفاع القلب الخرسانى

ب – فى حالة وجود عدة أسياخ تسليح يكون معامل التصحيح فى هذه الحالة يساوى:

$$\text{Correction Factor} = 1 + 1.5\left(\frac{\Sigma s.\Phi}{L.d}\right) \qquad (8\text{-}1\text{-}4)$$

ويلاحظ أنه إذا كانت المسافة بين السيخين عند أقرب نقطة بينهما لا تزيد عن قطر السيخ الأكبر، يؤخذ فى الاعتبار فقط السيخ الذى له القيمة الأكبر من ($S.\phi$) .

٨–١–٩ حدود الدقة والحدود للنتائج

١ – يتوقع أن تقع المقاومة الفعلية المتوقعة المقدرة من قلب واحد فى حدود ±١٢% من المقاومة الفعلية الحقيقية لخرسانة القلب – بدرجة ثقة ٩٥% – وبالتالى فإن المقاومة الفعلية المتوقعة المتوسطة لعدد n قلب يمكن الاعتماد عليها – بنسبة ثقة ٩٥ % – حيث تقع فى حدود $\pm\left(\frac{12\%}{\sqrt{n}}\right)$ من المقاومة الفعلية الحقيقية المتوسطة لخرسانة القلوب.

٢ – يجب التأكيد على أنه يفضل أن تكون القلوب خالية من حديد التسليح ولكن إن وجد حديد تسليح فى القلب الخرسانى تستعمل معاملات التصحيح. ويؤخذ فى الاعتبار أنه إذا كان التصحيح بين ٥ % و ١٠ % فإن استعمال نتائج القلوب لا يتم إلا بالاتفاق على ذلك ولكن إذا كان التصحيح يزيد عن ١٠% فإن نتائج القلب لا يعتمد عليها ويؤخذ فى الاعتبار أخذ قلوب أخرى.

٣ – فـــي الحـــالات الخاصـــة التى تختبر فيها قلوب صغيره (أقل من ١٠٠ مم) فلا تختبر القلوب المحتوية على حديد تسليح.

٨-١-١٠ تفسير النتائج

عند تفسير النتائج يجب أخذ هذه النقاط فى الاعتبار :

١ – حيث أن إجراءات الاختبار تتطلب غمر العينات فى الماء قبل الاختبار فإنه سيحدث انخفاض فى المقاومة – قد يصل إلى ١٥ % – بالنسبة لمقاومة الخرسانة الجافة .

٢ – العلاقـــة الـــتى تستخدم لتعيين المقاومة الفعلية المقدرة تأخذ فى الاعتبار أى اختلاف بين القلب والمكعب القياسى من حيث الاتجاه .

٣ – تعتـــبر الخرســـانة مقـــبولة إذا كانت المقاومة المتوسطة للقلوب لا تقل عن ٧٥ % من المقاومة المطلوبـــة فـــى حالة المنشآت من الخرسانة المسلحة – ولا تقل عن ٨٠% من المقاومة فى حالة المنشـــآت مـــن الخرســـانة ســـابقة الإجهاد. ولا تقل المقاومة المحسوبة لأى قلب عن ٦٥ % من المقاومـــة المطلوبـــة فـــى حالـــة المنشآت من الخرسانة المسلحة – ولا تقل عن ٧٥% فى حالة المنشآت من الخرسانة سابقة الإجهاد .

٨-١-١١ تقرير الاختبار

٨-١-١١-١ عـــام

يجب أن يذكر بالتقرير المواصفة القياسية التى أخذت وجهزت واختبرت العينات على أساسها . ويشتمل التقرير على البيانات التالية:

٨-١-١١-٢ بيانات تقدم بواسطة مقدم العينات للاختبار

أ – بيانات إلزامية

- تعريف القلب
- تاريخ الثقب
- اتجاه الثقب بالنسبة لاتجاه الصب
- اسم الشخص الذى قام باستخراج القلوب
- ظروف حفظ العينات
- عمر الخرسانة عند إجراء الاختبار

ب – بيانات اختيارية

- اسم المشروع
- جزء المشروع أو مكوناته

- المقاومة المميزة
- تفاصيل الخلطة الخرسانية
- الإضافات المستعملة

٨-١-١١-٣ بيانات تقدم بواسطة المعمل

أ – بيانات إلزامية

١ – تعريف العينة .
٢ – تاريخ استلام العينة .
٣ – القطر المتوسط للعينة .
٤ – أقصى وأقل طول للعينة كما وردت .
٥ – كثافة العينة .
٦ – طول العينات بعد التجهيز وموضعها من العينة الأصلية.
٧ – طريقة تجهيز النهايات
٨ – توصيف درجة الدمك وتوزيع المواد والفراغات ووجود الشروخ.
٩ – تاريخ الاختبار.
١٠ – عمر العينة عند الاختبار (إذا كان معروفا).
١١ – طول فترة الحفظ فى الماء قبل الاختبار .
١٢ – مقاس ومكان حديد التسليح .
١٣ – أقصى حمل للانهيارلكل قلب.
١٤ – مقاومة القلب للضغط والمقاومة الفعلية التقديرية للمكعب.
١٥ – مظهر الخرسانة بعد الكسر ونوع الانهيار .
١٦ – أية ملاحظات أخرى .

ب – بيانات اختيارية

١ – صور فوتوغرافية للقلوب وقت استلامها.
٢ – وصف الركام– نوعه – شكل الحبيبات– المقاس الاعتبارى الأكبر .

٨-١-١٢ مراجع

– المواصفات القياسية المصرية رقم ١٦٥٨ – ١٩٩٥ طرق اختبار الخرسانة جزء ٦: تعيين مقاومة الخرسانة للضغط بطريقة اختبار القلب الخرسانى

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

– British Standards Institution – BS 1881 –1983 -Part 120. Method for Determination of the Compressive Strength of Concrete Cores.

- American Society for Testing and Materials . ASTM C42 –90 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

- Concrete Society Technical Report No 11 including Addendum (1987). Concrete Core Testing for Strength Cement and Concrete Association, Wexham Spring , Slough SL3 6PL .

- American Concrete Institute ACI 318-97 Standard Building Code Requirements for Reinforced Concrete, Detroit,1997 .

- British Standards Institution -BS 8110 Structural Use of Concrete- . Part 1 :1985 Code of Practice for Design and Construction . London .

- Neville,A.M., 'Properties of Concrete ' John Wiley,1996.

٨-٢ توصيات لاختبار صلادة السطح باستخدام مطرقة الارتداد

RECOMMENDATIONS FOR SURFACE HARDNESS TESTING BY REBOUND HAMMER

٨-٢-١ عـــام

اختـبار صلادة السطح باستخدام مطرقة الارتداد هو أحد الأساليب غير المتلفة المفيدة في مقارنة جـودة الخرسانات المختلفة تحت نفس الظروف وتقييم تغير نوعية الخرسانة مع تغير العمر وظروف الـتعرض ، كما قد تستخدم لتحديد قيم تقريبية لمقاومة الخرسانة للضغط (عند وجود منحنيات المعايرة المناسـبة). ولا تعتـبر هـذه الطـريقة بديلاً للطرق المعروفة لتقدير المقاومة ولكنها يجب أن تستخدم كطريقة ابتدائية أو تكميلية لهذه الطرق بغرض ضبط الجودة.

٨-٢-٢ الهدف

يهدف هذا الاختبار إلى قياس صلادة الارتداد من السطح الخرسانى باستخدام كتلـة معدنية ذات وزن قياسـى تصـدم السطح الخرسانى – عمودياً عليه – بطاقة ابتدائية محددة. ويعبر عن ارتداد هذه الكتلة بواسطة رقم الارتداد الذى يتناسب طردياً مع مقاومة الطبقة السطحية من العنصر. ويمكن تقدير المقاومة للعنصر باستخدام منحنيات معايرة تستنتج لخرسانة لها ظروف مشابهة لتلك المختبرة.

٨-٢-٣ تعريفات

صلادة السطح

خاصية للسطح الخرسانى تقاس بنسبة الطاقة المرتجعة لكتلة قياسية تصدم السطح بطاقة ابتدائية ثابتة.

موقع الاختبار

منطقة من الخرسانة يتم تقييمها ويمكن اعتبارها – عملياً – ذات جودة منتظمة.

قراءة الصلادة

قياس وحيد للصلادة عند نقطة من السطح الخرسانى.

اختبار الصلادة

مجموعة من اختبارات الصلادة عند موقع اختبار.

٨-٢-٤ الجهاز

توجد أنواع متعددة من مطرقة الارتداد وأكثرها شيوعاً يعطى طاقة صدم ٢,٢نيوتن.م. وينبغى أن يصاحب المطرقة سندان معايرة (Anvil) صلب لمعايرة الجهاز من حين لآخر وعند الاستخدام. وقد تختلف الأجهزة من حيث طريقة إظهار رقم الارتداد حيث يوجد النوع التقليدى ذو المؤشر أو النوع ذو المسجل الورقى أو ذو الذاكرة الإلكترونية. والنوع الأخير يمكن أن يقوم بعمل بعض التحليلات الإحصائية للقراءات واستنتاج قيم المقاومة من منحنيات معايرة معطاة ويأخذ فى الاعتبار اتجاه ميل المطرقة.

ويتكون الجهاز من غلاف معدنى يحتوى بداخله على مكبس أسطوانى محورى فى نهايته نظام تعليق مفصلى يربط (أو يفصل) حركة ثقل قياسى (Hammer) متحد المحور مع المكبس. ويبرز المكبس من الطرف المفتوح للغلاف بينما يبتعد عن الطرف المغلق (من الداخل) بواسطة ياى معدنى. ويرتبط الثقل المعدنى من الناحية الأخرى بمقدمة الغلاف بواسطة ياى معدنى يعمل على سحب المطرقة وإحداث الصدمة مع السطح المختبر عند فصل الثقل عن المكبس من نظام التعليق المفصلى. كما يحتوى الغلاف من الداخل فى مركز النهاية المغلقة (الخلفية) على مسمار يقوم بفصل نظام التعليق وتحرير الثقل من المكبس عند دفع المكبس لنهاية مشواره وقت الاختبار. يوضح الشكل (٨-٢-١) قطاعاً رأسياً فى الجهاز ، كما يوضح الشكل (٨-٢-٢) ترتيب وضع الأجزاء الرئيسية أثناء الاختبار.

٨-٢-٥ الإجراءات

٨-٢-٥-١ أخذ قراءات الارتداد

- تحدد مواقع الاختبار بالمنشأ أو العناصر المطلوب فحصها حسب حالة الإجهادات ، مقاس العنصر أو المنشأ ، التغير فى المقاومة المتوقعة ، وظروف الصب بحيث تكون المواقع المختلفة ذات ظروف متشابهة (الرطوبة والتثبيت والجساءة ... الخ) بحيث تسمح باستخدام منحنى المعايرة المعد للتقييم. وتزداد أهمية تشابه الظروف إذا كان الغرض من الاختبار هو المقارنة. ويمكن اختبار الأسطح الرطبة بعد إزالة الماء الحر السطحى.
- يتم تحقيق كفاءة الجهاز باستخدام سندان المعايرة (Anvil) الخاص بالجهاز، ويسجل رقم الارتداد الناتج. وإذا اختلفت القراءة المسجلة بدرجة كبيرة عن المعطاة للسندان يتم استبعاد الجهاز واستبداله بآخر سليم. أما إذا كان الفارق فى حدود المسموح به-حسب توصيات المنتج – فيمكن استخدام الجهاز مع تطبيق معامل التصحيح الموضح بالكتالوج الخاص به.
- يسوى ويُنعّم سطح الخرسانة فى الموقع (المواقع) المطلوب اختباره بواسطة الحجر أو القطع للحصول على سطح ناعم مستو فى مساحة حوالى ٣٠٠مم X ٣٠٠ مم. والأفضل اختبار السطح

الموجـــود علـــى حالـــته بعـــد الصب والذى لم يحدث له تعديل (بالتسويـــة بالمسطرين مثلاً) وذلك باختبار الأسطح التى كانت مواجهة للشدة أثناء الصب.

- ترســـم شـــبكة من الخطوط المتعامدة تباعدها فى الاتجاهين بمقدار من ٢٠ إلى ٥٠ مم تكون نقاط الـــتقاطع هى نقاط أخذ القراءات. ويراعى تباعد أى من النقاط المختبرة عن الحواف بمسافة لا تقل عـــن ٢٠ مم . و يمكن التغاضى عن استخدام الشبكات مع المحافظة على المسافات بين مواقع أخذ القراءات بعضها البعض وبينها وبين حواف العنصر المختبر .
- يُحـــرر مكـــبس المطرقة (Plunger) من غلاف الجهاز بواسطة دفعه للداخل مع ضغط زر تثبيت القـــراءة فى نفس الوقت. يتم دفع المطرقة عند كل تقاطع فى اتجاه عمودى على السطح مع تثبيتها حـــتى يدخـــل المكبس بكامله إلى داخل الغلاف ويرتد الثقل القياسى محدثاً صدمة وصوتاً مسموعاً. ويســـتمر دفع المطرقة باتجاه السطح المختبر للحفاظ على قيمة القراءة المسجلة للارتداد ثم يضغط علـــى زر تثبيـــت القـــراءة ويمكن بعدها رفع المطرقة من السطح وتسجيل القراءة رقم الارتداد. (الشكل (٨-٢-٢)).
- يفضـــل تسجيل القراءة على مخطط يوضح شكل الشبكة فى كل موقع وتؤخذ ١٢ قراءة على الأقل عند كل موقع.
- بعـــد انتهاء الاختبارات يتم تحقيق كفاءة الجهاز باستخدام سندان المعايرة (Anvil) الخاص بالجهاز وتسجل القراءة.

٨-٢-٥-٢ المعايرة

- تكـــون باستخدام عينات معملية (مكعبات) غير أنها قد لا تكون ممثلة للواقع فى المنشأ، لذلك يمكن اســـتخدام الـــتقدير فى نقاط بالمنشأ ثم استخراج قلوب خرسانية من مواقع الاختبار وكسرها لتحقيق العلاقة بين الارتداد والمقاومة.
- لاتوجد علاقة وحيدة تربط الارتداد مع المقاومة ولذلك ينبغى أن تجرى المعايرة لمجموعة محددة من الظروف للحصول على دقة مقبولة.
- تكـــون الدقـــة أكـــبر إذا كانت العينات المستخدمة أكبر ما يمكن فالمكعبات (١٥٠ مم) مفضلة عن المكعبات (١٠٠مم).
- توضـــع عينات المكعبات فى مكنة اختبار الضغط تحت إجهاد ٧ – ١٠ نيوتن/مم^{٢} إذا كانت طاقة الصدم بالجهاز ٢,٢نيوتن.م ويُزاد الإجهاد أو يُقلل طردياً مع تغير طاقة الصدم للجهاز.

- يُختبر عدد من العينات – فى نفس ظروف المعايرة المطلوبة فى مدى مقاومة يناظر المتوقع. وتزداد الثقة فى المعايرة بزيادة عدد النتائج . ويتم أخذ ٩ قراءات على كل من وجهى المكعب المكشوفين أثناء التحميل بحيث لا تقل المسافة بين مواقع الاختبار وحافة المكعب أو بين المواقع المختلفة عن ٢٠ مم. ويتم تحديد متوسط رقم الارتداد للقراءات.
- يتم زيادة تحميل المكعب حتى الكسر ويحدد إجهاد الكسر = مقاومة الضغط= حمل الكسر/مساحة التحميل. ويمثل متوسط رقم الارتداد مع مقاومة الضغط نقطة واحدة تستخدم مع نقاط أخرى لاستنتاج منحنى المعايرة.
- يتم تغيير مقاومة الضغط لعينات المعايرة حسب الغرض من الدراسة ، فإذا كان المطلوب دراسة تطور المقاومة مع العمر تتم زيادة المقاومة لغرض المعايرة بواسطة زيادة عمر الاختبار. أما إذا كان الغرض تحديد نوعية الخرسانة يتم زيادة المقاومة بإنقاص نسبة م/س.
- يتم تحديد منحنى العلاقة الذى يعطى أفضل توافق مع النقاط الناتجة ، ويستخدم فى التقييم مع مراعاة ظروف العينات.

٨-٢-٥-٣ التطبيقات المختلفة للاختبار

أ – تحقيق انتظام الخرسانة

ويتم ذلك بأخذ قراءات الصلادة عند مواقع مختلفة لتحديد المناطق ذات الجودة المتباينة ثم يتم تأكيد ذلك باستخدام وسائل أخرى أكثر دقة (متلفة عادة). وينبغى مراعاة ضرورة تماثل ظروف الاختبار فى المواقع المختلفة أو اعتبار ذلك عند تحليل النتائج لتقييم الجودة.

ب – مقارنة نتائج الخرسانة المختبرة بقيمة مرجعية لتحقيق متطلبات محددة

يمكن استخدام نتائج اختبار الصلادة لتحديد إمكانية مناولة أو نقل الوحدات أو إزالة الدعامات المؤقتة للعناصر الإنشائية، وذلك بالإضافة إلى اختبار مقاومة الضغط وتحدد القيمة الحرجة للصلادة (رقم الارتداد) بناء على حمل ضمان أو الخبرة السابقة لأدائية العناصر فى اختبارات القبول. ومن الممكن أيضاً ضمن إجراءات ضبط الجودة استكمال عدد محدود من اختبارات التحميل أو الاختبارات المتلفة بالعديد من الاختبارات البسيطة للصلادة.

جـ – تحديد خصائص سطح الخرسانة والتى لها تأثير مباشر على أدائيتها

يمكن استخدام نتائج اختبار الصلادة لتقييم مقاومة البرى لسطح الخرسانة حيث أظهرت النتائج ارتباطاً مقبولاً جداً بينهما.

د – تقدير مقاومة الخرسانة فى المنشآت

يمكـــن–عـــن طـــريق عمليات المعايرة فى البند السابق– استنتاج قيم تقريبية لمقاومة الخرسانة للضغط بمعلومية نتائج اختبار الصلادة. غير أنه ينبغى الحذر الشديد عند إجراء ذلك حيث توجد العديد مـــن العوامل المتداخلة التى تؤثر فى صحة (وليس دقة) النتائج خصوصاً التماثل فى الظروف مع تلك المســـتنتج لهـــا منحنى المعايرة. والبند التالى يحتوى على وصف موجـــز للعوامل المؤثرة على نتائج اختبار الصلادة.

٨–٢–٦ العوامل المؤثرة على نتائج اختبار الصلادة

تعطـــى هذه الطريقة لاختبار صلادة الارتداد معلومات عن نوعية الخرسانة فى الطبقة السطحية (بعمـــق حوالـــى ٣٠ مم) وتقيس الصلادة لهذه الطبقة وبالتالى العلاقة مع أى خاصية أخرى هى علاقة تجريبيـــة فقط دون أى أساس نظرى. تعرض الفقرات التالية بإيجاز العوامل المؤثرة على نتائج اختبار الصلادة لكى توضح مصادر الخطأ فى القياسات وحدود استخدام مطرقة الارتداد ونتائج الاختبار بها.

٨–٢–٦–١ مقاومة الخرسانة

تتأثر العلاقة بين مقاومة الخرسانة وصلادة السطح بالعوامل الآتية:

أ – نوع الأسمنت

تأثير الاختلاف فى نعومة الأسمنت البورتلاندى على العلاقة صغير نسبياً ولا يزيد على ١٠%. ولكـــن الخرسانة المنتجة باستخدام الأسمنت عالى الألومينا يمكن أن تعطى نتائج أعلى بمقدار ١٠٠ % مـــن تلـــك المســـتنتجة للأسمنت البورتلاندى العادى، بينما الخرسانة المنتجة باستخدام الأسمنت عالى المقاومـــة للكبريـــتات تعطـــى مقاومـــة أقـــل بمقدار ٥٠ % من تلك التى نحصل عليها من المعايرة بالأسمنت البورتلاندى.

ب – محتوى الأسمنت

الخرســـانة ذات محـــتوى الأســـمنت المرتفع تعطى قراءات ارتداد أقل من الخرسانة ذات نفس المقاومة بمحتوى أسمنت أقل. ولكن الخطأ الناتج عن هذا العامل لا يتعدى ١٠ % .

جـــ – نوع الركام

بالـــرغم مـــن أن النوعـــيات المختلفة من الركام عادى الوزن تعطى معايرات متقاربة فإن ذلك يتطلـــب إثـــباته معملـــياً ولابـــد مـــن إجـــراء معايرة خاصة عند استخدام الركام خفيف الوزن و ذى المواصفات الخاصة.

د – نوع المعالجة وعمر الخرسانة

تتغـير العلاقة بين المقاومة والصلادة تبعاً لعمر الخرسانة ، التغير فى معدل التصلب الابتدائى ، المعالجة ، وظروف التعرض. لذلك لابد من إجراء معايرة مختلفة لكل أسلوب وفترة معالجة.

هـ – الدمك

مطـرقة الارتـداد غير مناسبة لتحديد التغير فى المقاومة الناتج عن الاختلاف فى درجة الدمك، وإذا كانت الخرسانة غير مدموكة دمكاً تاماً فلا يمكن الاعتماد على نتائج هذا الاختبار.

٨-٢-٦-٢ نوع السطح

ينـبغى اختـبار الأسطح الناعمة فقط ويؤثر نوع مادة الشدة على قيمة الارتداد الناتج. الأسطح الممسوسـة تكون عادة أكثر صلادة من تلك الناتجة من الصب بداخل الشدة كما أنها تعطى نتائج أكثر تبايـناً. واختـبار الأسـطح المقطوعة يعطى نتائج أكثر تبايناً وتختلف بدرجة كبيرة عن تلك للأسطح المصـبوبة. ولذلك يفضل دائماً اختبار البلاطة على السطح السفلى والكمرات والأعمدة والقواعد على الأسطح الجانبية. وعند اختبار أسطح مختلفة ينبغى عمل معايرة منفصلة.

٨-٢-٦-٣ نوع الخرسانة

تناسـب اختبارات الصلادة الخرسانة ذات "النسيج المغلق" و لا تناسب تلك ذات "النسيج المفتوح" مثل الخرسانة الخلوية أو بلوكات الطوب المفرغة أو الخرسانة الخالية من المواد الناعمة .

٨-٢-٦-٤ ظروف رطوبة السطح

يعطـى السطح الرطب قراءة ارتداد أقل من قراءة السطح الجاف بدرجة ملحوظـة قد تصل إلى ٢٠% فى حالة الخرسانة الإنشائية النمطية. و فى بعض الحالات قد يكون الفارق أكثر.

٨-٢-٦-٥ التحول الكربونى

يعمـل التحول الكربونى على زيادة الصلادة و لكن المعدلات العادية لهذا التحول لا تؤثر بدرجة ملحوظـة علـى القـيم المقاسة للصلادة عندما يكون عمر الخرسانة أقل من ثلاثة أشهر. ويكون تأثير الـتحول الكـربونى ملحوظاً- حتى فى الأعمار المبكرة – تحت ظروف خاصة من الحرارة المرتفعة ومحـتوى عـال مـن ثانى أكسيد الكربون فى الوسط المحيط. وعندئذ لا تكون الطبقة السطحية ممثلة لخرسانة العنصر.

٨-٢-٦-٦ حركة العنصر الخرسانى المختبر

للحصـــول على قراءات صحيحة لمطرقة الارتداد ينبغى ألا يتحرك (يهتز) العنصر المختبر عند صـــدمه بالمطـــرقة. ويحدث هذا الاهتزاز فى حالة العناصر النحيفة ، وعند اختبار مثل هذه العناصر ينـــبغى تدعيم موقع الاختبار إذا كان المطلوب تقدير المقاومة. ولا نحتاج لهذا التدعيم إذا كان الغرض من الاختبار مقارنة عناصر لها نفس الدرجة من النحافة.

٨-٢-٦-٧ اتجاه الاختبار

ينـــبغى أن يكـــون اتجاه المطرقة عمودياً على السطح المختبر فى جميع الأحوال. غير أن اتجاه المطـــرقة يؤثـــر بدرجـــات مختلفة على قيمة ارتداد المطرقة بسبب تأثير مركبة وزن المطرقة. ولذلك ينـــبغى تحقيق تأثير الاتجاه على القراءات معملياً واستنتاج منحنيات معايرة مختلفة للخواص المطلوب تقديرها من قراءات الارتداد.

٨-٢-٦-٨ عوامل أخرى

مـــن العوامـــل التى تؤثر على قراءات الارتداد قرب موقع الاختبار من منطقة عدم استمرارية العنصـــر المختـــبر (فـــتحة مـــثلاً) وكذلـــك حالة الإجهاد فى المنطقـــة المختبرة وأيضاً درجة حرارة الخرســـانة والجهاز. لذا ينبغى اختبار مناطق أبعد ما يكون عن الحواف وبحد أدنى ٢٠ مم وعند ذلك وفى الظروف العادية يكون تأثير عوامل الإجهاد والحرارة صغيراً.

الأجهزة المختلفة ذات نفس التصميم الإسمى قد تعطى قيماً مختلفة للارتداد لنفس العنصر ، لذلك يجب مقارنة جودة الأجزاء الخرسانية المختلفة باستخدام نفس الجهاز (وكذلك بالنسبة لاستنتاج منحنيات المعايـــرة). وعند حتمية استخدام أكثر من جهاز فى نفس العمليـــة فينبغى تقدير الفوارق بين نتائجهما معملياً قبل الاستخدام.

٨-٢-٧ الأخطاء الشائعة

- اســـتخدام منحنيات علاقة المقاومة ورقم الارتداد العامة مثل تلك المعطاة مع الجهاز والمعدة بواسطة منتج الجهاز ممكن أن يؤدى إلى أخطاء جسيمة ولذا ينبغى تجنبها.
- إذا استخدمت قراءات مطرقة الارتداد لتحديد مقاومة السطح للبرى فلا ينبغى أن يقل عمر الخرسانة المختبرة عن خمسة عشر يوماً ولا يزيد على ثلاثة أشهر.

٨-٢-٨ النتائج

- يكون رقم الارتداد عند كل موقع اختبار هو متوسط القراءات المأخوذة دون استبعاد القيم المتطرفة، إلا إذا وجد سبب مقنع لاستبعادها.

- يعطـــى الفـــارق فى النتائج بين المواقع المختلفة مقياساً لتغير جودة الخرسانة فى المنشأ أو العنصر المختبر. مثال على ذلك: تغيير المقاومة مع عمق العنصر بسبب تغيير نسبة الماء / الأسمنت نتيجة للهبوط والنضح.
- الوســائل البيانية مثل خطوط" الكونتور" و"الهيستوجرام" تكون ذات فائدة كبيرة فى تقدير التغير فى نوعــية الخرســانة وذلك عند توافـــر عـــدد كبير من النتائج فى مواقع متشابهـــة الظروف. فمـــثلاً التوزيـــع العـــادى (Normal Distribution) للنتائج ذات المنوال (Mode) الوحيد يعـــنى خرســـانة مـــن نوعـــية واحـــدة. والتوزيع ذو المنوالين يعنى وجود نوعيتين من الخرسانة. والتوزيع ذو الذيل الطويل يعنى صناعة رديئه للخرسانة.
- تـــزداد درجـــة الثقة بالنتائج عند إدماجها مع نتائج طريقة أخرى مثل اختبار سرعة انتقال النبضات فوق الصوتية.

٨-٢-٩ التقرير

يـــتم فـــى الـــتقرير تحديد المواصفات القياسية التى أجرى الاختبار وفقاً لها ، كما يحتوى تقرير الاختبار على المعلومات الآتية:

أ - بيانات إلزامية

- تاريخ ، وقت ، مكان الاختبار.
- وصف للمنشأ ومواقع الاختبار واستخدام الشبكات من عدمه (يوضح ذلك بالمخططات).
- تفاصـــيل ظروف الاختبار والخرسانة وتكوينها (تتضمن العوامل المؤثرة فى نتيجة الاختبار كما هو موضح فيما سبق (بند ٨-٢-٦)).
- وصف المطرقة المستخدمة (النوع، المنتج ، المنشأ ، الرقم المسلسل).
- القيمة المتوسطة لرقم الارتداد والمدى والانحراف المعيارى ومعامل الاختلاف لقراءات كل اختبار صلادة (عند كل موقع).
- قراءات سندان المعايرة قبل وبعد الاختبار.

ب - بيانات أخرى

- عند وجود منحنيات معايرة يشمل التقرير الخاصية المستنتجة (مثل مقاومة الضغط) مع ذكر مصدر المعايرة.

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

– نتائج الاختبارات المكملة بأساليب أخرى غير الصلادة (مثال: اختبار سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية).

– تباعد خطوط الشبكات (إذا استخدمت).

٨-٢-١٠ الدقة والحدود

– درجة الدقة فى الخاصية المقدرة للخرسانة من اختبار الصلادة لن تكون أفضل من حدود الثقة للعلاقة المستنتجة بين الخاصية وقراءات الصلادة. وتزيد الأخطاء إذا لم تكن العينات المستخدمة لاستنتاج العلاقة ممثلة تماماً للمنشأ المختبر. وعموماً لا تزيد دقة الناتج (فى حالة ٩٥ % حدود ثقة) على ± ٢٥ % فى أفضل الحالات.

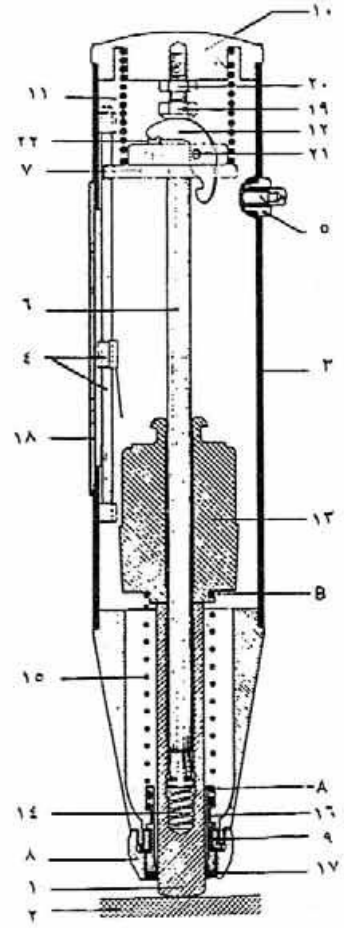
– الرقم المتوسط للارتداد تكون دقته $\left(\frac{\pm 15}{\sqrt{n}}\right)$ بدرجة ثقة٩٥ % حيث (n) : عدد القراءات عند الموقع الواحد.

– معامل اختلاف القراءات فى الاختبار الواحد يتراوح ما بين ٢ – ١٥ % ويتناقص مع زيادة المقاومة ويتزايد مع زيادة كمية ومقاس الركام الكبير.

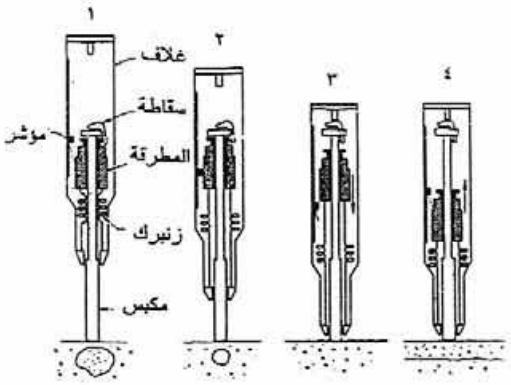
٨-٢-١١ المراجع

- BS 1881 Testing Concrete
Part 201 Guide for use of non-destructive methods of test for hardened concrete.
Part 202 Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer.
- ACI 228 -89-R1 In-place Methods for determination of Strength of Concrete.
- ACI Monograph No. 9 Testing Hardened Concrete: Nondestructive Methods.
Part 108 Methods for making test cubes from fresh concrete .
Part 109 Methods for making test beams from fresh concrete .
Part 114 Methods for determination of density of hardened concrete.
Part 116 Methods for determination of compressive strength of concrete cubes.
Part 119 Methods for determination of compressive strength using portions of beams broken in flexure (equivalent cube method).

١ – مكبس الصدم
٢ – السطح الخرسانى المختبر
٣ – غلاف الجهاز
٤ – مؤشر على قضيب توجيه
٥ – زر تثبيت القراءة
٦ – قضيب توجيه المطرقة
٧ – قرص
٨ – غطاء
٩ – حلقة ذات جزئين
١٠– الغطاء الخلفى
١١– زنبرك ضغط
١٢– سقاطة
١٣– كتلة المطرقة
١٤– زنبرك حجز
١٥– زنبرك الصدم
١٦– جلبة توجيه
١٧– وردة من اللباد
١٨– نافذة من الزجاج البلاستيكى مطبوع عليها مقياس الارتداد
١٩– مسمار حبس
٢٠– صامولة ربط
٢١– مسمار
٢٢– زنبرك السقاطة



شكل (٨–٢–١) قطاع رأسى فى جهاز مطرقة الارتداد



شكل (٨-٢-٢) ترتيب وضع الأجزاء الرئيسية أثناء الاختبار.

٨-٣ توصيات لقياس سرعة النبضات فوق الصوتية فى الخرسانة

Recommendations for Measurement of Ultrasonic Pulse Velocity in Concrete

٨-٣-١ عـــام

يمـثل قـياس سـرعة انتقال النبضات فوق الصوتية فى الخرسانة أحد الأسس للاختبارات غير المـتلفة للعناصر والعينات من الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد . وترتبط هذه السرعة عادة بـالخواص الميكانيكـية المرنة للخرسانة لذلك تستخدم أساساً لمقارنة جودة النوعيات المختلفة أو لتقييم جـودة نفـس العنصـر عند أعمار وظروف مختلفة. كما قد تستخدم – إذا توافرت منحنيات المعايرة المناسـبة – لـتقدير بعـض الخواص الميكانيكية للخرسانة. وبالإضافة إلى ما سبق يمثل الكشف عن العيوب السطحية والعميقة أحد التطبيقات المهمة لهذا الاختبار.

٨-٣-٢ الهدف

يهـدف هـذا الاختـبار إلى قياس سرعة انتقال النبضات فوق الصوتية خلال العناصر والعينات الخرسـانية عـن طريق قياس الفترة الزمنية اللازمة لكى تقطع النبضات مسافة محددة عبر الخرسانة المختـبرة. وذلـك يُمكّن – عند توافر منحنيات المعايرة المناسبة – من تقدير الخواص الميكانيكية مثل مقاومـة الضـغط ، معاير المرونة الإستاتيكى والديناميكى ، نسبة بواسون الديناميكية. كما أن ارتباط الفـترة الزمنية المقيسة بتكامل ووحدة العنصر المختبر – فى موقع الاختبار – يساعد فى تحديد مواقع بعض العيوب بالعنصر المختبر.

٨-٣-٣ تعريفات

زمن الانتقال Transit Time

الزمـن الذى تستغرقه نبضـة من الموجات فوق الصوتيـة لتنتقل من محول الطاقـة المرسل (Transmitting Transducer) إلـى محول الطاقة المستقبل (Receiving Transducer) خلال الخرسانة المختبرة.

بداية الموجة Onset

هى مقدمة الموجة المرسلة أو المستقبلة بواسطة أى من محولات الطاقة (Transducers).

٨-٣-٤ الجهاز

يتكون الجهاز المستخدم لقياس سرعة انتقال النبضات فوق الصوتية من الأجزاء الآتية:

١ – مولد نبضات فوق صوتية.

٢ – زوجان من محولات الطاقة (مرسل ومستقبل).

٣ – مكبر للنبضات المستقبلة.

٤ – دائـرة توقيـت إلكترونية لقياس الفترة الزمنية بين بداية النبضة المرسلة وبداية تلك المستقبلة عند محولى الطاقة.

ويوجـد عموماً نوعان من الأجهزة : الأول ذو شاشة عرض رقمية توضح زمن الانتقال (وهو الأكـثر شيوعاً) والثانى ذو شاشة عرض من نوع أنبوبة الأشعة المهبطية (CRT) وهى توضح شكل النبضـة المسـتقبلة بالنسبة للزمن. ويفيد هذا النوع الأخير فى الحالات التى يحدث فيها إضعاف كبير للموجـات فـى الخرسـانة خصوصاً عندما يكون مسار النبضات قصيراً نسبياً والتردد المستخدم غير مناسب. و يوضح الشكل (٨-٣-١) دائرة قياس سرعة الموجات فوق الصوتية.

ويجب أن يتمتع الجهاز بالمميزات التالية:

١ – القدرة على قياس زمن انتقال النبضات لمسارات ذات أطوال تتراوح من ١٠٠مم إلى ٣٠٠٠ مم بدقة ±١ %.

٢ – ألا يـزيد زمن صعود (Rise Time) النبضة المرسلة على ٠,٢٥ الفترة الطبيعية لمحول الطاقة المرسل.

٣ – تكـون الفـترة الزمنـية بين النبضات طويلة بدرجة كافية لتجنب التداخل مع انعكاسات النبضات السابقة فى عنصر مختبر صغير الأبعاد.

٤ – أن يعمل الجهاز بكفاءة فى مدى درجات الحرارة والرطوبة المحدد بواسطة المنتج.

كمـا يجب أن تكون محولات الطاقة (المرسل والمستقبل) ذات ذبذبة طبيعية بتردد يتراوح من ٢٠ إلـى ١٥٠ كيلوهرتز. وقد تستدعى بعض التطبيقات الخاصة استخدام ترددات منخفضة حتى ١٠ كـيلوهرتز (فـى حالـة المسـارات الطويلة جداً) أو مرتفعة حتى ١ ميجاهرتز (فى حالة اختبار مواد الحقـن). غير أن مدى الترددات المناسب لمعظم التطبيقات العملية فى مجال الخرسانة هو ٥٠ – ٦٠ كيلوهرتز.

٨-٣-٥ الإجراءات

٨-٣-٥-١ ضبط صفر الجهاز

يتأثر زمن انتقال الموجات بكل من المادة المختبرة ومادة محولات الطاقة وكذلك مادة الالتحام. ولتلافى تأثير المحولات بجهاز القياس يتم إجراء عملية ضبط صفر الجهاز ، حيث تزود الأجهزة بدائرة تأخير زمنية. ويورد مع الجهاز قضيب معدنى (طوله حوالى ٢٥٠مم) محدد له بدقة زمن انتقال الموجات فوق الصوتية من خلاله – ومطبوع عليه. وتتم العملية كالآتى:

١ – يوصل الجهاز بالتيار الكهربائى – أو تستخدم البطارية إذا كانت تامة الشحن.

٢ – يوصل كل من محولى الطاقة بجهاز القياس مع التأكد من سلامة وجودة الوصلات.

٣ – يتم ضغط مفتاح توصيل التيار إلى وضع التشغيل.

٤ – توضع طبقة رقيقة من مادة التحام مناسبة على النهايتين الدائريتين للقضيب المعدنى لتغطيهما بالكامل.

٥ – يثبت كل من محولى الطاقة على إحدى نهايتى القضيب بالدفع مع مراعاة عدم حدوث أى انزلاق على سطح التماس.

٦ – تسجل قراءة الشاشة بالجهاز وإذا كانت مطابقة للزمن المطبوع على القضيب فيعنى ذلك عدم وجود خطأ صفرى. أما إذا اختلفت القراءة عن تلك المحددة للقضيب فيتم إدارة مسمار ضبط الصفر فى الاتجاه المناسب حتى تتساوى القراءتان.

تجرى عملية ضبط الصفر بالضرورة عند تغيير أى من محولى الطاقة أو الكابلات. ويفضل إجراؤها قبل كل استخدام لاعتبار تأثير اتزان الدوائر الكهربية بالجهاز.

٨-٣-٥-٢ التحقق من دقة قياس زمن الانتقال

تجرى هذه العملية عادة بواسطة المنتج كجزء من برنامج ضبط الجودة. غير أنه يمكن الاستفادة منها لتقييم سلامة الجهاز عند وجود شك فى بعض النتائج. وتتم العملية باستخدام قضيبين مرجعيين محدد بدقة لكل منهما زمن انتقال الموجات فوق الصوتية من خلاله. ويكون أحد القضيبين قصيرا (طوله حوالى ٢٥٠ مم) ويستخدم لضبط الصفر كما فى البند السابق. بينما يكون القضيب الآخر طويلاً (طوله حوالى ١٠٠٠ مم) ويستخدم لتحديد دقة القراءة. يجرى اختبار تحديد سرعة انتقال الموجات فى القضيب الطويل بنفس الخطوات فى ضبط الصفر (عدا تعديل القراءة). وتسجل القراءة ثم تقارن بتلك المطبوعة على القضيب المرجعى. ويجب ألا يزيد الفارق بين القراءتين على ± ٠,٥ % لكى تكون القياسات ذات دقة مقبولة.

٨-٣-٥-٣ الكشف عن مواضع وأقطار صلب التسليح ومعاملات التصحيح

يؤثـــر وجـــود أسياخ صلب التسليح بالقرب من مسار النبضات فوق الصوتية على زيادة سرعة انـــتقالها ، حيث تنتقل جزئياً فى صلب التسليح بدلا من الخرسانة. وحيث أن سرعة انتقال الموجات فى الصـــلب تصل إلى ضعف قيمتها فى الخرسانة فإن الناتج هو زيادة ظاهرية فى سرعة انتقال الموجات. ويمكـــن إجراء عملية تصحيح للقراءات المأخوذة بالقرب من أسياخ صلب التسليح – كما سيلى ذكره. غـــير أن النتائج – بالرغم من تصحيحها – تكون غير ممثلة بدقة للخرسانة المختبرة. لذلك يجب تجنب إجـــراء القياســـات بالقـــرب من أسياخ صلب التسليح كلما أمكن. ويكون ذلك بواسطة استخدام أجهزة كهرومغناطيســـية (مثل جهاز الكشف عن صلب التسليح "بروفوميتر") لتحديد مواضع صلب التسليح والابتعاد عنها أثناء الاختبار.

أ – تصحيح القراءات بالقرب من أسياخ صلب محورها موازى لاتجاه انتقال النبضات

يعـــتمد معامل التصحيح على المسافة بين الخط الواصل بين طرفى المحولين وسطح السيخ كما يعتمد على قطر القضيب وسرعة انتقال الموجات فى الخرسانة المجاورة للسيخ . وتقاس سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية فى الأحوال العادية حسب المعادلة:

$$v = \frac{L}{T} \qquad (8\text{-}3\text{-}1)$$

حيث:

L = طول مسار الموجات

T = زمن انتقال الموجات (المسجل بواسطة الجهاز).

وفـــى حالـــة وجـــود أسياخ صلب محورها موازٍ لاتجاه انتقال الموجات تكون سرعـــة الانتقال كالآتى:

$$v_c = \frac{2av_s}{\sqrt{(4a^2 + (Tv_s - L))}} \qquad (8\text{-}3\text{-}2)$$

حيث :

a = المسافة بين الخط الواصل بين طرفى المحولين و سطح السيخ

v_s = سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية فى سيخ الصلب.

v_c = سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية فىالخرسانة المجاورة لأسياخ الصلب.

ويمكن إهمال تأثير الأسياخ على السرعة عندما يتباعد موقع الاختبار عنها بمقدار

$$\frac{a}{L} > \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(v_s - v_c)}{(v_s + v_c)}} \qquad (8\text{-}3\text{-}3)$$

كما ينعدم تأثير أسياخ التسليح أيضاً إذا كان قطرها ٦مم أو أقل. وتكمن الصعوبة فى تطبيق المعادلة (٨-٣-٢) فى إيجاد قيمة v_s . غير أنه يمكن تقديرها بوضع محولى الطاقة بحيث ينطبق محوراهما على محور سيخ صلب التسليح وأخذ قياس زمن الانتقال ومنه حساب السرعة حسب المعادلة (٨-٣-١) مع الأخذ فى الاعتبار سمك الغطاء الخرسانى للسيخ . ويمكن وضع المعادلة (٨-٣-٢) فى الصورة التالية:

$$v_c = k.v_m \qquad (8\text{-}3\text{-}3\text{-}a)$$

$$k = \gamma + 2\left(\frac{a}{L}\right)\sqrt{(1-\gamma^2)} \qquad (8\text{-}3\text{-}3\text{-}b)$$

حيث v_m هى سرعة انتقال النبضات فوق الصوتيه المقاسة من زمن الانتقال المسجل مباشرة. ويكون (k) هو معامل التصحيح للسرعة، ويوضح الشكل (٨-٣-٢) قيم المعامل (γ) لأقطار مختلفة من صلب التسليح وسرعات مختلفة لانتقال الموجات فى الخرسانة (وذلك فى حالة موجات ذات تردد ٥٤ كيلوهرتز)، أما الشكل (٨-٣-٢) فيعطى قيم معامل التصحيح للسرعة.

ويجدر بالذكر أن المعادلة (٨-٣-٢) تكون صحيحة فقط عندما تكون المسافة (a) أكبر من ضعف الغطاء الخرساني لصلب التسليح وإلا يعتبر مرور الموجات على طول محور السيخ مباشرة ، ويكون معامل التصحيح فى هذه الحالة وفقاً للمعادلة التالية:

$$k = 1 - \frac{L_s}{L}(1-\gamma) \qquad (8\text{-}3\text{-}4)$$

حيث :

L_s = طول السيخ (يساوى (طول المسار – ضعف الغطاء الخرساني))

وتكون عملية التصحيح باستخدام المحاولة والخطأ بسبب وجود سرعة انتقال الموجات فى الخرسانة كأحد المؤثرات فى معامل التصحيح. وتكون دقة تقدير السرعة المصححة فى حدود ٣% بشرط وجود تماسك تام بين قضيب التسليح والخرسانة المجاورة.

ب – تصحيح القراءات بالقرب من أسياخ صلب التسليح محورها عمودى على اتجاه انتقال النبضات

يكون تأثيرقضبان التسليح فى هذه الحالة قليلاً بسبب نقص سرعة انتقال الموجات فى اتجاه قطر القضيب عنها فى حالة محوره الطولى. وينعدم هذا التأثير عملياً فى حالة محولات طاقة ذات ذبذبة بتردد ٥٤ كيلوهرتز عند نقص قطر الأسياخ المستعرضة عن ٢٠مم. ويتم تصحيح القراءات بتطبيق المعادلة (٨-٣-٣) بعالية مع استخدام قيم المعامل (γ) من الشكل (٨-٣-٤). ويراعى أن معاملات التصحيح تفرض الحالة الأسوأ ألا وهى مرور الموجات على كامل قطر الأسياخ . وإذا كانت الأسياخ لاتقع على مستو واحد فإنه يصعب تحديد تأثيرها على السرعة بأى درجة من الدقة.

٨-٣-٥-٤ التحام محولات الطاقة بالسطح الخرسانى المختبر

لضمان التصاق محولات الطاقة مع السطح المختبر ينبغى وجود درجة دنيا من استواء السطح ثم نستخدم مادة وسيطة لضمان الالتصاق التام بين المحول والسطح. وفى معظم الأحوال يكفى وجود طبقة رقيقة من مادة مثل الشحم أو عجينة الجلسرين والكاولين لضمان هذا الالتصاق وانتقال الموجات بكامل طاقتها بين المحول وسطح العنصر المختبر. وينبغى أن يكون سمك هذه الطبقة أقل ما يمكن حتى لاتؤثر على سرعة انتقال الموجات. ويساعد الضغط على المحولات عند أخذ القراءات على انتشار المادة الوسيطة وإقلال سمكها لذلك تؤخذ عدة قراءات متتالية حتى نصل إلى الحد الأدنى من زمن الانتقال. وإذا كانت درجة عدم استواء السطح كبيرة بحيث احتاج الأمر إلى وضع طبقة سميكة من المادة الوسيطة فينبغى أخذ تأثيرها فى الاعتبار عند حساب سرعة انتقال الموجات. ويزداد هذا التأثير عند قصر طول الانتقال لذلك يفضل ألا يقل طول الانتقال عن١٥٠مم (للقياس المباشر) و ٤٠٠ مم (للقياس الغير مباشر).

ويظهر تأثير الالتصاق الصوتى بين الأسطح على قراءة الجهاز حيث تستقر بسرعة فى حالة الالتصاق الجيد بينما تتذبذب بوضوح فى حالة الالتصاق غير الجيد. وقد ظهرت فى الأسواق بعض المحولات الخاصة ذات المسطح الصغير والذي يتناهى حتى يصبح نقطة فى حالة المحولات نصف الكروية ، غير أن صغر سطح التماس يؤثر سلباً على كمية الطاقة المنتقلة من المرسل إلى المستقبل.

٨-٣-٥-٥ وضع محولات الطاقة وقياس سرعة الانتقال

يقوم محول الطاقة المرسل بإرسال نبضة فوق صوتيه خلال الجسم المختبر ويستقبلها محول الطاقة المستقبل فى موقع آخر. وتنتقل أقصى طاقة من المرسل فى اتجاه عمودى على السطح ، غير أن النبضات تنتقل أيضاً– بطاقة أقل – فى اتجاهات أخرى ، كما يمكن للمستقبل أن يستقبل نبضات غير عمودية على سطحه. ومن ثم يمكن عمل قياسات سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية بوضع محولى الطاقة فى أحد الأوضاع التالية:

أ – علـــى وجهين متقابلين من العنصر (ومركزيهما على خط واحد متعامد مع السطح) ويسمى انتقال الموجات بالانتقال المباشر (Direct Transmission)

ب – علـــى وجهيـــن متجاوريـــــن من العنصر ويســـمى انتقال الموجات بالانتقال شبـــــه المباشر (Transmission Semi-direct)

جـــ – على نفـــس الســـطح من العـــنصر ويســـمى انتقال الموجـــات بالانتـــقال غير المباشـــر (Indirect Transmission) ويوضح الشكل (٨–٣–٥) الترتيبات المختلفة لمحولات الطاقة.

ويـــتم حســـاب سرعة الانتقال فى الحالتين ا ، ب بعاليه عن طريق قسمة طول المسار للموجات على زمن الانتقال المحدد بواسطة الجهاز. وتكون دقة الحساب محكومة بالدقة فى تعيين طول المسار. ويؤخذ طول المسار مساوياً للمسافة بين مركزي سطحى المرسل والمستقبل.

وفـــى حالـــة الانـــتقال غير المباشر تكون الموجات المنتقلة ذات طاقة ضعيفة حيث تكون سعة الموجة فى حدود ٢–٣ % من تلك فى حالة الانتقال المباشر ، كما تكون السرعة معتمدة على خواص الطـــبقة السطحية (التى تنتقل فيها غالباً الموجات) وتكون السرعة السطحية عادة من ٥–٢٠ % أقل مـــن الســـرعة المقاســـة فى حالة الانتقال المباشر. ذلك يؤدى إلى ... القياس غير المباشر أقل أنواع القـــياس دقـــة وينـــبغى تجنبه إلا فى الحالات التى يكون فيها سطح واحد فقط من الخرسانة مكشوفاً. ولـــزيادة الدقـــة فـــى النتائج يكون تحديد السرعة بإجراء الاختبار عند عدة نقاط على نفس الخط (فى مـــنطقة ذات جودة ظاهرية واحدة) حيث يحدد خط قياس يثبت فى إحدى نقاطه المرسل ويتحرك عليه المســـتقبل بعـــيداً عن المرسل بزيادة ثابتة وتسجل قراءات زمن الانتقال. يتم توقيع النقاط المعبرة عن زمـــن الانتقال والمسافة بين المرسل والمستقبل ويكون ميل أفضل خط يمر بها معبراً عن سرعة انتقال الموجـــات فوق الصوتية فى الخرسانة المختبرة. ويوضح الشكل (٨–٣–٦) هذه العملية ، ويراعى أنه عند وجود عدم استمرارية (قفزة) واضحة فى نقاط الخط يكون ذلك معبراً عن وجود شرخ سطحى فى المســـار المختـــبر ، وعـــند وجـــود (كسرة) فى نقاط الخط يعنى ذلك وجود طبقة سطحية ذات جودة منخفضة.

٨–٣–٥–٦ قياس عمق واتجاه الشروخ السطحية

تتســـبب الشـــروخ المملـــوءة بالهواء فى معاوقة مرور الموجات فوق الصوتية من خلالها لذلك تعـــانى هذه الموجات من انعكاسات عند أسطح الشروخ تزيد من زمن انتقالها بداخل العنصر المختبر. ويمكـــن اســـتخدام هـــذه الظاهرة للكشف عن وجود الشروخ السطحية والعميقة وتحديد اتجاهات ميول الأولى. وحيـــث أن الكشف عن العيوب الداخلية من شروخ وفراغات يتطلب كونها ذات مقاسات كبيرة

(أكـبر من مقاس محول الطاقة على الأقل وعملياً أكبر من ١٠٠ مم) كما يتطلب إجراء قياسات عديدة ومتقاربة ، سيقتصر التوضيح فى هذا البند على حالة الشروخ السطحية فقط.

يتم قياس عمق الشروخ السطحية بإحدى طريقتين :

– الطريقة الأولى

يوضـع كـل مـن المرسـل والمستقبل على جانبى الشرخ (المحدد بالعين) بحيث يكون الخط السطحى الواصل بين مركزى المحولين عمودياً على اتجاه الشرخ. وتؤخذ قراءتان الأولى (T_1) عندما يكون كل من المرسل والمستقبل يبعدان عن الشرخ نفس المسافة (عادة ١٥٠مم) والثانية (T_2) عندما تزاد المسافة إلى ٣٠٠ مم. ويحسب عمق الشرخ (C) بالمليمتر من المعادلة التالية:

$$C = 150\sqrt{\frac{\left(4T_1^2 - T_2^2\right)}{\left(T_2^2 - T_1^2\right)}} \qquad (8\text{-}3\text{-}5)$$

وتبـنى هذه المعادلة على فرض أن مستوي الشرخ عمودى على سطح العنصر وللتأكد من ذلك يـتم تحـريك كـل من محولى الطاقة (بالتبادل) بعيداً عن الشرخ مع رصد قراءة الزمن من الجهاز، ويكون الشرخ مائلاً فى اتجاه المحول الذي تسبب حركته السابقة نقصاً فى زمن الانتقال.

– الطريقة الثانية

لقياس عمق الشرخ السطحى تكون بوضع المرسل على بعد 2.5y من الشرخ.ثم يتم أخذ قراءات لزمـن الانتقال بوضع المستقبل على مسافات y و 2y و 3y بعد من المرسل على خط سطحى متعامد مـع اتجـاه الشرخ وفى اتجاهه (ولتكن القراءات T_1 و T_2 و T_3 على الترتيب). توقع القراءات لزمن الانـتقال مع المسافة من المرسل وإذا كان الخط الواصل بين القراءتين الأوليين يمر بنقطة الأصل دل ذلك على عدم وجود شروخ مختفية ، ويحدد عمق الشرخ (C) من المعادلة التالية:

$$C = \frac{y}{2}\sqrt{\left[\left(\frac{2T_2^2 + 3T_3^2}{T_3 T_2}\right) - 25\right]} \qquad (8\text{-}3\text{-}6)$$

ويوضـح الشـكل (٨–٣–٧) خطـوات تحديد عمق واتجاه شرخ سطحى باستخدام جهاز قياس سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية.

٨-٣-٥-٧ قياس سمك طبقة سطحية ذات جودة منخفضة

يتعرض سطح الخرسانة للتلف بعض الأحيان بسبب مهاجمة العوامل البيئية من حرارة وأملاح ، ويكـــون مـــن المفـــيد لتقييم كفاءة العنصر الخرسانى معرفة عمق التلف الناتج. ويمكن أن يكون قياس سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية (الانتقال غير المباشر) مفيداً لتحقيق ذلك. حيث تمر الموجات فى الطبقة السطحية فقط عند تقارب وضعى المرسل والمستقبل وباستمرار أخذ القراءات لزمن الانتقال مع وضـــع المستقبل بعيداً عن المرسل (الممارسة العادية فى هذا النوع من القياسات) تمر الموجات جزئياً ثم أساسياً فى الطبقة السليمة تحت السطحية. توقع النتائج (الزمن مع المسافة بين محولى الطاقة) ، وإذا لوحـــظ وجود ميلين للخط الواصل بين النقاط يكون ذلك دليلاً على وجود تغير فى نوعية للخرسانة مع العمـــق (كمـــا فى الشكل (٨-٣-٦)). أما إذا كان الخط وحيد الميل فيدل ذلك على عدم تغير النوعية (عدم حدوث تلف). ويقاس عمق الطبقة السطحية التالفة بتطبيق المعادلة التالية:

$$t = \frac{x_0}{2}\sqrt{\frac{(v_s - v_d)}{(v_s + v_d)}} \qquad (8\text{-}3\text{-}7)$$

حيث :

x_0 = المسافة التى يحدث عندها تغير الميل (مقيسة من مركز موقع المرسل)

v_d = سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية فى الطبقة السطحية (تحسب من الميل الأول للخط).

v_s = سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية فى الطبقة تحت السطحية (تحسب من الميل الثانى للخط).

٨-٣-٥-٨ تحديد معاير المرونة ونسبة بواسون الديناميكية:

ترتـــبط ســـرعة انـــتقال الموجات فوق الصوتية بالثوابت المرنة للخرسانة ويمكن تحديد معاير المرونة الديناميكى لوسط مرن متماثل الخواص ذى أبعاد لانهائية من المعادلة:

$$E_d = \rho v^2 \frac{(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)} \qquad (8\text{-}3\text{-}8)$$

حيث:

E_d = معاير المرونة الديناميكى (ميجانيوتن/م^2).

υ = نسبة "بواسون" الديناميكية.

ρ = الكثافة (كجم/م^3).

v = سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية (كم/ثانية).

وحيث أن السرعة لا تتأثر بشكل أو مقاس العينة –إلا إذا كان طول أصغر بعد لها أقل من الطول الموجى المستخدم – يمكن عند معرفة الكثافة و نسبة "بواسون" الديناميكية ، تحديد معاير المرونة الديناميكى عن طريق قياس سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة.

وتجرى اختبارات الرنين الطولية– وفقاً للمواصفات المعنية– لتحديد نسبة معاير المرونة الديناميكى إلى الكثافة من المعادلة.

$$\frac{E_d}{\rho} = 4n^2L^2 * 10^{-6} \qquad (8\text{-}3\text{-}9)$$

حيث:

n = تردد ذبذبة الرنين (هرتز).

L = طول العينة (م).

وبدمج المعادلتين (٨–٣–٨) و (٨–٣–٩) نحصل على المعادلة التالية ومنها يمكن تحديد قيم نسبة "بواسون" الديناميكية كما فى الجدول (٨–٣–١) .

$$\frac{(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)} = \frac{4n^2L^2}{v^2} \times 10^{-6} \qquad (8\text{-}3\text{-}10)$$

ولا تجرى غالباً اختبارات الرنين لذلك يمكن استخدام العلاقات التجريبية لتحديد معاير المرونة الاستاتيكى والديناميكى (الذي قد يختلف من نقطة لأخرى فى نفس المنشأ). الجدول (٨–٣–٢) يوضح مثالا لتلك العلاقة التجريبية بين سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية ومعاير المرونة الإستاتيكى والديناميكى ، والمستنتجة لخرسانة ذات نوعيات شائعة من الركام . ويجدر بالذكر أن القيم المحددة من هذا الجدول تكون دقيقة فى حدود ±١٠ % .

٨–٣–٦ إيجاد العلاقة بين المقاومة وسرعة انتقال النبضات

تتأثر العلاقة بين المقاومة وسرعة انتقال النبضات بعدة عوامل منها نسب مكونات الخرسانة ونوعياتها، ومحتوي الرطوبة وطريقة المعالجة وعمر الخرسانة، لذلك ينبغى استنتاج علاقة لكل نوعية محددة من الظروف. وتعتمد دقة الاستنتاج من هذه العلاقة على درجة تمثيل الظروف المستنتجة منها العلاقة لتلك بالمنشأ المختبر. كما تعتمد دقة العلاقة نفسها على عدد الاختبارات التى أجريت لاستنتاجها. ويمكن استنتاج العلاقة باستخدام عينات معملية أو قلوب خرسانية من منشأ، وقد أثبتت الخبرة العملية أن استخدام العينات المعملية يعطى تقديراً أكثر تحفظاً للمقاومة.

وفى حالة استخدام العينات المعملية يتم تغيير مقاومتها حسب الغرض من العلاقة: فيكون التحكم فى المقاومة بتغيير العمر عند دراسة اكتساب المقاومة بينما يكون التحكم فى المقاومة عن طريق تغيير نسبة الماء/ الأسمنت لأغراض ضبط الجودة. وتختبر عينات فى الضغط أو الانحناء تعد وتختبر وفقاً للمواصفات المختصة. وتكون نتائج كل ثلاث عينات ممثلة لنقطة واحدة فى العلاقة المطلوبة. كما ينبغى ألا يزيد مدى الاختلاف فى المقاومة على ± ٥ % وإلا تستبعد النتائج من الاعتبار فى العلاقة.

فى حالة استنباط العلاقة من المنشأ ينبغى إجراء اختبارات قياس سرعة الموجات على العينات فى موقعها بالمنشأ قبل القطع والغمر فى الماء حيث يتسبب عدم مراعاة ذلك فى الحصول على قيم أعلى للسرعات. ولا يمكن فى حالة المنشأ تغطية مدى واسع من المقاومة لذلك تستنبط العلاقة للمدى المحدود فى المنشأ ثم يتم عمل امتداد لها حسب الحاجة.

٨-٣-٧ مصادر محتملة للخطأ وكيفية تجنبها

أ – انزلاق المحول على السطح أثناء القياس فى الاختبار أو عند ضبط الصفر يؤدى إلى عدم ثبات القراءة مع وجود خطأ عند الثبات (حيث يتغير الموقع النسبى للمحولات) لذلك يضغط المحول بقوة ناحية السطح المختبر فى الموقع المحدد.

ب – لا يستخدم القضيب المرجعى الطويل لضبط الصفر حيث يغطى تأثير طول القياس على العيوب المحتملة فى الدوائر وأدوات القياس ويكون الطول المناسب هو حوالى ٢٥٠ مم لحالة تردد الموجات فى حدود ٥٤ كيلوهرتز.

جـ – فى حالة عدم إمكان قياس طول الانتقال بدقة على العنصر يمكن استخدام الأبعاد الاسمية (حسب الرسومات) مع ذكر السماحية فيها ولا يستخدم ذلك على الإطلاق فى حالة الأطوال الأقل من ٣٠٠ مم بسبب احتمالات الخطأ المتزايدة. وعموماً يجب أن تكون الدقة فى قياس طول المسار أفضل من ± ١ % .

د – عند تصحيح السرعات بسبب وجود صلب تسليح قريب من موقع الاختبار يجب مراعاة أن النتائج تمثل الصلب والخرسانة المحيطة به وليست الخرسانة فى الخط الواصل بين مركزى المحولين، لذا يجب الحذر عند تفسير النتائج.

هـ – السطح الممسوس والمسوى بعد الصب قد تكون له خواص مغايرة لخرسانة القلب. وعلى ذلك ينبغى تجنب إجراء القياسات عليه. وعند حتمية إجراء الاختبار على مثل هذا السطح يجب مراعاة تأثير ذلك العامل – عن طريق إجراء قياسات لمسافات طويلة فى حالة الانتقال غير المباشر مثلاً.

و – الشرخ السطحى المغلق بالضغط أو المملوء بالماء يكون غير مرئى بالنسبة للنبضات ، لذلك يجب مراعاة حالة الإجهادات فى العنصر وكذلك محتوى الرطوبة عند محاولة استنتاج عمق شرخ سطحى.

ز – قياس سمك الطبقة السطحية ذات النوعية الرديئة يكون فى حالة وجود مسطح كبير تالف من الخرسانة ولا يستخدم لحالة التعشيش المحدود مثلاً.

ح – تتأثر سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية بدرجة حرارة الخرسانة المختبرة إذا كانت خارج المدى (± ٣٠ °م) ولذلك يجرى تصحيح للسرعات حسب الجدول (٨-٣-٣).

ط – لاتتأثر سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية بشكل ومقاس العنصر الخرسانى المختبر إلا إذا كانت قيمة أقل بعد للعنصر أقل من الطول الموجى للنبضة المستخدمة فى الاختبار، حيث يتسبب ذلك فى نقص واضح للسرعة المحددة. لذلك يجب ألا يقل الحد الأدنى لبعد العنصر المختبر عن القيم الموضحة فى الجدول (٨-٣-٤).

ى – عند مقارنة نوعيات خرسانة فى منشآت مختلفة أو عناصر مختلفة فى نفس المنشأ ينبغى مراعاة تشابه الظروف فى جميع الحالات من حيث تكوين الخرسانة و محتوي الرطوبة والعمر ودرجة الحرارة ونوع الأجهزة المستخدمة وترتيب المحولات وإلا لاتصح المقارنة.

٨-٣-٨ التقرير

يجب أن ينص التقرير على المواصفة القياسية التى تم إجراء اختبار قياس سرعة الموجات فوق الصوتية وفقاً لها ، كما يجب أن يحتوى على البيانات التالية:

١ – تاريخ وتوقيت ومكان الاختبار.

٢ – وصف المنشأ أو العينة المختبرة.

٣ – التركيب الاسمى للخرسانة ويشمل:

- نوع الأسمنت
- محتوى الأسمنت
- نسبة الماء إلى الأسمنت
- نوع الركام ومقاسه
- الإضافات المستخدمة (إن وجدت)

٤ – نوع وظروف المعالجة– درجة الحرارة وعمر الخرسانة عند الاختبار.

٥ – مواصفات البيئة التى صممت لها الخرسانة.

٦ – اسكتش يوضح وضع محولات الطاقة ومسار الموجات. كما يوضح عليه ترتيب صلب التسليح وأية فتحات مجاورة لموقع الاختبار.

٧ – حالة السطح (من حيث النعومة ووجود الشروخ أو الفجوات السطحية من أى نوع).

٨ – حالة الرطوبة الداخلية وظروف المعالجة الطويلة (بقدر الإمكان).

٩ – نوع الجهاز ومنشأه ودقة قراءته للسرعة وتردد الموجات المستخدمة ومميزات الجهاز الأخرى.

١٠ – القيم المُقاسة لسرعة النبضات.

١١– القيم المصححة لسرعة النبضات (بسبب وجود صلب التسليح مثلاً) إذا لزم الأمر.

٨-٣-٩ المراجع

- BS 1881 Testing Concrete

Part 5 Methods for testing hardened concrete for other than strength.

Part 108 Methods for making test cubes from fresh concrete.

Part 109 Methods for making test beams from fresh concrete.

Part 110 Methods for making test cylinders from fresh concrete.

Part 114 Methods for determination of density of hardened concrete.

Part 116 Methods for determination of compressive strength of concrete cubes.

Part 119 Methods for determination of compressive strength using portions of beams broken in flexure (equivalent cube method).

Part 120 Methods for determination of compressive strength of concrete cores.

Part 201 Guide for use of non-destructive methods of test for hardened concrete.

Part 202 Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer.

Part 204 Recommendations for the use of electromagnetic cover measuring devices.

BS 6100 Glossary of building and civil engineering terms

Part 6 Concrete and Plaster.

- BS 1881 Testing Concrete

Part 203 Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete

- BS 3683 Glossary of terms used in non-destructive testing

جدول (٨-٣-١) قيم نسب "بواسون" الديناميكية

$\frac{nL}{v}$	υ
0.257	0.45
0.342	0.40
0.395	0.35
0.431	0.30
0.456	0.25
0.474	0.20
0.487	0.15
0.494	0.10
0.499	0.05

جدول (٨-٣-٢) قيم تجريبية لمعاير المرونة الإستاتيكى والديناميكي
بدلالة سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية

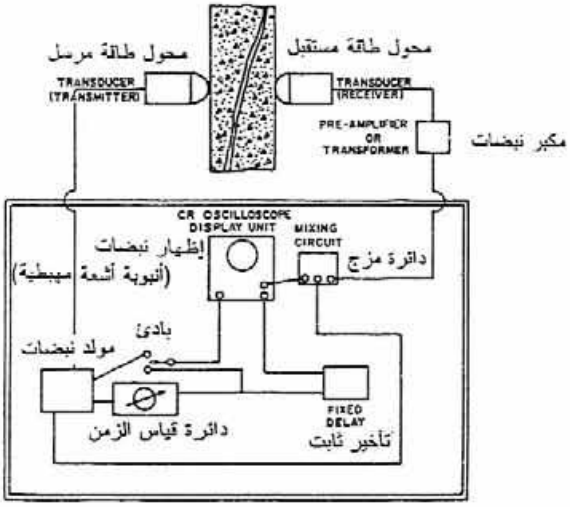
سرعة انتقال النبضات (كم/ثانية)	معاير المرونة (ميجانيوتن/م^2)	
	ديناميكى	استاتيكى
3.6	24 000	13 000
3.8	26 000	15 000
4.0	29 000	18 000
4.2	32 000	22 000
4.4	36 000	27 000
4.6	42 000	34 000
4.8	49 000	43 000
5.0	58 000	52 000

جدول (٨-٣-٣) تأثير الحرارة على انتقال النبضات

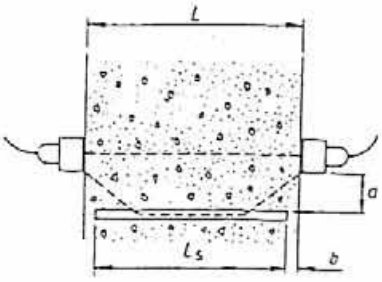
درجة الحرارة (° م)	التصحيح فى سرعة النبضات المقاسة (%)	
	خرسانة جافة فى الهواء	خرسانة مشبعة بالماء
60	+5	+4
40	+2	+1.7
20	0	0
0	-0.5	-1
-4	-1.5	-7.5

جدول (٨-٣-٤) تأثير أبعاد العينة على انتقال النبضات

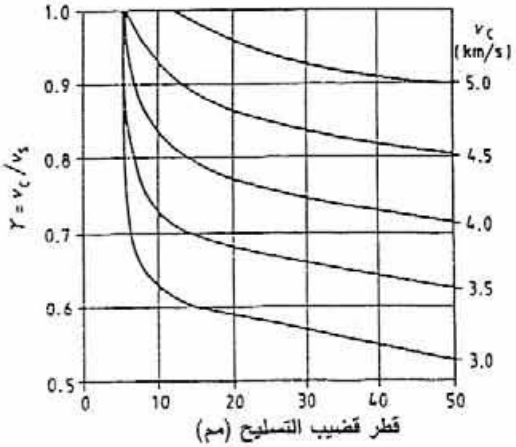
تردد محول الطاقة (كيلوهرتز)	سرعة انتقال النبضات فى الخرسانة (كم/ثانية)		
	3.5	4.0	4.5
	أقل بعد عرضى (مم)		
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30



شكل (٨-٣-١) دائرة قياس سرعة الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة

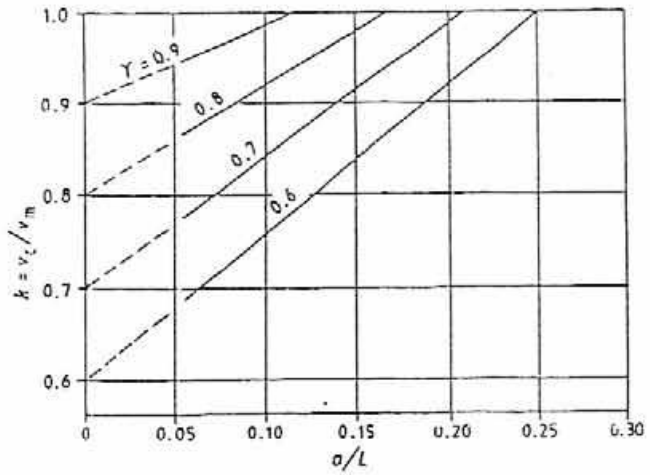


(ب) قطاع عرضي فى خرسانة بها تسليح عرضى.

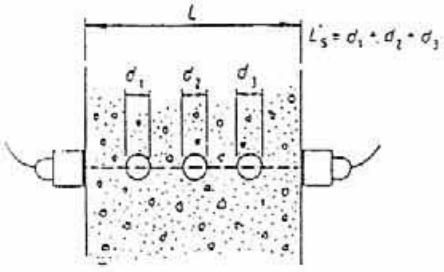


(ا) العلاقة بين قطر قضيب التسليح ونسبة السرعة.

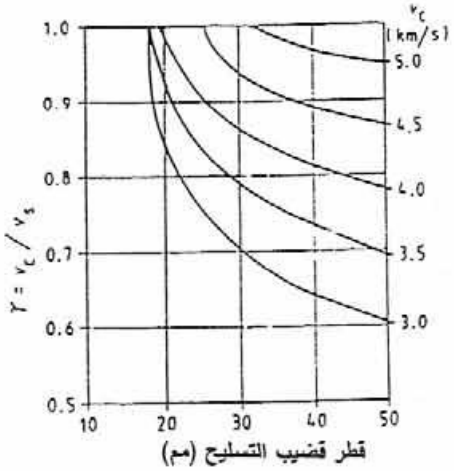
شكل (٨-٣-٢) تأثير صلب التسليح على سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة (حالة مسار الموجات موازى لمحور صلب التسليح)



شكل (٨-٣-٣) معامل التصحيح للسرعة (k) لحالة مسار الموجات موازى لمحور صلب التسليح

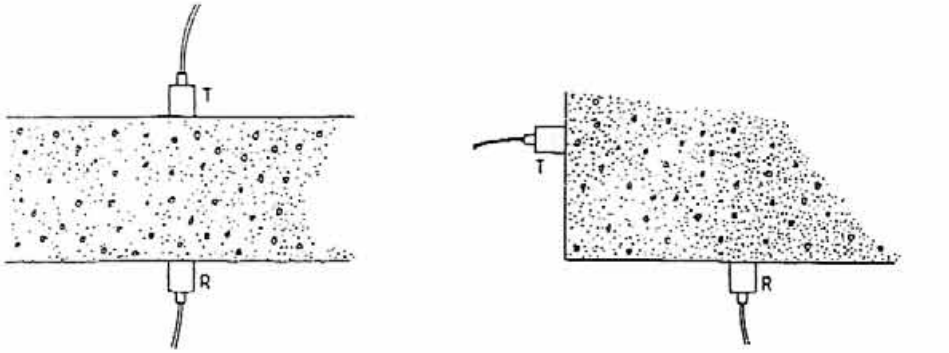


(ب) قطاع عرضي فى خرسانة بها تسليح طولى.



(ا) العلاقة بين قطر قضيب التسليح ونسبة السرعة.

شكل (٨-٣-٤) تأثير صلب التسليح على سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية (v_c) خلال الخرسانة لحالة مسار الموجات عمودى على محور صلب التسليح



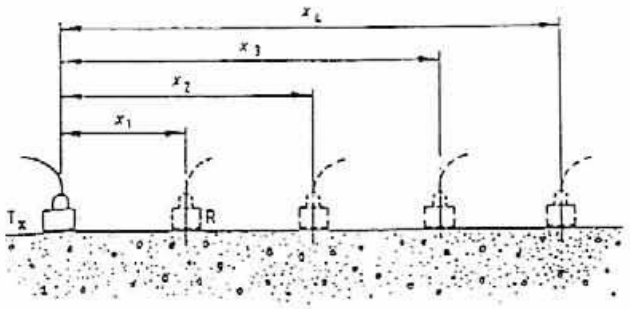
الانتقال المباشر

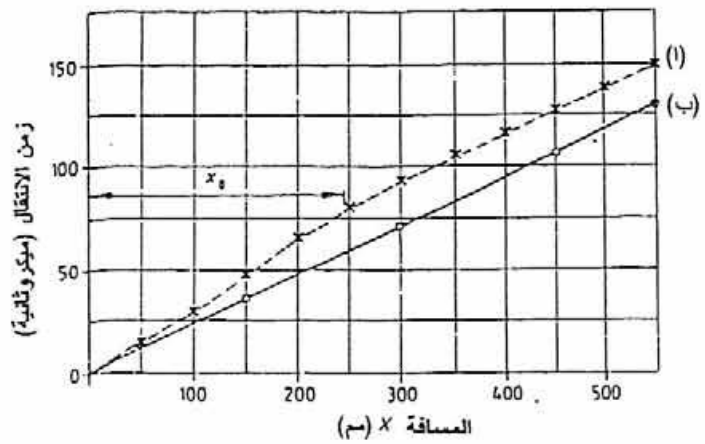
الانتقال شبه المباشر

الانتقال الغير مباشر (السطحى)

المرسل (T)
المستقبل (R)

شكل (٨-٣-٥) الطرق المختلفة لوضع محولات الطاقة على العنصر المختبر





(ا) القراءات لخرسانة بها ٥٠ مم العليا ذات جودة منخفضة.
(ب) القراءات لخرسانة متجانسة.

شكل (٨-٣-٦) تحديد سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية خلال الخرسانة (الطريقة غير المباشرة)

وزارة التعليم العالى
المعهد العالى للهندسة والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

معمل ميكانيكا التربة وهندسة الاساسات

أولاً: بيانات المعمل الأساسية

إسم المعمل: **معمل ميكانيكا التربة وهندسة الاساسات**

القسم العلمي: هندسة الإنشائية

المشرف: **د/منير رضا كامل**

مهندس المعمل: **م.م/ نهي احمد عطية**

أمين المعمل: **محمد رضا**

التليفون: 01026892397

الموقع بالنسبة للكلية: 407

مساحة المعمل: يتكون المعمل من جزء مخصص للأجهزة إختبارات التربة وجزء مكتب و شرح للسكاشن بمساحة 60 متر مربع.

ثانياً: قائمة بالأجهزة والمعدات الموجودة بالمعمل:

م	اسم الجهاز	عدد الأجهزة
1	ميزان حساس	1
2	مخبار مدرج	1
3	جفنة من البورسلين	1
4	فرن	1
5	جهاز مخروط الاختراق لتعيين حد السيوله	1
6	جهاز كساجراند	2
7	مناخل قياسية	1
8	جهاز هز ميكانيكي للمناخل	1
9	هيدروميتر	1
10	جهاز صندوق القص المباشر	2
11	جهاز الضغط الثلاثي	1
12	وعاء اسطواني للدمك	1
13	مطرقة بروكتور القياسي	1
14	مطرقة بروكتور المعدل	1
15	جهاز الاودوميتر	3

ثالثاً: قائمة بالتجارب التي تؤدي داخل المعمل:

م	التجربة	الغرض منها
1	تعيين محتوى الرطوبة للتربة	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد محتوى الرطوبة water content للتربة، والذي يساوي نسبة المئوية لوزن الماء في حجم معين من التربة إلى وزن التربة الجافة في هذا الحجم.
2	تعيين حد السيولة للتربة	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد حد السيولة Liquid Limit للتربة المتماسكة لغرض تصنيفها حسب تصنيف كساجراند مما يعطي فكرة تقريبية عن إنضغاطها ونفاذيتها ومقاومتها للقص.
3	تعيين حد اللدونة للتربة	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد حد اللدونة للتربة المتماسكة المجففة فى الهواء. يمكن تحديد حد اللدونة لعينة من التربة في حالتها الطبيعية.
4	تعيين الوزن النوعى لحبيبات التربة	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد الوزن النوعي Specific Gravity لحبيبات التربة والمعروف أنه النسبة بين وزن حجم معين من حبيبات التربة الجافة إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند درجة حرارة 20 درجة مئوية.
5	تعيين التدرج الحبيبى باستخدام المناخل	الغرض من اختبار التدرج الحبيبي باستخدام المناخل sieve analysis هو تحديد تدرج مقاس حبيبات التربة حتى مقاس الرمل الناعم.
6	تعيين معاملات التضاغط	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مقدار ومعدل التضاغط compressibility لعينة من التربة المتماسكة المشبعة تماماً أو شبه مشبعة، المستخرجة من الطبيعة على شكل أسطوانة أو مكعب، الممنوع من الحركة جانبا والمعرضة لحمل رأسي محوري، والمسموح بتصريف المياه من سطوحها العلوية والسفلية.
7	تعيين معاملات الإنتفاخ	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد معاملات الانتفاخ swellingللتربة الطينية عند تعرضها للماء وهي ضغط الانتفاخ ومعدل الانتفاخ تحت حمل معين.
8	تعيين خواص الدمك للتربة	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد العلاقة بين وزن وحدة الحجوم الجافة ومحتوى الرطوبة للتربة عند دمكها بإحدى طرق الدمك للحصول على أقصى وزن وحدة حجوم جافة لها.

9	تعيين نسبة تحميل كاليفورنيا	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد نسبة تحميل كاليفورنيا California Loading ratioللتربة المدموكة في المعمل من خلال رسم العلاقة بين الحمل اللازم لاختراق التربة بمكبس أسطواني بمعدل ثابت وقيمة هذا الاختراق.
10	تعيين معامل مقاومة القص بطريقة الضغط المحورى بدون ضغط محيط	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد معامل مقاومة القص (C_u) للتربة المتماسكة غير المتشققة والمشبعة بالمياه unconfined compressive strength لغرض استخدامها في الحسابات المبدئية للتصميم.
11	تعيين معاملات مقاومة القص باستخدام صندوق القص	الغرض من هذا الاختبار هو تعيين معاملات القص وهي زاوية الاحتكاك (Φ) للتربة الرملية الجافة ومقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة باستخدام اختبار صندوق القص وذلك لمنع تصريف الماء من العينة أثناء الاختبار .
12	تعيين معاملات مقاومة القص باستخدام جهاز الضغط ذو الثلاثة محاور	الغرض من هذا الاختبار هو تحديد قيمة معامل مقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة ويتم ذلك عن طريق وضع حمل رأسي على العينة وهي محاطة بضغط منتظم باستخدام الهواء أو سائل مضغوط بضغط معين وتحديد فرق الإجهادات عند انهيار العينة أو عندما تصل نسبة الانفعال الرأسي إلى 20% من ارتفاع العينة أيهما أقرب.

رابعاً: الخدمات المجتمعية التي يؤديها المعمل:

- عدد المستفيدين من المعمل:
- الجهات التى تتعاون مع المعمل: جميع الجهات التى لها علاقة بأعمال التربة فى كافة المجالات الهندسية.
- الدخل السنوى للمعمل: يعتمد دخل المعمل اساسيا من خلال الدورات التى يقدمها معمل اختبارات التربة والخاصة بالمواد الدراسية وكذلك الاعمال التى يكلف بها من خلال مركز الدراسات والاستشارات الهندسية ودخل المعمل ثابت سنويا.
- الجهات الممولة لأنشطة المعمل: تمويل ذاتى من خلال الجامعة فقط.
- المشاريع التنافسية التى يشارك فيها المعمل:

خامساً: الخدمات الطلابية التي يؤديها المعمل:

- عدد الطلاب المستفيدين من المعمل: حوالى 300 طالب.
- الأقسام العلمية المستفيدة من المعمل: قسم الهندسة المدنية وقسم الهندسة المعمارية وكذلك بعض البرامج الخاصة الموجودة بالكلية.
- الفرق الدراسية المستفيدة من المعمل: الفرقة الاولى والثانية وايضا طلبة البكالوريس فى مشاريع التخرج بالكلية.
- المقررات الدراسية التى تستفيد من المعمل:

  مقرر هندسة جيوتقنية وجيولوجية

  مقرر هندسة جيوتقنية

  مقرر هندسة التربة والصخور

  مقرر أساسات واختبار مواد

- الأنشطة الطلابية داخل المعمل: التدريب على جميع الاجهزة إختبارات التربة للتعرف على خواص التربة فى جميع الاعمال الانشائية فى شتى المشروعات المختلفة.
- عدد طلاب الدراسات العليا المستفيدين من المعمل: -------.
- عدد الرسائل العلمية التى تمت فى المعمل: ---
- عدد الدورات التدريبية التى تمت فى المعمل: ---
- المسابقات العملية التى شارك فيها طلاب من المستفيدين من المعمل -----

❖تطبيقات الاجهزة إختبارات التربة:

1-تحديد محتوى الرطوبة للتربة

1/ الغرض من الاختبار:-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد محتوى الرطوبة water content للتربة، والذي يساوي نسبة المئوية لوزن الماء في حجم معين من التربة إلى وزن التربة الجافة في هذا الحجم.

2/ الأجهزة:-

(أ) فرن تجفيف كهربائي آلى الضبط ويمكن تثبيت درجة حرارته عند 105-110 م.

(ب) مجموعة من الموازين الحساسة كالآتي:

(ب-1) ميزان حساس بدقة $1*10^{-4}$ نيوتن (0.01 جرام) لعينات التربة الناعمة الحبيبات.

(ب-2) ميزان حساس بدقة $1*10^{-3}$ نيوتن (0.1 جرام) لعينات التربة متوسطة الحبيبات.

(ب-3) ميزان حساس بدقة $1*10^{-2}$ نيوتن (1 جرام) لعينات التربة الخشنة الحبيبات.

(ج) مجموعة من علب الألومنيوم أو أي معدن مقاوم للصدأ أو التآكل أو التحلل من تكرار عملية التسخين والتبريد، لها غطاء محكم لمنع تسرب الرطوبة من عينة التربة أو امتصاص الرطوبة من الهواء، وتكون أحجام هذه العلب هي كما يلي:

(ج-1) علب قطرها حوالي 50 مم وارتفاعها حوالي 25 مم تستخدم لعينات التربة الناعمة الحبيبات.

(ج-2) علب تسع حوالي 5 نيوتن (500 جرام) للتربة متوسطة الحبيبات.

(ج-3) علب تسع حوالي 30 نيوتن (3 كيلو جرام) للتربة الخشنة الحبيبات.

(د) مجفف يبلغ قطره حوالي 200 مم إلى 250 مم يحتوي على جيلاتين السيليكا.

(هـ) جاروف يبلغ عرضها حوالي 100 مم وطولها حوالي 200 مم.

3/ الطريقة:-

(1) يتم وزن علب العينات المناسبة لنوع التربة على الميزان المناسب وتكون فارغة وجافة ونظيفة وعليها غطائها (m_1).

(ب) يؤخذ حوالي 0.3 نيوتن (30) جرامًا من التربة الناعمة الحبيبات، أو حوالي 3 نيوتن (300) جرامًا من التربة متوسطة الحبيبات، أو حوالي 30 نيوتن (3) كجم من التربة الخشنة الحبيبات، ويوضع وهى مفككة في العلبة المناسبة لنوع التربة وتغطى لمنع تسرب الرطوبة منها ثم توزن العلبة بمحتوياتها بالدقة المحددة عاليه (m_2).

(ج) يتم إزالة غطاء العلبة وتوضع في الفرن على درجة حرارة 105-110 درجة مئوية لمدة 24 ساعة يلاحظ أن معظم أنواع التربة يتم تجفيفها في مدة تتراوح بين 16-24 ساعة، إلا إذا كانت تحتوي على نسبة عالية جداً من الماء، أو كان حجم العينة كبيرا ففي هذه الحالة قد تحتاج إلى التجفيف لمدة أطول. إذا كانت التربة تحتوي على مادة الجبس أو الجير، فيفضل تجفيفها عند درجة حرارة لا تزيد عن 80 درجة مئوية ولمدة أطول من 24 ساعة، ويجب تسجيل ذلك مع نتائج الاختبار. وبشكل عام تعتبر العينة جافة إذا كان الفرق بين وزنها في مرتين متتاليتين بفارق 4 ساعات في الفرن لا يتجاوز عن 0.1% من وزنها الأصلي.

(د) أخرج العلبة بمحتوياتها من الفرن، وغطيه بغطاء، ثم ضعه في المجفف ليبرد في حالة التربة الناعمة الحبيبات أما في حالة التربة متوسطة أو خشنة الحبيبات، تترك لتبرد دون استخدام المجفف.

(هـ) يوزن العلبة مغطى بمحتوياتها (m_3).

4/ الحسابات :-

يتم حساب المحتوى الرطوبة للعينة من المعادلة التالية:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100$$

5/ تسجيل النتائج :-

يتم تسجيل النتائج في جدول ومن ثم يتم حساب نسبة المئوية لمحتوى الرطوبة لأقرب كسر عشري إذا كانت قيمتها لا تتجاوز 10%. وإذا جاوزت 10% تسجل النسبة لأقرب رقم صحيح، تذكر الطريقة المستخدمة للحصول على هذه النسبة.

جدول (٢-٢-١) نتائج إختبار تعيين محتوى الرطوبة للتربة

المشروع: رقم الجسة :

الموقـــع: عمق العينة :

تاريخ إستخراج العينة (التربة الطبيعية): وصف التربة:

درجة حرارة التجفيف• :

طريقة إجراء الإختبار (القياسية- الحمام الرملى)

التاريخ:

رقم العينة		١	٢	٣	٤
رقم العلبة					
وزن العلبة فارغة	(m1) نيوتن				
وزن العلبة + وزن العينة رطبة	(m2) نيوتن				
وزن العلبة + وزن العينة جافة	(m3) نيوتن				
وزن الماء	(m2 - m3) نيوتن				
وزن العينة جافة	(m3 - m1) نيوتن				
محتوي الرطوبة	(%) $\frac{m_2-m_3}{m_3-m_1}x100$ (%)				
• القيمة المتوسطة لمحتوى الرطوبة	(%)				

• في حالة إستخدام الفرن في التجفيف

2-تحديد حد السيولة للتربة

1/ الغرض من الاختبار:-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد حد السيولة Liquid Limit للتربة المتماسكة لغرض تصنيفها حسب تصنيف كساجراند مما يعطي فكرة تقريبية عن إنضغاطها ونفاذيتها ومقاومتها للقص. ويعتبر حد السيولة هو أقل نسبة لمحتوى الرطوبة التي تتغير عندها التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة السائلة. وبحسب الاختبار فإن حد السيولة هو النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة التي ينهار عندها ويتلاصق جانبا الشق الموجود عند قاع الوعاء المعدني للجهاز بطول 13 مم تحت تأثير الصدمات الناتجة عن سقوطه 25 مرة من ارتفاع 10 مم بمعدل سقوطين في الثانية.

2/ الأجهزة :-

(1) جهاز كساجراند Casagrande لتحديد حد السيولة. يتكون الجهاز من وعاء معدني دائري يتحرك حول محور أفقي إلى أعلى بارتفاع 10 مم ثم يسقط على قاعدة الجهاز. ويمكن إستخدام أداة الشق حسب Casagrande أو حسب (ASTM).

(ب) جفن من البورسلين يبلغ قطره حوالي 150 مم.

(ج) سكاكين خلط يبلغ طولها حوالي 200 مم وعرضها حوالي 30 مم.

(د) زجاجة غسيل بلاستيكية تحتوي على ماء مقطر.

(هـ) جهاز تعيين محتوى الرطوبة للتربة في المعمل.

(و) علبة محكمة غير منفذة للهواء ومن معدن غير قابل للصدأ يستوعب من 2 إلى 2.5 نيوتن (200 إلى 250 جرامًا) من التربة الرطبة.

3/ إعداد الجهاز :-

(أ) يجب فحص جهاز حد السيولة للتأكد من صلاحيته للخدمة وأن جميع أجزائه بحالة جيدة ونظيفة وجافة، بما في ذلك آلة الشق. يجب عليك أيضًا التأكد من سقوط الوعاء المعدني سقوطا حرا وألا يكون هناك حركة أفقية كبيرة عند المفصل.

(ب) يجب ضبط الوعاء المعدني بحيث يكون قاعه أعلى من القاعدة بمقدار 10 مم، وذلك باستخدام مسامير الضبط بالجهاز. ويمكن التأكد من ذلك بتمرير جزء يد لآلة الشق، والذي يبلغ سمكه 10 مم، بين قاع الوعاء والقاعدة.

4/ الطريقة:-

(أ) يؤخذ حوالي 2 نيوتن (200 جم) من التربة الجافة التي مرت عبر منخل قياسي مقاس 425 ميكرون والتى تم تحضيره مسبقاً مع تسجيل نسبة المار من هذا المنخل.

إذا مرت معظم حبيبات التربة من منخل مقاس 425 ميكرون فمن الأفضل إزالة الحبيبات القليلة الكبيرة الموجودة فيه عند الخلط دون الحاجة إلى تحضيرها مسبقاً. إذا قمت باختبار التربة في حالتها الطبيعية، فستختلف النتائج بعض الشيء عن التربة المجففة بالهواء. يجب اختبار التربة العضوية في حالتها الطبيعية. ويشترط في هذا أن يسجل في التقرير أن التربة المستخدمة في الاختبار كانت في حالتها الطبيعية.

(ب) توضع عينة التربة في الجفنة وتخلط جيداً مع كمية كافية من الماء المقطر باستخدام سكين مع تكرار التقليب والخلط والعجن بالسكين، ويبدأ الاختبار دائماً من الحالة الجافة مع إضافة الماء والخلط جيداً.

(ج) عندما تخلط العينة جيداً بالماء وتصل إلى قوام سميك متجانس تنقل التربة إلى الوعاء غير منفذ للهواء ويتم غلقه ثم يترك لمدة 24 ساعة حتى تنتشر الرطوبة بشكل موحد. إذا كانت عينة التربة تحتوي على نسبة قليلة من الطين، فقد لا تحتاج إلى عملية انتشار الرطوبة إلى كل هذه الفترة الطويلة، ويمكن إجراء الاختبار على التربة مباشرة بعد الخلط.

(د) إعادة التربة إلى الجفنة ويعاد خلطها جيداً لمدة لا تقل عن 10 دقائق. مع ملاحظة أن بعض أنواع التربة قد تحتاج إلى حوالي 40 دقيقة لإعادة خلطها بشكل مستمر قبل إجراء الاختبار عليها.

(هـ) يتم وضع جزء من العينة المعاد خلطها في الوعاء المعدني المثبت على قاعدة الجهاز. يتم فرد العينة وتسوية سطحها بحيث يكون سمك العينة في منتصف الوعاء المعدني 10 مم. تتم إزالة التربة الزائدة ووضعها في الجفنة.

(و) يتم شق التربة في اتجاه القطر المار بمنتصف المفصلة بحيث تظل أداة الشق متعامدة مع سطح الإناء ويكون طرفها المنزوع مواجها للحركة. يجب أن يكون الشق نظيفاً وسليماً وبالأبعاد المطلوبة. مع التربة منخفضة اللدونة قد يكون من الصعب عمل شق أملس في التربة باستخدام أداة الشق القياسية، وفي هذه الحالة يمكن استخدام أداة الشق المنصوص عليها في (ASTM) لمثل هذه الأنواع من التربة. إذا لم يمكن عمل شق أملس، فإن التربة تكون غير لدنة، ويجب في هذه الحالة تسجيل عدم إمكانية إجراء اختبار حد السيولة للتربة.

(ز) يتم تدوير يد الجهاز بمعدل دورتين في الثانية وتستمر هذه العملية حتى ينساب جزئى التربة ويتم إلتصاق مسافة 13 مم بينهما عند قاع الشق. يجب التحقق من طول مسافة الالتصاق باستخدام مسطرة متدرجة أو طرف أداة الشق. يتم تسجيل عدد الضربات التي تسببت في التصاق جانبي الشق ببعضهما البعض لهذه المسافة. في بعض الأحيان ينساب جانبى الشق بحيث يحدث فراغ بين الإلتصاق في مكانين من الشق. وفي هذه الحالة يجب أن يستمر الاختبار حتى يكون الالتصاق مستمرا بطول 13 مم. في بعض أنواع التربة، قد ينزلق جانبا الشق بدلاً من إنسيابهما. وفي هذه الحالة يجب إعادة الاختبار على عينة أخرى بعد إضافة الماء. إذا حدث انزلاق بعد ذلك، فيجب تسجيل أنه لا يمكن تعيين حد السيولة. كرر ما ورد في البندين (د) (ز) حتى يتم إعطاء اختبارين متتاليين عدد واحد من الضربات مع مراعاة عدم تجفيف العينة خلال ذلك.

(ح) يؤخذ حوالي 0.1 نيوتن (10 جم) من منطقة التصاق جانبي الشق باستخدام سكين ويوضع في علبة لتحديد نسبة الرطوبة.

(ط) يتم إرجاع التربة المتبقية فى الوعاء المعدني إلى الجفنة مرة أخرى، ثم يتم غسل الوعاء المعدني وآلة الشق وتجفيفهما للقيام بالمحاولة التالية.

(ي) أضف حوالي 1000 إلى 3000 مم^3 من الماء المقطر إلى العينة في الجفنة، حسب نوع التربة، وكرر الخطوات من (هـ) إلى (ط) للحصول على أربع نقاط على الأقل لرسم منحنى الإنسياب.ويجب الأخذ في الاعتبار أن النقطتين لهما عدد ضربات أكبر من 25، والنقطتان لهما عدد ضربات أقل من 25. وبشكل عام، يعتبر الاختبار مقبولا إذا كان عدد الضربات يتراوح بين 10 و40 ضربة.

(ك) يجب تغطية العينة الموجودة في الجفنة بقطعة قماش مبللة لمنعها من الجفاف أثناء الاختبار.

5/ الحسابات:-

(1) يتم تسجيل النتائج في جدول ثم يتم رسم العلاقة بين محتوى الرطوبة وعدد الضربات على الرسم البياني بحيث يمثل المحور الرأسي محتوى الرطوبة بالوحدات العادية ويمثل المحور الأفقي عدد الضربات بالوحدات اللوغاريتمية.

(ب) ارسم خطاً مستقيماً متوسطاً يمر بالنقاط، ويعرف هذا الخط بمنحنى الإنسياب.

(ج) تعتبر نسبة المئوية لمحتوى الرطوبة المقابلة لنقطة تقاطع منحنى الإنسياب مع الخط الرأسي الذي يمر عبر عدد من الضربات يساوي 25 هو حد سيولة التربة.

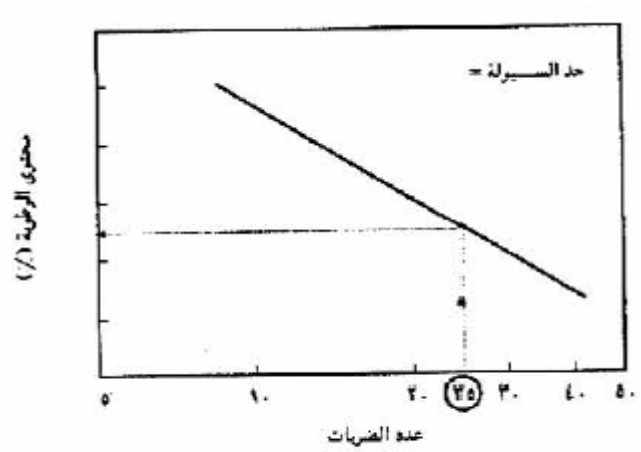
6/ تسجيل النتائج :-

يتم تسجيل قيمة حد السيولة (w_1(٪) إلى أقرب رقم صحيح. وتسجل الطريقة المستخدمة لتحديد حد السيولة بالإضافة إلى تسجيل نسبة المار من منخل مقاس 425 ميكرون وذكر حالة عينة التربة سواء كانت في حالتها الطبيعية أو مجففة أو غير ذلك.

جدول (٢-٣-١) نتائج إختبار حد السيولة للتربة بطريقة جهاز كساجراند

المشروع : رقم الجسة :
الموقع : عمق العينة :
رقم العينة : وصف التربة :
نسبة المار من المنخل مقاس ٤٢٥ ميكرون: طريقة التجفيف :
محتوى الرطوبة (للتربة الطبيعية %): التاريخ :

رقم الاختبار	١	٢	٣	٤
عدد الضربات				
رقم العلبة				
وزن العلبة فارغة (m_1) نيوتن				
وزن العلبة + وزن العينة رطبة (m_2) نيوتن				
وزن العلبة + وزن العينة جافة (m_3) نيوتن				
وزن الماء (m_2-m_3) نيوتن				
وزن العينة جافة (m_3-m_1) نيوتن				
محتوى الرطوبة (%) $\frac{m_2-m_3}{m_3-m_1}x100$ (%)				
القيمة المتوسطة لحد السيولة (%)				



شكل(٢-٣-٢) : نموذج لمنحنى الإنسياب لتعيين حد السيولة بطريقة جهاز كساجراند

3-تحديد حد اللدونة للتربة

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد حد اللدونة للتربة المتماسكة المجففة فى الهواء. يمكن تحديد حد اللدونة لعينة من التربة في حالتها الطبيعية. يتم تعريف حد اللدونة على أنه أقل محتوى رطوبة تكون عندها التربة لدنة. وفقًا للاختبار، فإن حد اللدونة هو محتوى الرطوبة التي عندها يتشقق طوليًا وعرضيًا خيط إسطواني المشكل من التربة بقطر 3 مم.

2/ الجهاز :-

(1) جفنة من بورسلين يبلغ قطره حوالي 150 مم.

(ب) سكين خلط بطول 150 مم وعرض 20 مم.

(ج) زجاجة غسيل بلاستيكية تحتوي على ماء مقطر.

(د) لوح زجاجي مربع طول ضلعه 500 مم وسمكه 10 مم.

(هـ) جهاز تحديد نسبة رطوبة التربة في المعمل.

3/ الطريقة :-

(1) يؤخذ حوالي 0.15 نيوتن (15) جرام من عينة التربة التي مرت عبر مدخل قياسي مقاس 425 ميكرون والذي تم تحضيره مسبقاً.

(ب) توضع عينة التربة في الجفنة ثم تخلط مع مقدار معين من الماء حتى تصبح ذات لدونة كافية لتشكيل كرة منها.

(ج) تشكل كرة التربة بين أصابع اليد المفردة والمتلاصقة واللوح الزجاجى حتى تتحول إلى خيط قطره منتظم. إذا وصل قطر الخيط إلى 3 مم وبدأت التربة بالتشقق طولياً وعرضياً، فإنه يجمع أجزاء الخيط المفتتة وتوضع في علبة فارغة ذات وزن معلوم. يتم وزن العلبة بأجزاء الخيط المفتتة لتعيين محتوى الرطوبة.

(د) إذا تشقق الخيط بقطر أكبر من 3 مم تضاف قطرات من الماء وتشكل المينة على شكل كرة مرة أخرى وتكرر الخطوة (ج). إذا لم يتشقق الخيط عندما يكون قطره 3 مم، يتم إعادة تشكيل الخيط على شكل كرة ثم لفه مرة أخرى. تتكرر هذه العملية إلى أن يتفتت الخيط بقطر 3 مم. وبشكل عام يجب مراعاة أن يكون ضغط الأصابع منتظماً على العينة أثناء عملية البرم، بحيث يصل قطر الخيط إلى 3 مم بعد 5 إلى 10 مرات كاملة من حركة اليد للأمام والخلف. تتطلب بعض أنواع الطين من 10 إلى 15 مرة كاملة من حركة يد عندما تكون التربة قريبة من الحد اللدونة.

(هـ) كرر الخطوات المذكورة في (ج) و(د) ثلاث مرات على الأقل.

4/ الحسابات :-

يتم رصد النتائج في جدول ويتم أخذ حد اللدونة كمتوسط لقيم النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة لثلاثة اختبارات.

5/ تسجيل النتائج :-

يتم تسجيل حد اللدونة (w_p ٪) إلى أقرب رقم صحيح. يتم تسجيل نسبة المار من منخل مقاس 425 ميكرون. تذكر حالة العينة سواء كانت مجففة أو في حالتها الطبيعية أو غير ذلك.

جدول (٣-٤-١) نتائج إختبار حد اللدونة للتربة

المشروع: رقم الجسة :
الموقع : عمق العينة :
رقم العينة: وصف التربة :
نسبة المار من المنخل مقاس٤٢٥ ميكرون: طريقة التجفيف:
محتوى الرطوبة الطبيعية للتربة (%): التاريخ :

رقم الإختبار		١	٢	٣
رقم العلبة				
وزن العلبة فارغة (m_1)	نيوتن			
وزن العلبة + وزن العينة رطبة (m_2)	نيوتن			
وزن العلبة + وزن العينة جافة (m_3)	نيوتن			
وزن الماء $(m_2 - m_3)$	نيوتن			
وزن العينة جافة $(m_3 - m_1)$	نيوتن			
محتوي الرطوبة (%) $\frac{(m_2 - m_3)}{(m_3 - m_1)} x100$	(%)			
القيمة المتوسطة لحد اللدونة	(%)			

4-تحديد الوزن النوعي لحبيبات التربة

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد الوزن النوعي Specific Gravity لحبيبات التربة والمعروف أنه النسبة بين وزن حجم معين من حبيبات التربة الجافة إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند درجة حرارة 20 درجة مئوية. تعتبر الوزن النوعي قيمة مهمة يجب تحديدها بدقة لأنها تستخدم لحساب كثافة التربة في ظروفها المختلفة، والتي تدخل في حسابات الهبوط والدمك وقدرة تحمل التربة وما إلى ذلك. يتراوح الوزن النوعي لحبيبات التربة عادة بين 2.6 إلى 2.9. وبما أن التربة في طبيعتها ليست متجانسة، فإن عينة التربة التي يتم إجراؤها يجب أن تكون ممثلة للتربة في الموقع قدر الإمكان.

ويجب عند إجراء هذا الاختبار التأكد من أن التربة لا تحتوي على أكثر من 10% من الحبيبات التي يزيد قطرها عن 40 مم. وإذا كانت تحتوي على نسبة أكبر من 10% فيجب نكسير الحبيبات الكبيرة.

2/ الأجهزة :-

(1) مخبار سعة 1 لتر مع سدادة مطاطية.

(ب) هزاز أوتوماتيكي لقلب جهاز الاختبار رأساً على عقب بمعدل 50 مرة في الدقيقة.

(ج) ميزان حساس بدقة 0.002 نيوتن (0.2 جرام).

(د) ترمومتر مئوى لقياس درجة الحرارة بدقة 0.1^0 م.

(هـ) فرن كهربائي يمكن ضبط درجة حرارته على 105-110^0م.

(و) زجاجة غسيل بلاستيكية تحتوي على ماء مقطر.

(ز) ساعة توقيت.

3/ الطريقة :-

(أ)يوزن حوالي 2.5 نيوتن (250 جرام) من التربة الناعمة أو حوالي 4.5 نيوتن (450 جرام) من التربة متوسطة أو خشنة الحبيبات.

(ب) يتم تجفيف عينة التربة في الفرن عند درجة حرارة 105-110 درجة مئوية. يجب خفض درجة حرارة التجفيف إلى 80 درجة مئوية إذا تأثرت حبيبات التربة بدرجة حرارة 105 درجة مئوية كما في حالة التربة التي تحتوي على كمية من المواد العضوية أو الجيرية أو الجبسية.

(ج) يتم وزن المخبار بالسدادة جافًا إلى أقرب 0.002 نيوتن (0.2) جرام (m_1) .

(د) يوزن حوالي 2 نيوتن (200) جرام من التربة الناعمة الجافة أو 4 نيوتن (400) جرام من التربة متوسطة أو خشنة الحبيبات، ثم ضعها في المخبار الزجاجى. وزن المخبار بالسدادة وفيه التربة الجافة إلى أقرب 0.002 نيوتن (0.2) جرام) (m_2).

(هـ) يوضع في المخبار حوالي 0.5 لتر من الماء المقطر ويترك حتى يصل الخليط إلى درجة حرارة المعمل المسجلة لأقرب 1 درجة مئوية.

(و) توضع السدادة فوق فوهة المخبار ثم قلبها رأساً على عقب عدة مرات حتى يصبح الخليط متجانس (وتتم عملية الخلط هذه مباشرة بعد وضع العينة في حالة التربة الناعمة مع ترك العينة حوالي 4 ساعات في حالة التربة المتوسطة والخشنة ثم تتم عملية التقليب بعد ذلك) ثم يوضع المخبار والتربة التي يحتوي عليها في الهزاز الآلي ويقلب رأسًا على عقب لمدة نصف ساعة حتى يخرج كل الهواء الموجود داخل العينة تقريبًا، تتم إزالة السدادة وإزالة أي تربة عالقة بها من حواف المخبار عن طريق رش الخفيف للماء عليها.

(ز) املأ المخبار حتى علامة 1 لتر بالماء المقطر واتركه حتى يصل إلى درجة حرارة المعمل، ثم يجفف جيداً، ثم يوزن بالسدادة بما في ذلك الماء والتربة الموجودة فيه، إلى أقرب 0.002 نيوتن (.20) جرام (m_3).

(ح) يفرغ المخبار من المحلول وينظف جيدا ويملأ بالماء المقطر حتى علامة 1 لتر ويترك جهاز الاختبار حتى يكتسب درجة حرارة المعمل ويوزن بالسدادة مع الماء الموجود بداخلها لأقرب 0.002نيوتن (0.2 جرام) (m_4) في حالة انخفاض مستوى الماء في المخبار عن العلامة أثناء انتظار الحصول على درجة حرارة المعمل للخطوتين (ز) و(ح) املأه حتى العلامة بالماء المقطر ثم قم بوزنه .

(ط) تتكرر الخطوات من (ج) إلى (ح) على عينتين أخريين من نفس التربة وتسجل النتائج في الجدول.

إذا كانت درجة حرارة الغرفة مختلفة عن 20 درجة مئوية يتم حساب الوزن النوعي للتربة عند درجة الحرارة المسجلة ثم تعدل لدرجة 20 درجة مئوية.

4/ الحسابات :-

يتم حساب الوزن النوعي لحبيبات التربة (G_s) من المعادلة التالية:

$$G_s = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}$$

يتم أخذ متوسط القيم الثلاث للعينات الثلاثة، وبالتالي فإن القيمة المتوسطة هي الوزن النوعي لحبيبات التربة.

5/ تسجيل النتائج :-

يتم تسجيل القيمة المتوسطة للوزن النوعي للتربة لأقرب منزلتين عشريتين.

الجدول: نتائج اختبار تحديد الوزن النوعي لجميع حبيبات التربة

جدول (٢-٨-١) نتائج إختبار تعيين الوزن النوعى لجميع حبيبات التربة

المشروع :　　رقم الجسه :
الموقع :　　عمق العينة :
رقم العينة:　　وصف التربة :
التاريخ :

رقم العينة		١	٢	٣
وزن المخبار والسدادة (m_1)	نيوتن			
وزن المخبار والسدادة + التربة (m_2)	نيوتن			
وزن المخبار والسدادة + التربة + الماء (m_3)	نيوتن			
وزن المخبار والسدادة + الماء (m_4)	نيوتن			
الوزن النوعى (G_s)				
القيمة المتوسطة (G_s) :				

جدول (٢-٨-٢) الوزن النوعى للماء عند درجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة °م	الوزن النوعى	درجة الحرارة °م	الوزن النوعى	درجة الحرارة °م	الوزن النوعى
٤	١,٠٠٠٠٠٠	١٨	٠,٩٩٨٦٢٣	٣٢	٠,٩٩٥٠٥٤
٥	٠,٩٩٩٩٩٢	١٩	٠,٩٩٨٤٣٣	٣٣	٠,٩٩٤٧٣١
٦	٠,٩٩٩٩٦٨	٢٠	٠,٩٩٨٢٣٢	٣٤	٠,٩٩٤٣٩٩
٧	٠,٩٩٩٩٣٠	٢١	٠,٩٩٨٠٢١	٣٥	٠,٩٩٤٠٥٩
٨	٠,٩٩٩٨٧٩	٢٢	٠,٩٩٧٧٩٩	٣٦	٠,٩٩٣٧١٢
٩	٠,٩٩٩٨٠٩	٢٣	٠,٩٩٧٥٦٧	٣٧	٠,٩٩٣٣٥٧
١٠	٠,٩٩٩٧٢٨	٢٤	٠,٩٩٧٣٢٦	٣٨	٠,٩٩٢٩٩٤
١١	٠,٩٩٩٦٣٣	٢٥	٠,٩٩٧٠٧٤	٣٩	٠,٩٩٢٦٢٣
١٢	٠,٩٩٩٥٢٥	٢٦	٠,٩٩٦٨١٣	٤٠	٠,٩٩٢٢٤٦
١٣	٠,٩٩٩٤٠٤	٢٧	٠,٩٩٦٥٤٢	٤١	٠,٩١٨٩٠
١٤	٠,٩٩٩٢٧١	٢٨	٠,٩٩٦٢٦٢	٤٢	٠,٩٩١٤٧٠
١٥	٠,٩٩٩١٧٧	٢٩	٠,٩٩٥٩٧٤	٤٣	٠,٩٩١٠٧٠
١٦	٠,٩٩٨٩٧٠	٣٠	٠,٩٩٥٦٧٦	٤٤	٠,٩٩٠٦٦٠
١٧	٠,٩٩٨٨٠٢	٣١	٠,٩٩٥٣٦٩	٤٥	٠,٩٩٠٢٤٠

$$G_S(\text{at } 20^\circ C) = G_S(\text{at } t^\circ C) \times \frac{\text{sp.gr.of water at } t^\circ C}{\text{sp.gr.of water at } 20^\circ C} \quad (٢-٨-٧)$$

5-تحديد التدرج الحبيبي باستخدام المناخل

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من اختبار التدرج الحبيبي باستخدام المناخل sieve analysis هو تحديد تدرج مقاس حبيبات التربة حتى مقاس الرمل الناعم. يتم إجراء الاختبار عن طريق الغسيل على المناخل أو بطريقة فرعية وهي النخل الجاف. يتيح الاختبار أيضًا الحصول على نسبة مئوية من مكونات الطينية والطميية المجتمعة.

طريقة الغسيل على المناخل :-

بالنسبة لأنواع التربة التي تحتوي على نسبة صغيرة من مقاس الزلط حوالي 10% يمكن الجمع بين عمليتي غسيل التربة للتخلص من حبيبات الطمي والطين وعملية نخل الحبيبات الخشنة على مناخل مختلفة في عملية واحدة. وفي هذه الحالة يلاحظ أن نقسيم العينة إلى أقسام فرعية أثناء الاختبار (لتجنب زيادة كمية التربة على أي منخل أكثر مما ينبغي) يصبح الأمر غير ممكناً.

2/ الأجهزة :-

(أ) مجموعة من المناخل ذات القياسات العالمية أرقامها وفتحاتها, وتستخدم مع مجموعة من المناخل وأوانى استقبال المناسبة. يجب أن تغطي مقاسات المناخل المختارة المدى الذى تتراوح فيه مقاسات حبيبات التربة، ويلاحظ أنه لا داعي لاستخدام جميع المقاسات لكل اختبار. عند إجراء عدد كبير من الاختبارات، فمن الأفضل استخدام مجموعتين من اختبارات المناخل، واحدة للنخل بالغسيل والأخرى لنخل التربة الجافة.

(ب) ميزان حساس بدقة 0.005 نيوتن (0.50 جم).

(ج) ميزان حساس بدقة 0.0001 نيوتن (0.01 جم).

(د) مقسم العينات مثل المقسم متعدد الفتحات.

(هـ) فرن كهربائي آلى الضبط يمكن ضبط درجة حرارته على 105-110 درجة مئوية.

(و) ستة جفنات بخر ذات مقاس مناسب يبلغ قطرها حوالي 150 مم.

(ز) ستة صواني معدنية ذات حجم مناسب يبلغ قطرها حوالي 300 مم وعمقها 40 مم.

(ح) صنيتان أو أكثر، أو دلو بسعة حوالي 12 لترًا (أبعاد الصينية المناسبة تتراوح بين 500 إلى 1000 مم طول وعرض و80 إلى 150 مم عمق).

(ط) مجرفة (حجم مناسب، طولها 200 مم وعرضها 100 مم) أو كوب كبير بسعة حوالي 0.5 لتر.

(ي) فرش المناخل أولفرشة السلكية أو ما يماثلها.

(ك) المحلول المبعثر مثل هكساميتا فوسفات الصوديوم أو تراي بولي فوسفات الصوديوم للتربة الجيرية والقلوية.

(ل) أنابيب مطاطية قطر 6 مم.

(م) هزاز مناخل الميكانيكي (اختياري).

3/ الطريقة :-

(أ) تؤخذ عينة من التربة سبق تجفيفها بالفرن والمحضرة وفق طريقة تحضير العينات المقلقلة وتوزن لأقرب 0.01% من وزنها الإجمالي (m_1). عند فصل الجزء المكون من الطمي والطين يتم الاحتفاظ بعينة ثانية من جهاز التقسيم ويجرى عليها تجربة التدرج التربة الناعمة.

(ب) توضع العينة على منخل 20 مم، مع مراعاة فصل الحبيبات العالقة عن الحبيبات ذات المقاس الأكبر من مقاس المنخل المذكور باستخدام فرشاة سلك أو ما شابه ذلك. خلال هذا لا تقم بإزالة أي أجزاء من الحبيبات الكبيرة. يتم نخل الجزء المحجوز على منخل 20 مم على مجموعة مناخل ذات فتحات أكبر، ويتم وزن الكمية المتبقية على كل منخل وتقوم بالتسجيل. ويجب مراعاة أن الحد الأقصى لوزن التربة المتبقي على كل منخل في نهاية العملية يجب ألا يتجاوز عن القيم الموضحة في الجدول.

(ج) يتم وزن الجزء المار عبر المنخل 20 مم لأقرب 0.1% من وزنه الإجمالي (m_2)، ثم يتم تقسيمه للحصول على جزء يزن حوالي 20 نيوتن (2 كجم). يتم وزن هذا الجزء لأقرب نسبة مئوية من وزنه الإجمالي (m_3)

(د) نفرد الجزء الأخير في صينية كبيرة أو نضعه في دلو ونغطيه بالماء.

(هـ) يضاف محلول مبعثر مناسب بمعدل 0.02 نيوتن (2 جم) من المادة المبعثرة لكل 1 لتر ماء وتقلب التربة جيداً وتترك لمدة ساعة مع التقليب على فترات.

(و) تغسل التربة في أجزاء من خلال منخل 2.36 مم موضوع على منخل 0.063 مم. يتم تصريف الماء الذي يحمل حبيبات أصغر من 0.063 مم. ويستمر الغسيل حتى يلاحظ أن الماء الذي يمر عبر منخل 0.063 مم أصبح صافياً. يتم نقل جميع الحبيبات المحجوزة على المناخل إلى صواني أو صواني تبخير، ويجب ملاحظة أنه لا توجد أي كمية من التربة أو الماء أثناء الغسيل كبيرة بالنسبة لسعة المنخل وأن لا يزيد حجم التربة المحتجزة على المنخل 0.063 مم عن 1.5 نيوتن (150 جم).

(ز) عندما يتم غسل العينة بأكملها، يتم تجفيف التربة المحجوزة في فرن عند درجة حرارة تتراوح بين 110-105 درجة مئوية.

(ح) ينخل الجزء المحجوز على منخل 2.36 مم، و الذى تم تجفيفه في الفرن على المناخل مناسبة ويتم وزن الكمية المحجوزة على كل منخل وتسجيل وزنها.

(ط) إذا كان الجزء الذي يمر عبر منخل 4.75 مم صغيرا، أي أن وزنه لا يتجاوز 1.5 نيوتن (150 جم)، فيمكن نخله حتى منخل 0.063 مم. يتم وزن الكمية المحجوزة على كل منخل وتسجيل وزنها. في حالة توفر الهزاز الميكانيكي، يمكن دمج هذه الخطوات في عملية واحدة. ويجب التأكد من اكتمال عملية النخل، وأقل وقت لذلك هو 10 دقائق.

(ي) إذا كان الجزء الذي يمر عبر منخل 2.36 مم كبير أي أكبر من 1.5 نيوتن (150 جم) فيتم وزن هذا الجزء أولا ويسجل الوزن (m_4) ثم يتم تقسيمه بحيث تحصل على جزء يتراوح وزنه من 1 إلى 1.5 نيوتن (100 إلى 150جم). يتم وزن هذه الجزء وتسجيل وزنها (m_5) ثم يتم نخلها على مناخل مناسبة إلى منخل بمقاس فتحة 0.063 مم. يتم وزن وتسجيل أوزان الأجزاء المتبقية في كل منخل.

(ك) يتم حساب الجزء الذي يمر عبر منخل بفتحة قطرها 0.063 مم عن طريق الطرح، أي بإضافة الأوزان المحجوزة على كل منخل على حدة، مع مراعاة أي تقسيم لأي جزء من العينة، ثم الطرح من الوزن الإجمالي (m_1).

4/ الحسابات :-

(1) بالنسبة للعينات التي تحتوي على حبيبات بأقطار أكبر من 20 مم يتم حساب الوزن المحجوز على كل منخل من مجموعة المناخل الكبيرة بنسبة (m_1)، على سبيل المثال:

النسبة المئوية للمحجوز على منخل 40 مم =

$$P_{40} = \frac{m_{(40\,mm)}}{m_1} * 100$$

(ب) يتم حساب الأوزان المحجوزة على مجموعة المناخل التي تتراوح مقاساتها من 20 إلى 2.36 مم كنسبة من (m_2) ثم كنسبة مئوية من (m_1) كمثال:

نسبة المئوية للمحجوز على منخل 10 مم =

$$P_{10} = \frac{m_2 * m_{(10\,mm)}}{m_1 * m_3} * 100$$

(ج) يتم حساب الأوزان المحجوزة على كل منخل أصغر من 2.36 مم كنسبة من (m_4) ثم كنسبة مئوية (m_1) كمثال:

النسبة المئوية المحجوزة على منخل 0.3 مم =

$$P_{0.3} = \frac{m_2 * m_4 * m_{(0.3\,mm)}}{m_1 * m_3 * m_5} * 100$$

(د) احسب النسبة التجميعية للمار بالوزن لكل منخل.

5/ تسجيل النتائج :-

وتسجل النتائج المتحصل عليها على مخطط نصف لوغاريتمي, ويمكن تسجيل النتائج في جدول يوضح نسب المار بالوزن لكل مناخل المستخدمة لأقرب 1% من كل وزن.

جدول (٢-٩-١) مقاسات وفتحات المناخل القياسية

مناخل النظام العالمي I. S. : 460 - 1962		المناخل البريطانية BS: 410 : 1962		المناخل الامريكية ASTM E- 1961	
مقاس	الفتحة (مم)	مقاس	الفتحة (مم)	مقاس	الفتحة (مم)
٥٠ مم	٥٠	٤"	٥٠,٨	٢"	٥٠,٨
٤٠ مم	٤٠	١ ١/٢"	٣٧,٥	١ ١/٢"	٣٧,٥
٢٠ مم	٢٠	٣/٤"	١٩,٠٥	٣/٤"	١٩,٠
١٠ مم	١٠	٣/٨"	٩,٥٢	٣/٨"	٩,٥٠
٤,٧٥ مم	٤,٧٥	٣/١٦"	٤,٧٦	٤	٤,٧٥
٢,٣٦ مم	٢,٣٦	٧	٢,٤	٨	٢,٣٦
١,١٨ مم	١,١٨	١٤	١,٢	١٦	١,١٩
٦٠٠ ميكرون	٠,٦	٢٥	٠,٦	٣٠	٠,٦٠
٤٢٥ ميكرون	٠,٤٢٥	٣٦	٠,٤٢	٤٠	٠,٤٢٥
٣٠٠ ميكرون	٠,٣٠٠	٥٢	٠,٣	٥٠	٠,٣٠٠
٢١٢ ميكرون	٠,٢١٢	٧٢	٠,٢١	٧٠	٠,٢١٢
١٥٠ ميكرون	٠,١٥٠	١٠٠	٠,١٥	١٠٠	٠,١٥٠
٧٥ ميكرون	٠,٠٧٥	٢٠٠	٠,٠٧٥	٢٠٠	٠,٠٧٥
٦٣ ميكرون	٠,٠٦٣	٢٤٠	٠,٠٦٣	٢٣٠	٠,٠٦٣

جدول (٢-٩-٢) الوزن الأقصى للتربة المتبقية على كل منخل
فى نهاية عملية النخل

مقاس المنخل (مم)	الوزن الأقصى (نيوتن)		مقاس المنخل (مم)	الوزن الأقصى (نيوتن)
	منخل قطر ٤٥٠ مم	منخل قطر ٣٠٠ مم		منخل قطر ٢٠٠ مم
٥٠	١٠٠	٤٥	٢,٣٦	٢
٤٠	٨٠	٣٥	١,١٨	١٠
٢٠	٤٠	٢٠	٠,٦٠	٠,٧٥
١٠	٢٠	١٠	٠,٤٢٥	٠,٧٥
٤,٧٥	١٠	٥	٠,٣٠	٠,٥
			٠,٢١٢	٠,٥
			٠,١٥	٠,٤
			٠,٠٧٥	٠,٢٥
			٠,٠٦٣	٠,٢٥

جدول (٢-٩-٣) نتائج إختبار التدرج الحبيبى باستخدام المناخل

المشروع :　　رقم الجسة:　　التاريخ:

الموقع :　　عمق العينة:

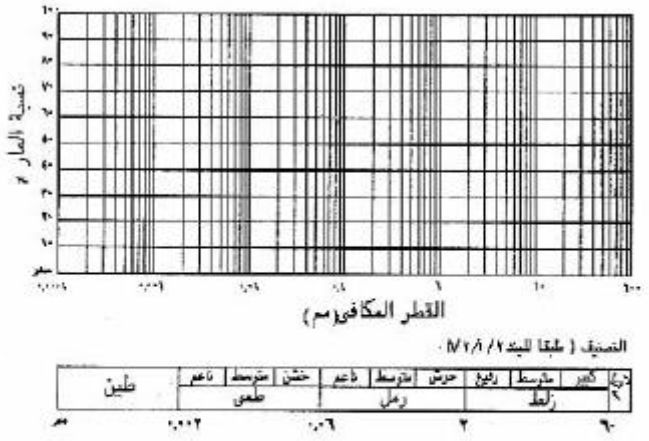
رقم العينة:　　وصف التربة:

الوزن الكلي للعينة الجافة:　　طريقة التخل: (بالغسيل – جاف)*

مقاس المنخل (مم)	الوزن المحجوز (نيوتن)	الوزن الكلى المحجوز (نيوتن)	نسبة المحجوز (%)	نسبةالمار (%)	ملاحظات	أقصي وزن عنى لمنخل ** (نيوتن)
٥٠						٤٥
٤٠						٣٥
٢٠						٢٠
١٠						١٠
٤,٧٥						٥
المار من ٤,٧٥						
العينةتمت للتقسيم						
المار من ٤,٧٥						
٣,٣٦						
١,١٨						٢
٠,٦						١
٠,٤٢٥						٠,٧٥
٠,٣٠						٠,٧٥
٠,٢١٢						٠,٥
٠,١٥						٠,٥
٠,٠٦٣						٠,٤
المارمن ٠,٠٦٣						٠,٢٥
المجموع						

* احذف الكلمة غير المناسبة .

** الأوزان المبينة للمناخل بأقطار ٣٠٠ مم، ٢٠٠ مم ويمكن زيادة هذه الأوزان عند استخدام مناخل بأقطار ٤٥٠ مم انظر جدول (٢-٩-٢) وإذا زاد الوزن المحجوز على أى منخل عن القيم القصوى المسموح بها فان تكون النتيجة صحيحة. ويجب فى هذه الحالة إستخدام عينة بوزن أقل أو تنخل العينة على أجزاء.



شكل (٢-٩-١) مخطط نصف لوغاريتمى للتدرج الحبيبى للتربة

6-تحديد معاملات التضاغط

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مقدار ومعدل التضاغط compressibility لعينة من التربة المتماسكة المشبعة تماماً أو شبه مشبعة، المستخرجة من الطبيعة على شكل أسطوانة أو مكعب، الممنوع من الحركة جانبا والمعرضة لحمل رأسي محوري، والمسموح بتصريف المياه من سطوحها العلوية والسفلية.

2/ الأجهزة :-

(1) جهاز التضاغط (الأودوميتر) Consolidation test apparatus (oedometer) إما أن يكون من النوع الثابت أو النوع العائم، ويتوقف ذلك على وضع ومقاس الأقراص المسامية, ويتكون من الأجزاء التالية:

(1-1) حلقة التضاغط ويفضل أن تكون من الصلب العالى المقاومة والغير قابل للصدأ أو النحاس المطلي القادر على منع العينة من الحركة جانبيًا. تحتوي الحلقة على نهاية قاطعة لتسهيل تحضير العينة. يعتمد القطر الداخلي لحلقة التضاغط على قطر أسطوانة استخراج العينة غير المقلقلة ونوع التربة والقطر الأكبر لحبيبات التربة. بالنسبة للتربة الطينية والطميية الناعمة يجب أن تكون أقل بـ 6 مم من قطر أسطوانة استخلاص العينة السليمة للسماح بإزالة ما لا يقل عن 3 مم من المحيط الخارجي للعينة وذلك لتجنب القلقلة التي قد يحدث أثناء عملية استخراجها. أما التربة الرملية الطميية الخشنة التي تحتوي على بعض الطين، وكذلك التربة التي تحتوي على تجمعات عديدة مثل الحصى الصغيرة والكتل الصلبة، وكذلك التربة التي تتفتت أو يحدث لها قلقلة شديدة عند استخراجها من أسطوانة العينة، فيقترب قطرها تقريباً من قطر الاسطوانة بسبب صعوبة تسوية السطح الخارجي للعينة. يسمح ارتفاع حلقة التضاغط بأن يكون سمك العينة عادة من ثلث إلى ربع القطر الداخلي للحلقة ويجب أن يكون السطح الداخلي للحلقة أملسًا لتقليل الاحتكاك.

(أ-2) أقراص مسامية مصنوعة من الصخور الرسوبية أو أكاسيد الألومنيوم أو أي معدن مماثل ولا تتأثر بالتربة أو رطوبتها وذات إنضغاط ومسامية مناسبة تسمح بصرف حر للمياه من العينة فى جميع مراحل التضاغط وتكون قادرة على تحمل أقصى ضغط رأسي يوضع على العينة. وقد وجد أن أقراص الألومنيوم المؤكسد بسماكة 6 مم إلى 13 مم أو الأقراص البرونزية بسماكة 3 مم مناسبة. ويجب التأكد من استواء الأسطح العلوية والسفلية، ويجب أن يكون قطر القرص المتحرك أقل بحوالي 0.50 مم من القطر الداخلي للحلقة للسماح بانضغاط حر للعينة، كما يجب ألا تكون الخلوص زائدا حتى لا تتخلل التربة بين جوانب القرص المسامي وحلقة التضاغط وقد وجد أن الخلوص الذي يتراوح من 0.25 مم إلى 0.75 مم كافيا، ويجب وضع ورقة ترشيح على السطح العلوي والسفلي للعينة لمنع تخلل التربة أو فقدانها بين الحلقة واللوح

المسامي ولمنع انسداد الفرغات بالأقراص المسامية. . وفي حالة القرص الثابت، فإن القطر يساوي أو أكبر من القطر الخارجي لحلقة التضاغط، وتوضع الأقراص المسامية على السطح العلوي والسفلي للعينة، أو أحدهما.

(أ-3) خلية التضاغط المصنوعة من مادة مناسبة بحيث توضع فيها الحلقة وتكون العينة بداخلها ويوضع عليها الأقراص المسامية العلوي والسفلي أو أحدهما وتتمركز مع قاعدة الخلية ويمكن ملؤها بالماء إلى مستوى أعلى من سطح القرص المسامي العلوي.

(أ-4) يجب وضع مقياس الاستطالة بحيث يمكن قياس التضاغط أو التمدد الرأسي خلال مدة تجربة بدقة تصل إلى 0.01 مم ومسافة لا تقل عن 6 مم.

(أ-5) جهاز تحميل ذو قاعدة صلبة لحمل خلية التضاغط ومجهز لإعطاء حمل رأسي على العينة من خلال ذراع التحميل. ويجب أن يبقى كل حمل ثابتاً أثناء التجربة بأي طريقة ذات جهد ثابت، مثل رافعة ذات نسبة تكبير مناسبة وذات مقاومة متزنة وأوزان معايرة أو أي جهاز آخر يوفر جهداً ثابتاً ويجب أن تنتج عن القوة الرأسية المؤثرة على عينة الاختبار ضغوطاً بدقة 1 % من قيمتها. ويجب أن يكون جهاز التحميل قادراً على احتواء انضغاط العينة بما لا يقل عن 75% من سمكها. يجب أن تتركز القوة باستخدام مخدة التحميل، ويكون القرص المسامي العلوي مغطى بكرة صلبة، كما يجب أن يكون جهاز التحميل قادرًا على إعطاء القوة لحظيا وبدون صدمات.

(ب) جهاز لاستخراج العينة للاختبار من اسطوانة العينة (اختياري).

(ج) حامل لرفع حلقة التضاغط وتثبيتها على أسطوانة العينة غير المقلقلة (اختياري).

(د) سكين حاد ذو نصل رفيع لقطع العينة.

(هـ) منشاران سلك، أحدهما من سلك بيانو ناعم صلب والآخر منشار سلكي حلزوني.

(و) قدة من الصلب طولها حوالي 300 مم، وعرضها 25 مم، وسمكها 3 مم، مع حافة واحدة مشطوفة.

(ز) جهاز لقياس ارتفاع العينة بدقة 0.10 مم.

(ح) لوح زجاجي مسطح مربع يبلغ طول ضلعه حوالي 500 مم وسمكه 10 مم.

(ط) أجهزة تحديد محتوى الرطوبة.

(ي) ورق الترشيح مثل واتمان Watman رقم (54) أو ما شابه ذلك، حيث توضع ورقة ترشيح فوق سطح العينة وعلى القطر الداخلي لحلقة التضاغط، وتوضع ورقة أخرى أسفل العينة لا يقل قطرها عن القطر الخارجي لحلقة التضاغط .

(ك) ساعة توقيت بدقة ثانية واحدة.

(ل) مصدر ماني في درجة حرارة المعمل.

(م) ترمومتر يقيس التغير في درجات الحرارة وذلك في حالة عدم إجراء الاختبار عند درجة حرارة ثابتة.

(ن) زجاجة ساعة أو صينية معدنية أكبر قليلاً من حلقة التضاغط.

(ش) جهاز تحديد الوزن النوعي للتربة.

3/ الطريقة :-

3/1 تحضير عينة الاختبار

(أ) يتم أخذ عينة صغيرة من العينة غير المقلقلة باستخدام جهاز استخراج العينات لفحصها وتحديد نوع التربة وتحديد الوزن النوعي لحبيباتها ومحتوى الرطوبة.

(ب) يتم اختيار حلقة التضاغط وزجاجة الساعة وتنظيفهما وتجفيفهما. يتم وزن الحلقة الفارغة وزجاجة الساعة وتسجيل الأوزان. وتعتمد دقة الوزن على حجم العينة وطبيعة التربة المختبرة. بشكل عام، بالنسبة للعينة التي يبلغ قطرها 80 مم، تكون درجة الدقة مقبولة حتى 001.0 نيوتن (0.10 جم). يدهن السطح الداخلي للحلقة دهنا خفيفا بزيت السيليكون أو أي سائل لزج. يتم دفعها إلى العينة غير المقلقلة، وقطعها من الأعلى والأسفل بمنشار وسكين، وتسويتها بدقة متناهية مع أسطح الحلقة مع ملء أي فجوات قد تنشأ أثناء التحضير. ويجب التأكد من أن تضاغط العينة المختبرة سيكون في نفس اتجاه ترسيبها الطبيعي، ويجب حماية العينة من أي فقدان للرطوبة أثناء التحضير.

(ج) توضع العينة المختبرة داخل الحلقة على اللوح الزجاجي ويقاس ارتفاعها (H_i) وهو في أغلب الأحيان يساوي ارتفاع الحلقة ويتم وزنه بعد وضعه على زجاجة الساعة.

3/2 تجميع الجهاز

(أ)يوضع القرص المسامي السفلي في مركز خلية التضاغط وتوضع الحلقة فوقها مع وجود العينة بداخلها ولها ورق ترشيح على كلا الجانبين. يبلل ورق الترشيح للتربة اللينة والحساسة عادية التصلب. يترك جافا للتربة المتماسكة، وخاصة التربة زائدة التضاغط، جافة، ثم يتم وضع القرص المسامي العلوي ومخدة التحميل.

(ب) توضع خلية التضاغط بما فيها فوق قاعدة جهاز التحميل المعد لوضع الحمل وتملأ بالماء.

(ج) يجب تثبيت مقياس الاستطالة في مكانه ووضعه بحيث يسمح بقيمة صغيرة لانتفاخ العينة وباقى المشوار للانضغاط.

(د) تلاحظ قراءات عداد مقياس الاستطالة و الزمن.

3/3 تتابع التحميل

(أ) يمكن اختيار التتابع القياسي للتحميل على النحو التالي: 25، 50، 100، 200، 400، 800،1600، 3200 كيلو نيوتن /م^2 أي أن التحميل في أي مرحلة يكون ضعف التحميل فى المرحلة السابقة في التتابع. تساعد هذه الطريقة في الحصول على نقط على أبعاد متساوية عند رسم العلاقة بين الإنضغاط ولوغاريتم الضغط.

(ب) يتم وضع الحمل الأول على العينة، وتعتمد قيمته على نوع التربة. ويجب أن تكون كبيرة بما يكفي لضمان عدم انتفاخ العينة، وبالنسبة للتربة المتماسكة فهي تساوي ضغط العبء الفعال الحالي، ويقل عن ذلك بالنسبة للتربة اللينة والشديدة الليونة والحساسة. يتم تسجيل قراءة عداد مقياس الاستطالة مع مرور الوقت. ويفضل التتابع الزمني التالي: صفر، 0.25 , 0.10 , 0.50 ، 1 ، 2 ، 4 ، 8 ، 15 ، 30 ، 60 دقيقة، ثم 2 , 4 , 8 , 24 ساعة من بداية التحميل حتى انتهاء إنضغاط العينة، و يتم تسجيل الوقت المطلوب في الحالة الأخيرة. ومع ذلك، من الضروري أخذ قراءات متتابعة بعد وضع الحمل وذلك للتربة التي تنضغط بسرعة. يمكن أخذ القراءات في أي وقت طالما أنها تعطى درجة مقبولة من الدقة عند رسم منحنى الإنضغاط والزمن. وعادة ما ينتهي الإنضغاط الإبتدائى بعد 24 ساعة، ويمكن أن يصل الوقت إلى 48 ساعة بالنسبة للتربة المنضغطة بدرجة عالية والتي تكون غير منفذة عمليًا. ويمكن أن يتم الإنضغاط لبعض أنواع التربة فى فترة 24 ساعة لكل تحميل أو في فترة أقل وبعدها يمكن زيادة الحمل.

(ج) تضاف زيادات للحمل (لا تقل عن 4 زيادات) وتكرر الخطوة (ب) بحيث لا يقل الحمل الأقصى عن الضغط الفعال على العينة قبل استخراجها مضافاً إليه الضغط المتوقع نتيجة المنشأ المراد إقامته . يجب ملء خلية التضاغط بالماء بعد أول تحميل مباشرة والتحميل التالي مباشرة فى حالة إنتفاخ العينة.

3/4 رفع التحميل

بعد الانتهاء من إنضغاط العينة تحت الحمل الأقصى، تتم إزالة الأحمال بنفس معدل تطبيقها حتى يتم الانتهاء من جميع المراحل، على أن يتم تسجيل قراءات جهاز الاستطالة عند إزالة كل زيادة في الحمل.

3/5 القياسات

يتم رفع الحلقة وبداخلها العينة من خلية التضاغط وتوضع على اللوح الزجاجي. يتم قياس ارتفاع العينة التى بداخلها وتوزن ثم توضع في فرن تجفيف لتحديد محتوى الرطوبة النهائي للعينة المختبرة.

4/ الحسابات :-

4/1 خصائص الضغط

يتم تمثيل خاصية الانضغاط بشكل مناسب من خلال رسم علاقة بين نسبة الانضغاط أو نسبة الفراغات على محور رأسي بمقياس رسم عادى والإجهاد المقابل (الضغط الفعال) على محور أفقي بمقياس رسم لوغاريتمي.

(أ)السمك المكافئة للحبيبات الصلبة H_s

$$H_s = \frac{m_s}{G_s * \gamma_w * A}$$

حيث

m_s الوزن الجاف للعينة.

G_s الوزن النوعي للحبيبات الصلبة.

A مساحة المقطع للعينة.

γ_w وزن وحدة الحجوم للماء.

(ب) نسبة الفراغات (e)

$$e = \frac{H_1 - H_s}{H_s}$$

حيث

H_1 ارتفاع العينة المقابل بعد انتهاء الإنضغاط لكل تحميل.

(ج) معامل التغير الحجمى للإنضغاط (coefficient of volume compressibility (m_V)

$$m_V = \frac{\Delta H}{H_o * \Delta \grave{\sigma}} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * \frac{1}{\Delta \grave{\sigma}}$$

حيث

ΔH التغير في ارتفاع العينة المقابل لكل زيادة في الحمل

H_o ارتفاع العينة المختبرة تحت تأثير إجهاد مكافئ لضغط العبء الفعال

e_o نسبة الفراغات الأصلية للتربة غير المقلقلة

Δe التغير في نسبة الفراغات المقابلة لكل زيادة في التحميل

$\Delta\dot{\sigma}$التغير في الاجهاد الفعال

(د) دليل التضاغط compression index (C_c)

يوضح رسم العلاقة بين نسبة الفراغات على المحور الرأسي بمقياس رسم عادى والإجهاد الفعال المقابل على المحور الأفقي بمقياس رسم لوغاريتمي ( ). هذه العلاقة الخطية ومعادلة هذا الخط هى :

$$e = e_i - C_c \log_{10} \frac{\dot{\sigma}}{\dot{\sigma}_i}$$

حيث

e نسبة الفراغات المقابلة للإجهاد الفعال $(\dot{\sigma})$

e_i نسبة الفراغات المقابلة للإجهاد الفعال $(\dot{\sigma}_i)$

C_c دليل التضاغط (القيمة الحسابية لميل الجزء المستقيم من المنحنى ونسبة الفراغات ولوغاريتم الضغط).

4/2 معامل التضاغط (C_v)

هناك طريقتان عمليتان أساسيتان لحساب معامل التضاغط coefficient of consolidation ، طريقة تايلور، والتي تمثل العلاقة بين الانضغاط والجذر التربيعي للزمن، وطريقة كساجراند، والتي تتمثل بالعلاقة بين الانضغاط ولوغاريتم الزمن. تتفق الطريقتان بشكل عام في تقدير معامل التضاغط، لكن في بعض الحالات لا تظهر طريقة تايلور خطًا مستقيمًا، بينما طريقة كاساجراند مرضية، وفي بعض الحالات الأخرى يمكن أن يحدث العكس وذلك للتربة التى يكون الإنضغاط الثانوى فيها كبيرا.

(أ) طريقة تايلور

(أ-1) ترسم العلاقة بين قراءة مقياس الاستطالة على المحور الرأسي والجذر التربيعي للزمن على المحور الأفقي

(أ-2) يحدد الخط المستقيم للقراءات فى البداية ويمد حتى يقطع المحور الرأسي عند الزمن = صفر، وتعتبر قراءة البداية المصححة (d_o).

(أ-3) يرسم خط مستقيم من قراءة البداية المصححة بحيث تكون إحداثياته الأفقية 1.15 قيمة الإحداثيات الأفقية لخط القراءات في البداية.

(أ-4) تعطى نقطة تقاطع الخط المستقيم الأخير مع منحنى القراءات بالقراءة المقابلة لـ 90% من قيمة الإنضغاط الأساسي (d_{90}) ومنها يحسب سمك العينة عند 90 % من الإنضغاط الأساسي (H_{90})

(أ-5) يتم تحديد الزمن المقابل على المحور الأفقي (t_{90}).

(أ-6) يتم حساب معامل التضاغط (C_v) من العلاقة:

$$C_v = \frac{0.848 * (H_{90})^2}{t_{90}} \ mm^2/sec$$

حيث

H_{90} سمك العينة المقابل ل 90% من الإنضغاط الأساسى (أو نصف السمك إذا كان كذلك التصرف من سطحي العينة) بالملليمتر.

t_{90} الوقت المقابل لهذا الإنضغاط بالدقائق.

(ب) طريقة كساجراند

(ب-1) يتم رسم العلاقة بين قراءات مقياس الاستطالة على محور رأسي بمقياس عادى والزمن على المحور الأفقي بمقياس لوغاريتمي.

(ب-2) يتم تحديد الخط المستقيم للقراءات في البداية بعد القطع المكافئ والمماس في النهاية ويتم مدهما ليتقاطعا عند نقطة مقابلة لقراءة نهاية الإنضغاط الأساسي للعينة (d_{100}) .

(ب-3) يتم تحديد القراءة البداية المصححة لجزء من القطع المكافئ في قراءات البداية (d_0).

(ب-4) يتم تحديد القراءة المقابلة لـ 50% من قيمة الإنضغاط الأساسي (d_{50}) على المحور الرأسي. ومنها يتم حساب سمك للعينة عند 50% من الإنضغاط الأساسي (H_{50}).

(ب-5) يحدد الزمن المقابل لهذا الإنضغاط على المحور الأفقي (t_{50})

(ب-6) يحسب معامل التضاغط (C_v) من العلاقة

$$C_v = \frac{0.197 * (H_{50})^2}{t_{50}} \ mm^2/sec$$

حيث

H_{50} هو سمك العينة المناظر لـ 50% من الإنضغاط الأساسي (أو نصف السمك إذا كان التصرف من سطحي العينة) (بالمم).

t_{50} الوقت المقابل لهذا الإنضغاط بالدقائق.

5/ تصحيح درجات الحرارة :-

يتم تصحيح القيم معاملات التضاغط المحسوبة بعد معرفة درجة حرارة التربة في الموقع، ويمكن الحصول على القيمة المصححة بضرب القيمة المحسوبة في معامل التصحيح.

6/ نسبة الإنضغاط :-

يتم حساب نسب الإنضغاط الابتدائى (r_0) والأساسى (r_p) والثانوي (r_s) من المعادلات التالية:

(أ) طريقة تايلور

$$r_0 = \frac{d_0 - d_s}{d_0 - d_f}$$

$$r_p = \frac{10(d_s - d_{90})}{9(d_0 - d_f)}$$

$$r_s = 1 - (r_0 + r_p)$$

(ب) طريقة كساجراند

يتم حساب نسبة الإنضغاط الابتدائى (r_0) و الثانوى (r_s) كما في المعادلات السابقة, ويتم حساب نسبة الإنضغاط الأساسي بالمعادلة التالية:

$$r_p = \frac{d_s - d_{100}}{d_0 - d_f}$$

حيث

d_0 نقطة الصفر المصححة.

d_{90} قراءة مقياس الاستطالة المقابل ل 90% من الإنضغاط الأساسي باستخدام طريقة تايلور.

d_{100} قراءة مقياس الاستطالة المقابل لـ 100% من الإنضغاط الأساسى باستخدام طريقة كساجراند.

d_s قراءة مقياس الاستطالة عند زمن الصفر (البداية) مع إجراء التصحيح اللازم للتغير الذي يحدث نتيجة مرونة الجهاز عند الضرورة

d_f القراءة النهائية لمقياس الاستطالة.

7/ تسجيل النتائج :-

(أ) يتم رسم العلاقة بين قيم الإجهاد (الضغط الفعال) على محور أفقي بمقياس لوغاريتمي وقيمة الانضغاط أو نسبة الفراغات على محور رأسي بمقياس رسم طولي.

(ب) يتم حساب قيم معامل التغير الحجمى للإنضغاط لكل قيمة حمل على العينة وتسجيلها.

(ج) يتم تحديد قيم نسب الانضغاط ومعامل التضاغط لكل قيمة تحميل على العينة وتسجيلها وحفظها وطريقة حسابها مع ذكر درجات الحرارة

(د) تسجيل جميع الخواص الطبيعية للعينة التي تم تحديدها مثل وزن وحدة الحجوم الكلية ومحتوى الرطوبة الطبيعي والوزن النوعي وكذلك وصف التربة.

(هـ) تدون أي ملاحظات على نوع العينة والصعوبات التي واجهت عند تحضيرها وأي ملاحظات أخرى إن وجدت.

جدول (٢-١٣-١) نتائج اختبار التضاغط

المشروع : رقم الجسة :
الموقع : عمق العينة :
رقم العينة : وصف التربة :
رقم الحلقة : قطر الحلقة : مم
إرتفاع الحلقة : مم مساحة مقطع الحلقة : مم٢
التاريخ :

(أ) بيانات قبل الاختبار

سمك العينة	(H_T)	مم	
وزن الحلقة + العينة الطبيعية		نيوتن	
وزن الحلقة		نيوتن	
وزن العينة الجافة	(m_s)	نيوتن	
وزن الماء	(m_w)	نيوتن	
محتوي الرطوبة الطبيعية	(W)	%	
وزن وحدة الحجوم للكلية	(γ)	كيلونيوتن/م٣	
وزن وحدة الحجوم للجافة	(γ_d)	كيلونيوتن/م٣	
درجة التشبع (٢-١٣-١١)		$S_r = \frac{m_w}{\gamma_w \frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{G_s}}$	
السمك المكافئ للحبيبات الصلبة		$H_s = \frac{m_s}{G_s \cdot \gamma_w \cdot A}$	

(ب) بيانات من الاختبار عند نهاية فترة كل ضغط

الضغط σ (نيوتن/مم٢)	التغير في السمك ΔH (مم)	سمك العينة $H_1 = H_o - \Delta H$ (مم)	النسبة المئوية للسمك $H_1/H_o \times 100$ (%)	سمك الفراغات $H_1 - H_s$ (مم)	نسبة الفراغات $e = \frac{H_1 - H_s}{H_s}$

(ج) بيان درجات الحرارة

التاريخ						
الضغط σ` (نيوتن/ مم^2)						
متوسط درجة الحرارة اليومية ($^\circ$م)						

(د) بيانات لكل ضغط

الضغط σ` = (نيوتن / مم^2)				
التاريخ	الوقت	الزمن المنصرم (دقيقة)	قراءة مقياس الإستطالة	التغير فى ارتفاع العينة ΔH (مم)

جدول (٢-١٣-٢) حساب معاملات التضاغط ونسب الإنضغاط

المشروع : رقم الجسة :

الموقع : عمق العينة :

رقم العينة: وصف التربة: التاريخ :

	قيمة الاجهاد كيلونيوتن/م٢									
	قراءة العداد الإبتدائية	d_s								
	قراءة العداد النهائية	d_f								
	سمك العينة قبل توقيع الحمل	H_i								
	التغير في سمك العينة $(d_o - d_f)$	ΔH								
	سمك العينة النهائية $(H_i - \Delta H)$	H_f								
طريقة الإنضغاط ولجذر الزمني	سمك العينة المناظر لـ ٩٠% من التضاغط (أونصف السمك للتصرف المزدوج)	H_{90}								
	قراءة العداد الابتدائية مصححة	d_o								
	قراءة العداد المناظرة لـ ٩٠ % من التضاغط	d_{90}								
	الزمن المناظر لـ ٩٠% (من المنحنى)	t_{90}								
	معامل التصلب $(0.848 (H_{90})^2/t_{90})\ m^2/year$	C_v								
	$(d_o - d_s)$ –	A								
	$10(d_s - d_{90})/9$ –	B								
	نسبة الانضغاط الابتدائية $(A/\Delta H)$	r_o								
	نسبة الانضغاط الأساسية $(B/\Delta H)$	r_p								
	نسبة الانضغاط الثانوية $1 - (r_o + r_p)$	r_s								

تابع جدول (٢-١٣-٢)

طريقة الإضغاط ولوغاريتم الزمن		
	سمك العينة لمناظر لـ ٥٠% من التضاغط (أونصف السمك للتصرف المزدوج)	H_{50}
	قراءة العداد عند زمن إختياري (t)	d_1
	قراءة العداد عند ٤ أمثال الزمن الاختياري	d_2
	قراءة العداد المصححة $(2d_1 - d_2)$	d_o
	قراءة العداد المناظر لـ ١٠٠ % تضاغط	d_{100}
	قراءة العداد المناظر لـ ٥٠ % من التضاغط $1/2(d_o + d_{100})$	d_{50}
	الزمن المناظر لـ ٥٠% (من المنحني)	t_{50}
	معامل التضاغط $(0.197 (H_{50})^2/t_{50})\ m^2/year$	C_v
	– $(d_o - d_s)$	A
	– $(d_s - d_{100})$	B
	نسبة الأضغاط الابتدائية	r_o
	نسبة الأضغاط الأساسية	r_p
	نسبة الأضغاط الثانوية $1 - (r_o + r_p)$	r_s

جدول رقم (٢-١٣-٣) حساب معاملات التضاغط ونسب الإنضغاط

المشروع : رقم الجسة :

الموقع : عمق العينة :

رقم العينة: وصف التربة:

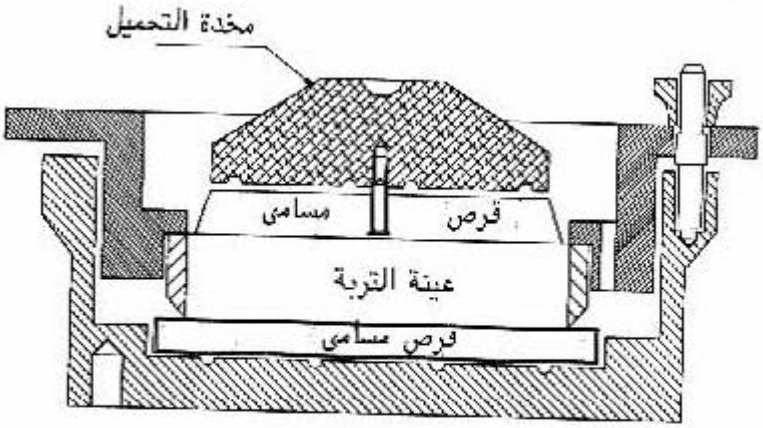
وزن وحده الحجوم الكلية الابتدائية: نيوتن/م^{٣}

محتوى الرطوبة الابتدائية: %

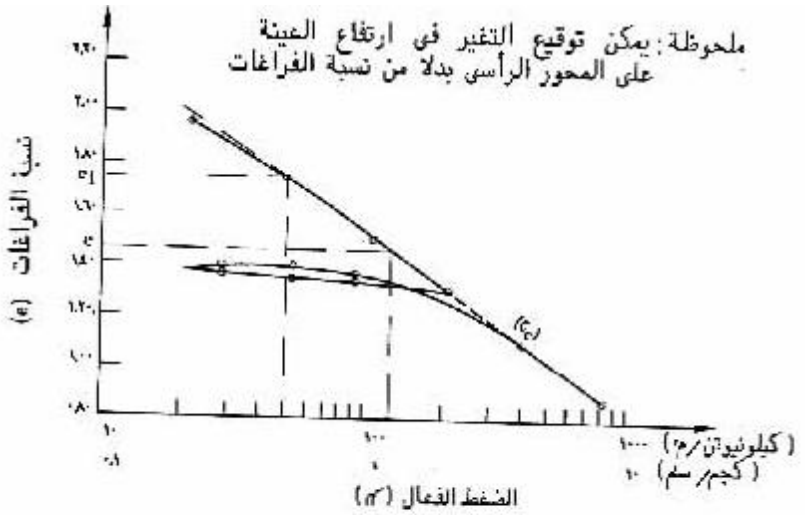
معامل التغير الحجمى للانضغاط(m_v) :

الوزن النوعى للتربة: التاريخ:

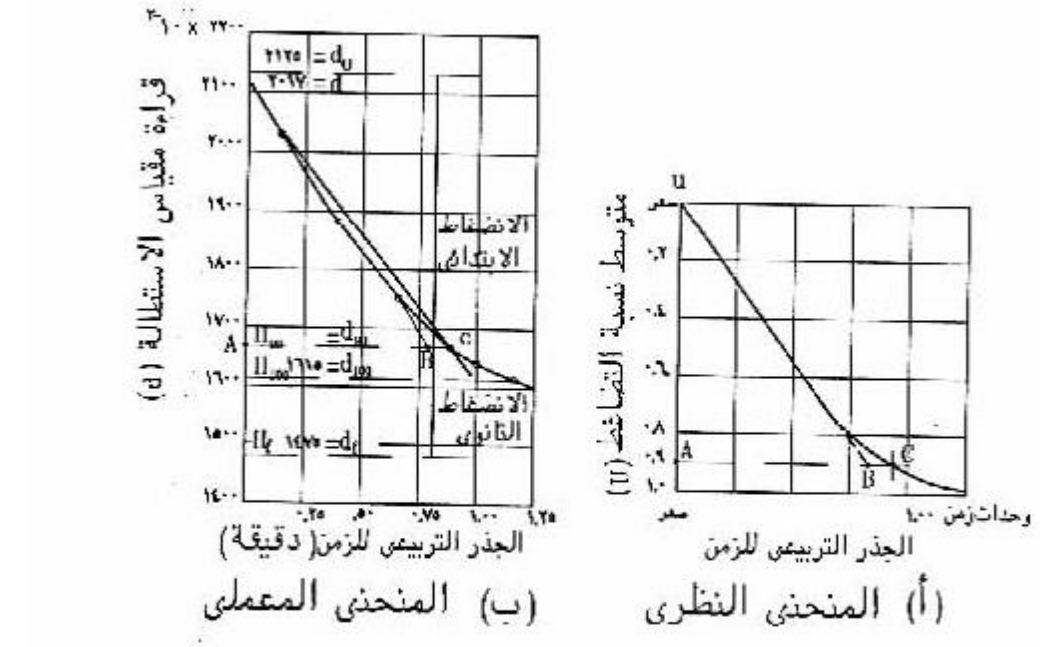
مدى الضغط	طريقة جذر الزمن				طريقة لوغاريتم الزمن				متوسط درجة الحرارة
كيلونيوتن/م٢	C_v	r_o	r_t	r_p	C_v	r_o	r_r	r_s	م°



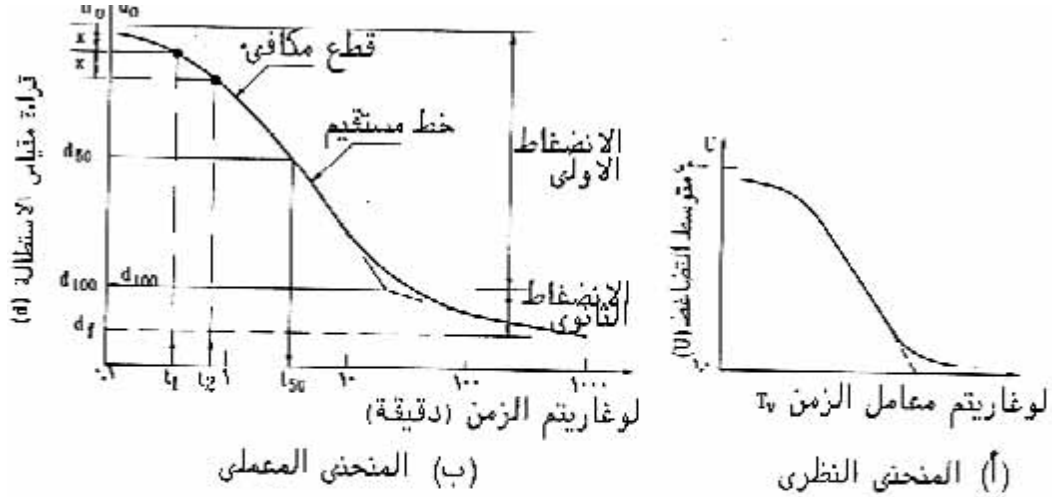
شكل (٢-١٣-١) شكل توضيحي لخلية التضاغط



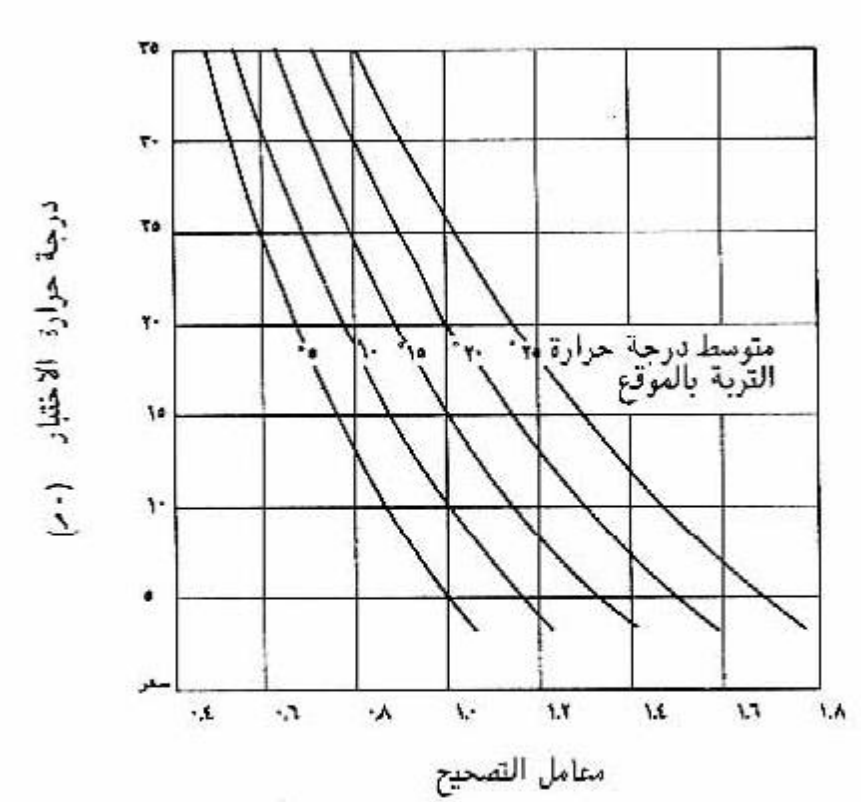
شكل (٢-١٣-٢) منحنى نسبة الفراغات- لوغاريتم الضغط الفعال



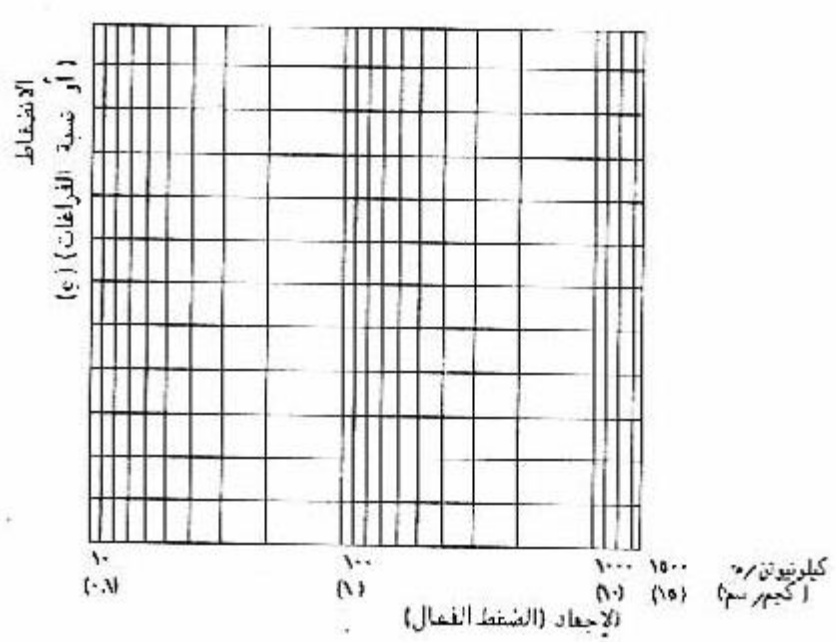
شكل (٢-١٣-٣): حساب معامل التضاغط بطريقة تيلور من العلاقة بين التغير فى الإنضـــغاط والجذر التربيعى للزمن



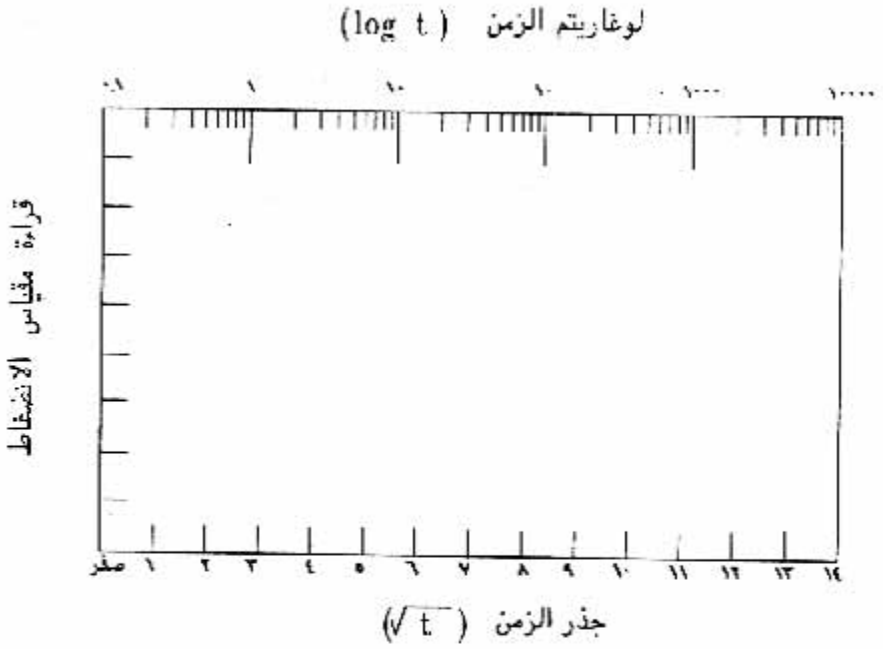
شكل (٢-١٣-٤) : حساب معامل التضاغط بطريقة كساجراند من العلاقة بين الإنضغاط ولوغاريتم الزمن



شكل (٢-١٣- ه) معامل تصحيح معامل التضاغط



شكل (٢-١٣-٦) : نموذج لتوقيع نتائج التضاغط مع الضغط الفعال



شكل (٢-١٣-٧): نموذج لتوقيع نتائج منحنى التضاغط مع الزمن

7-تحديد معاملات الإنتفاخ

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد معاملات الانتفاخ swelling للتربة الطينية عند تعرضها للماء وهي ضغط الانتفاخ ومعدل الانتفاخ تحت حمل معين.

2/ الجهاز:-

(أ) جهاز تضاغط يلبي متطلبات اختبار معاملات التضاغط المذكورة في اختبار السابق ذو سعة تحميل بما لا يقل عن ضعف أكبر حمل تصميمي متوقع.

(ب) حلقة تضاغط من النحاس أو الصلب الغير قابل للصدأ بقطر داخلي 63 مم وارتفاع 36 سم ويفضل أن تكون حلقة التضاغط من النوع الحر (غير المثبت) ويجب أن يكون للحلقة سطح داخلي أملس لتقليل الاحتكاك. إذا تم استخدام حلقات بأقطار مختلفة، فيجب ذكر ذلك في النتائج. وفي جميع الأحوال يجب ألا يقل قطر الحلقة عن 63 مم.

(ج) يتم وضع قرصين مساميين يبلغ قطرهما 62.5 مم وسمكهما 10 مم في أسفل العينة وأعلاها.

(د) خلية تضاغط يبلغ قطرها الداخلي 150 مم وارتفاعها يسمح بملئها بالماء عند مستوى أعلى من مستوى القرص المسامي العلوي، ويجب أن يكون في قاعها مسارات تسمح بدخول الماء إلى العينة من الأسفل .

(هـ) مقياس الاستطالة بدقة 0.03 مم.

(و) أدوات تسوية العينة مثل السكين ومنشار سلك.

(ز) قدمة لقياس قطر العينة وارتفاعها بدقة 0.1 مم.

(ج) ساعة توقيت بدقة 1 ثانية.

(ط) أجهزة تحديد محتوى الرطوبة والوزن النوعي لحبيبات التربة.

3/ العينة :-

(أ) إذا تم استخراج العينة من أسطوانة أخذ العينات جزء من التربة بطول أكبر من سمك عينة الاختبار باستخدام جهاز استخراج العينة فتتم تسوية العينة لتكون بقطر 62.5 مم وسمك 16 مم (حوالي 4/1 القطر الداخلي لحلقة التضاغط). ويجب ملاحظة أن نتائج الاختبار سواء بالنسبة لضغط الانتفاش أو نسبة الانتفاخ تختلف تحت نفس الظروف باختلاف كل من قطر وسمك عينة الاختبار. ويجب ألا يقل سمك العينة عن ربع قطر حلقة التضاغط، ولا يزيد عن ثلث هذا

القطر. يتم قياس قطر العينة (D) وسمكها (H_0) باستخدام الورنية بدقة 0.1 مم، وذلك من أربع نقاط متعامدة، ويتم أخذ المتوسط، وبالتالي يمكن تحديد حجم العينة.

(ب) إذا كانت العينة ستؤخذ من كتل مستخرجة من حفرة مفتوحة، تؤخذ قطعة بحجم أكبر من عينة الاختبار المطلوبة ثم يتم تسويتها باتباع ما ذكر أعلاه في (أ)، مع مراعاة وضع العينة في الطبيعة واتجاه الترسيب عند تحضير العينة .

(ج) تحضير ثلاث عينات على الأقل من نفس الاسطوانة (أو الكتلة)، مع مراعاة التأكد من تجانس تلك العينات من خلال مقارنة نتائج تحديد الكثافة ومحتوى الرطوبة مع بعضها البعض، والتي يجب أن تكون متساوية عملياً.

4/ الطريقة :-

(أ) يدهن السطح الداخلي لحلقة التضاغط بطبقة رقيقة من الشحم لتقليل الاحتكاك وتوزن الحلقة (m_1)، ويتم وزن القرصين المساميين وهما جافان (m_2)

(ب) يتم وضع أحد القرصين داخل الحلقة، ثم توضع إحدى العينات بعناية داخل العلقة، ثم يوضع القرص المسامي العلوي بعد ملء أي فراغ ينتج عن عملية التسوية بنفس مادة التربة.

(ج) توزن مجموعة حلقة التضاغط (الحلقة التي بداخلها العينة والقرصان المساميان) (m_3) ومن ثم يمكن تحديد وزن العينة وبالتالي كثافة التربة الإبتدائية.

(د) يتم وضع مجموعة حلقة التضاغط في مركز خلية التضاغط ثم يتم تركيب مقياس الاستطالة علي امتداد محور العينة.

(هـ) يضبط جهاز التحميل بحيث يكون قرص التحميل ملامسا للقرص المسامي العلوي مع وضع ما يعادل ضغط إبتدائى قدره (1) كيلو نيوتن/م^2 (0.01كجم/سم^2). سجل قراءة عداد القياس بعد وضع هذا الضغط، وتعتبر هذه القراءة هي القراءة الإبتدائية.

(و) يتم تكرار الخطوات من (أ) إلى (هـ) لكل من العينتين الأخريين المجهزتين مسبقًا، بشرط وضع كل عينة في جهاز تضاغط منفصل تحت نفس الظروف ودرجة الحرارة.

(ز) تحمل العينة الأولى بحمل مكافئ لضغط العبء الفعال، وتحمل العينة الثانية بحمل مكافئ للحمل التصميم المتوقع وتحمل العينة الثالثة بحمل يعادل ضعف الحمل التصميم. وفي حالة عدم توفر ثلاثة أجهزة تصلب يتم اختبار هذه العينات تباعاً بعد انتهاء التجربة لكل منها على حدة.

(ح) يتم ترك الحمل لمدة 30 دقيقة ثم تسجيل قراءة مقياس الاستطالة.

(ط) يتم غمر العينة عن طريق ملء حوض خلية التضاغط إما بالماء المقطر أو المياه الجوفية المأخوذة من الموقع، إذا أمكن، ثم قم بتغطية العينة بغطاء بلاستيكي لمنع تبخر الماء.

(ي) يتم ملاحظة مقياس الاستطالة وتسجيل القراءات (R) كل 0.5 , 1 , 2 , 4 , 8 , 15 , 30 دقيقة ثم كل 1 , 2 , 4 , 8 , 24 , 48 , 72 ساعة، يتم حساب التغير في سمك العينة (ΔH).

(ك) بعد الانتهاء من عملية الإنتفاخ يتم إزالة الحمل على أجزاء باتباع نفس الخطوات كما في اختبار معاملات التضاغط ويمكن تحديد إنتهاء عملية الإنتفاخ باستخدام العلاقة بين قراءة مقياس الاستطالة ولوغاريتم الزمن.

(ل) يرفع قرص التحميل، ثم ترفع حلقة التضاغط مع القرصين المساميين والعينة وجففها جيداً، ويتم إزالة القرصين المساميين ووزن الحلقة مع وجود العينة فقط بداخلها (m_4). يتم تجفيف العينة في فرن كهربائي عند درجة حرارة 105-110 درجة مئوية.

(م) يحدد وزن العينة الجافة بالحلقة (m_5)ويحدد محتوى الرطوبة للعينة بعد الإنتفاخ.

(ن) تحدد أقصى نسبة إنتفاخ تحت تأثير كل حمل لكل عينة من العينات الثلاث، ثم رسم العلاقة بين نسبة الإنتفاخ بمقياس عادى والضغط على مقياس لوغاريتمي.

(س) يحدد الضغط المقابل لنقطة تقاطع المنحنى الذي يمثل هذه العلاقة مع الخط الأفقي المحدد لنسبة انتفاخ يساوي الصفر، فيكون هو ضغط الإنتفاخ الأكبر. ومن هذه العلاقة يمكن أيضاً تحديد نسبة الإنتفاخ المتوقع حدوثه تحت الحمل التصميمي، أو تحديد الحمل الذي يمكن أن يعطى نسبة الإنتفاخ مناسبة للمنشأ المطلوب.

5/ الحسابات :-

يتم إجراء الحسابات وتسجيل النتائج

6/ طريقة تحديد نسبة الإنتفاخ الحر

يعرف الانتفاخ الحر بأنه مقدار الزيادة في حجم التربة عند ملامستها للماء تحت تأثير وزنها فقط بدون تحميلها. هناك عدة طرق لتحديد نسبة التورم الحر. وسنكتفي هنا بشرح أبسط هذه الطرق.

الجهاز

منخل مقاس 0.425 مم.

مخبار مدرج سعته 100 مللمتر.

زجاجة غسيل بلاستيكية تحتوي على ماء مقطر.

قمع زجاجي بقطر 75 مم.

الطريقة

1- يصب حوالي 30 ملليلتر من التربة الجافة المار من منخل مقاس فتحة 0.425 مم في مخبار مدرج بسعة 100 ملليلتر باستخدام قمع زجاجي ويحدد حجم التربة الجافة فليكن (V_1)

2- يضاف الماء إلى التربة في المخبار من زجاجة الغسيل التي تحتوي على الماء المقطر، بعناية وببطء، مع السماح للهواء بالخروج من التربة حتى تتشبع بالماء المقطر ويغطي الماء سطحها. ثم يستمر ملء المخبار بالماء حتى 100 مليلتر. .

3-اترك المخبار لمدة 24 ساعة ثم حدد حجم التربة وليكن هذا الحجم (V_2)

4-يتم تكرار الاختبار ثلاث مرات لنفس نوع التربة، ويتم حساب نسبة الإنتفاخ، وتوضع النتائج في جدول وحساب نسبة الإنتفاخ الحر للتربة.

الحسابات

يتم تحديد نسبة الإنتفاخ الحر من المعادلة التالية:

$$S_f = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100$$

S_f نسبة الإنتفاخ الحر

V_1 حجم التربة الجافة

V_2 حجم التربة بعد 24 ساعة من إضافة الماء إليها

تسجيل النتائج

يتم تحديد درجة خطورة التأسيس على التربة على النحو التالي:

1- نسبة الإنتفاخ الحر أقل من 50% ولا يتوقع حدوث مشاكل.

2- تتراوح نسبة الإنتفاخ بين 50% و100%، واحتمالية حدوث مشاكل

3- نسبة الإنتفاخ أكبر من 100% وهذا أمر خطير ويجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لإجراء فحوصات أكثر دقة .

جدول (٢-١٥-١) نتائج اختبار تعيين معاملات الإنتفاخ

المشروع: رقم الجسة :

الموقع : عمق العينة :

رقم العينة: وصف التربة:

التاريخ :

(أ)خواص عينة الإختبار

بيانات قبل إجراء الإختبار	عينة رقم (١)	عينة رقم (٢)	عينة رقم (٣)
سمك العينة قبل الإختبار (H_o) مم			
وزن حلقة التضاغط بعد تشحيم سطحها الداخلى m_1 نيوتن			
وزن القرصان المساميان m_2 نيوتن			
وزن حلقة التضاغط + القرصان المساميان + العينةm_3 نيوتن			
وزن العينة بمحتوى رطوبتها الطبيعية (m) نيوتن $m = m_3 - (m_2 + m_1)$			
قطر عينة الإختبار (D) مم			
حجم العينة - ΔH_o			
وزن وحدة الحجوم الكلية $\gamma = m/\Delta H_o$ كيلونيوتن/م^3			
محتوى الرطوبة الإبتدائية (w) %			
وزن وحدة الحجوم الجافة $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$ كيلونيوتن/م^3			

(ب) تسجيل القراءات

رقم العينة	التاريخ	الساعة	الزمن (T) دقيقة	قراءةقياس الإستطالة (R)	مقدار الإنتفاخ (ΔH)مم	ملاحظات

(جـ) نتائج إختبار التحميل

عينة اختبار رقم		(١)	(٢)	(٣)
الجهد (σ)	كيلونيوتن/م^2			
سمك العينة الأبتدائي (H_o)	مم			
أكبر إنتفاخ (ΔH_1)	مم			
أقصى نسبة إنتفاخ $(\Delta H_1/H_o)$	١٠٠X			

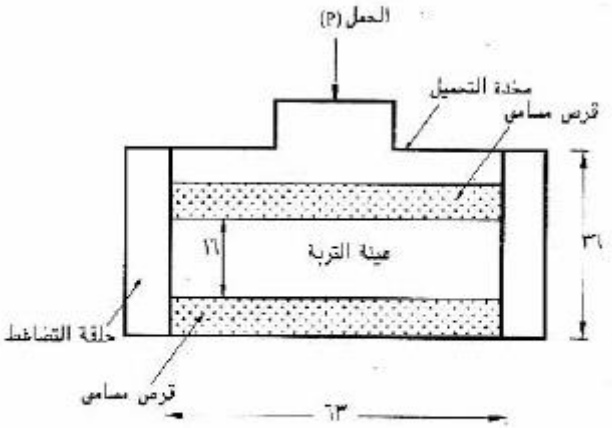
(د) خواص العينة بعد الإختبار

البيانات		عينة رقم (١)	عينة رقم (٢)	عينة رقم (٣)
وزن حلقة التضاغط (m_1)	نيوتن			
وزن حلقة التضاغط وبداخلها العينة المشبعة بدون لقرصين المسامين (m_4)	نيوتن			
وزن حلقة التضاغط وبداخلها العينة بعد تجفيفها(m_5)	نيوتن			
وزن العينة المشبعة $m_4 - m_1 = m_w$	نيوتن			
وزن العينة الجافة $m_5 - m_1 = m_d$	نيوتن			
محتوى الرطوبة النهائية $\frac{m_w - m_d}{m_d}$	$\times$ ١٠٠%			
مقدار الإنتفاخ النهائى (ΔH)	مم			
نسبة الإنتفاخ $\frac{\Delta H}{H_o}$	$\times$ ١٠٠			

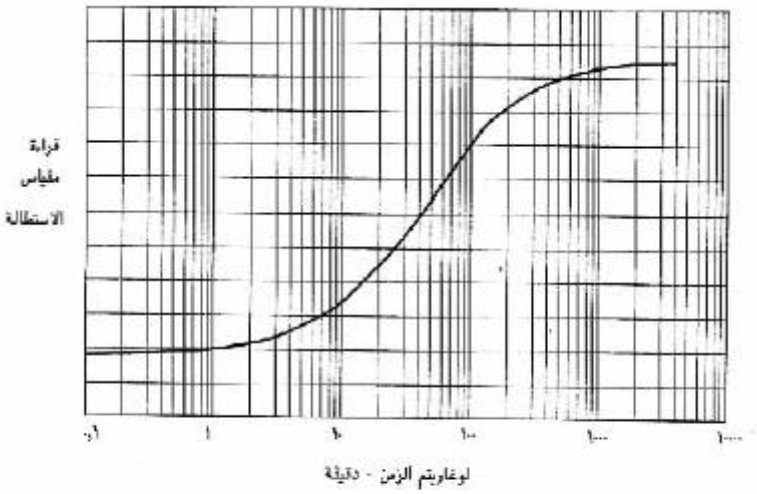
جدول (٢-١٥-٦) نتائج إختبار تعيين نسبة الإنتفاخ الحر

المشروع :
رقم الجسة :
الموقع :
عمق العينة:
رقم العينة :
وصف التربة:
التاريخ :

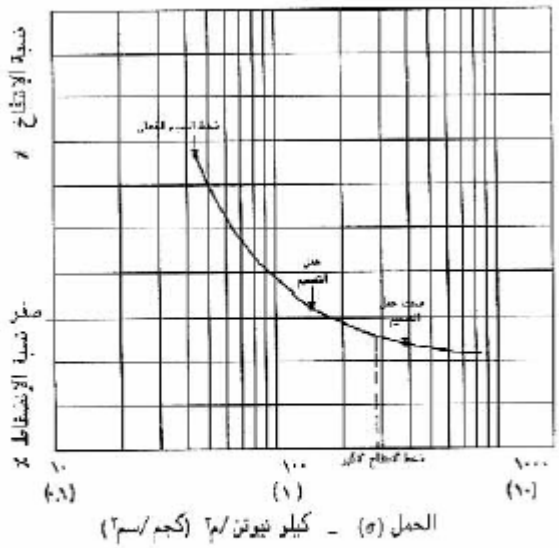
رقم الاختبار	V_1	V_2	S_r %
١			
٢			
٣			
المتوسط			



شكل(٢-١٥-١) : حلقة التضاغط فى اختبار تعيين معاملات الإنتفاخ



شكل (٢-١٥-٢) العلاقة بين لوغاريتم الزمن وقراءة مقياس الإستطالة



شكل (٢-١٥-٣) العلاقة بين نسبة الإنتفاخ والإجهاد

8-تحديد خواص الدمك للتربة

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد العلاقة بين وزن وحدة الحجوم الجافة ومحتوى الرطوبة للتربة عند دمكها بإحدى طرق الدمك للحصول على أقصى وزن وحدة حجوم جافة لها. يمكن إجراء الاختبار بإحدى الطرق التالية:

(أ) طريقة الدمك القياسية standard proctor : في هذه الطريقة يتم دمك التربة باستخدام مطرقة وزنها 25 نيوتن (2.5 كجم) تسقط من ارتفاع حر قدره 305 مم.

(ب) طريقة الدمك المعدلة modified : في هذه الطريقة يتم دمك التربة باستخدام مطرقة وزنها 45 نيوتن (4.5 كجم) تسقط من ارتفاع حر قدره 457 مم.

2/ الجهاز :-

(أ) قالب أسطواني بقطر داخلي 105 مم وارتفاع داخلي 115.5 مم (يعطى حجم 947.4 ملليلتر). من الممكن استخدام قالب له أبعاد مختلفة عن ذلك مع مراعاة التغير في عدد ضربات المطرقة بحيث تبقى طاقة الدمك لوحدة حجوم ثابتة في حدود 0.5% بالزيادة أو نقصان طاقة الدمك القياسية (295.7 كيلو جول/م^3). وللقالب قاعدة يمكن فصلها أو تثبيتها، كما أن له امتداد في حلقة علوية يبلغ ارتفاعها حوالي 50 مم.

(ب) مطرقة معدنية يحدد وزنها حسب طريقة الدمك ولها وجه ضارب ذو مقطع دائري بقطر 50 مم. ويجب تجهيز المطرقة بحيث يمكن التحكم في سقوطها على سطح التربة من الارتفاع المحدد لطريقة الضغط المطلوبة. من الممكن استخدام جهاز آلي للدمك، بشرط أن يكون مجهزا بحيث يتوافق ارتفاع السقوط الحر للمطرقة مع متطلبات طريقة الدمك المراد تنفيذها. يجب أيضًا أن يكون الجهاز مصممًا لوضع القالب على قاعدة صلبة وثقيلة.

(ج) ميزان لا تقل سعته عن 120 نيوتن (12 كجم) ودقة لا تقل عن 0.01 نيوتن (1 جم).

(د) قدة من الصلب ذات حافة مشطوفة من سطح واحد، طولها 300 مم، وعرضها 25 مم، وسمكه 3 مم تقريبًا.

(هـ) منخل مقاس 20 مم ومنخل مقاس 4.75 مم مع أواني الاستقبال.

(و) جهاز لتحديد محتوى الرطوبة.

(ز) الأدوات المساعدة مثل إناء الخلط والملعقة أو جهاز الخلط الميكانيكي وجهاز استخراج العينات.

3/ الطريقة :-

(أ) يوزن القالب مثبتا به قاعدته لأقرب 0.01 نيوتن (1 جم) (m_1) ثم يوضع القالب على قاعدة صلبة (من الخرسانة مثلاً) ومثبتا به امتداده بالحلقة العلوية.

(ب) يتم أخذ عينة اختبار وزنها 50 نيوتن (5 كجم) في حالة استخدام القالب القياسي أو يختلف وزنها باختلاف حجم القالب بحيث تظل النسبة بين وزن العينة وحجم القالب المستخدم نسبة ثابتة . تؤخذ عينة الاختبار بعد تمرير التربة من منخل 20 مم، بحيث يتم تجفيف العينة بالهواء.

عندما تحتوي التربة على حبيبات بمقاس أكبر من 20 مم وبنسبة أقل من 5% من وزن العينة فإنه يمكن استبعادها من عينة الاختبار دون أن يكون لها تأثير ملحوظ على نتائج الاختبار. ولكن في حالة تجاوز نسبة الحبيبات التي حجمها أكبر من 20 مم 5% من وزن العينة فيمكن استبدال هذه الحبيبات بأخرى من نفس التربة ولكن بحجم يتراوح بين 20 مم و 4.75 مم و متساوي في الوزن أو إستعمال قالب بحجم أكبر من القالب القياسي مع مراعاة أن تظل طاقة الدمك لوحدة الحجوم ثابتة .

(ج) تضاف كمية مناسبة من الماء إلى عينة الاختبار واخلطها جيدًا. وتختلف كمية الماء المضاف حسب نوع التربة بحيث تعطي نسبة رطوبة تتراوح ما بين 4% إلى 6% للتربة الرملية والزلطية، بينما نسبة الرطوبة أقل من حد اللدونة بقيمة تتراوح بين 8% إلى 10% للتربة الطينية والطميية.

(د) توضع التربة الرطبة في القالب القياسي في ثلاث طبقات متساوية تقريباً للدمك القياسي، وخمس طبقات للدمك المعدل، ويتم دمك كل طبقة على حدة باستخدام 25 ضربة من مطرقة هابطة من ارتفاع 305 مم للدمك القياسي، 457 مم للدمك المعدل وفي حالة استخدام قالب بأبعاد مختلفة يتم تغيير عدد الطبقات وعدد الطرقات لكل طبقة بحيث تظل طاقة الدمك لوحدة الحجوم قيمة ثابتة.

يتم حساب طاقة الدمك لوحدة الحجوم من العلاقة التالية:

$$E = \frac{W * H * N * n}{V}$$

حيث :

H ارتفاع سقوط المطرقة.

E طاقة الدمك لوحدة الحجوم.

W وزن المطرقة.

N عدد طبقات دمك التربة.

n عدد ضربات المطرقة لكل طبقة.

V حجم القالب المستخدم في الاختبار.

يجب أن يتم توزيع الضربات بشكل موحد على سطح كل طبقة أثناء الدمك، ويجب التأكد من أن غلاف المطرقة نظيف من الداخل بحيث تسقط المطرقة على سطح الطبقة سقوطا حرا. كما يجب ألا يزيد ارتفاع التربة في القالب بعد الدمك عن 6 مم فوق سطح القالب.

(هـ) بعد الانتهاء من عملية الدمك يتم إزالة الحلقة العلوية من القالب بعناية وتسوية سطح التربة باستخدام قدة التسوية حتى تستوي مع سطح القالب ثم يتم وزن القالب بقاعدته والتربة المدموكة بداخله لأقرب 0.01 نيوتن (1 جرام) (m_2).

(و) تتم إزالة التربة المضغوطة من القالب ويتم أخذ عينة تمثيلية من التربة لتحديد محتوى الرطوبة

(ز) يتم تفتيت التربة المتبقية وتمريرها من خلال منخل مقاس 20 مم مرة أخرى وإضافتها إلى عينة التربة الأصلية. إذا لم تنهار التربة المختبرة تحت تأثير الدمك، فمن الممكن إضافة كمية من الماء تكفي لزيادة محتوى الرطوبة بنسبة 1 إلى 2%، ثم يتم تكرار خطوات الاختبار. إذا كانت التربة قابلة للتهشم تحت وزن المطرقة، فيجب تحضير عينة جديدة لكل محتوى رطوبة مطلوب دمك التربة عنده. يلزم إجراء اختبار الدمك لخمس قيم لمحتوى الرطوبة، اثنتان منها بعد ثبات أو نقص قيمة الوزن (m_2) مع زيادة محتوى الرطوبة.

4/ الحسابات :-

(أ) وزن وحدة الحجوم الكلية للتربة (γ):

$$\gamma = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

(ب) وزن وحدة الحجوم التربة الجافة (γ_d):

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

حيث:

w محتوى الرطوبة في التربة.

5/ تسجيل النتائج :-

يتم تسجيل النتائج في الجدول. ويتم تمثيل العلاقة بين المحتوى الرطوبة ووزن وحدة الحجوم الجافة بيانياً بحيث يكون المحتوى الرطوبة على المحور الأفقي ووزن وحدة الحجوم الجافة على المحور الرأسي. وتوصل النقاط بمنحنى أملس، ويكون أقصى وزن وحدة حجوم جافة هو أعلى نقطة على المنحنى ويرمز لها بالرمز $\gamma_{d(max)}$ ، وتكون الرطوبة المثلى الموجودة هي المقابلة لها ويرمز له بالرمز (O.M.C) ويجب أن يتضمن التقرير ما يلي:

(1) طاقة الدمك المستخدمة.

(ب) أبعاد وحجم القالب المستخدم.

(ج) النسبة المئوية المحجوزة على المنخل القياسي مقاس 20 مم.

(د) أقصى وزن وحدة حجوم جافة.

(هـ) محتوى الرطوبة الأمثل.

جدول (٢-١٨-١) نتائج تعيين خواص الدمك للتربة

المشـــروع: رقم الجسة:

الموقـــــع: عمق العينة:

رقم العينة: وصف التربة:

عينات الإختبار *: مفردة – منفصلة وزن المطرقة : ٢٥– ٤٥ نيوتن

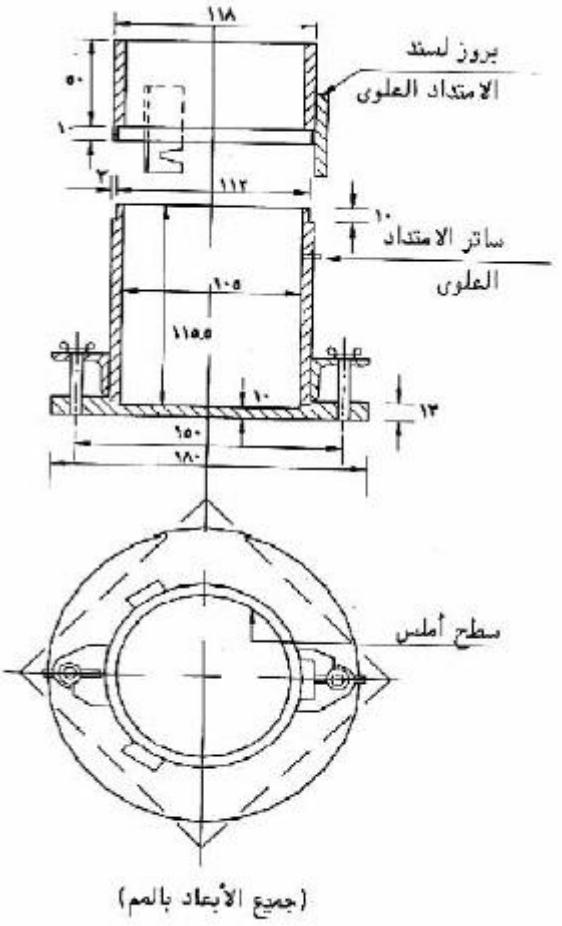
وزن العيـــــنة: نيوتن نسبة المحجوز على منخل مقاس ٢٠ مم: %

حجم القالب : م^{٣} طاقة الدمك المستعملة: نيوتن.م/م^{٣}

التاريـــــخ :

رقم الاختبار		
وزن القالب + القاعدة + العينة المدموكة	(m_2)	نيوتن
وزن القالب + القاعدة	(m_1)	نيوتن
وزن العينة المدموكة	$(m_2 - m_1)$	نيوتن
وزن وحدة الحجوم الكلية $\gamma = \frac{m_2 - m_1}{V}$		كيلو نيوتن / م^{٣}
محتوى الرطوبة	(w)	
وزن وحدة الحجوم الجاف $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$		كيلو نيوتن /م^{٣}

* إحذف الحالة غير المنطبقة



شكل (٢-١٨-١): قالب إختبار الدمك

9-تحديد نسبة تحميل كاليفورنيا

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد نسبة تحميل كاليفورنيا California Loading ratio للتربة المدموكة في المعمل من خلال رسم العلاقة بين الحمل اللازم لاختراق التربة بمكبس أسطواني بمعدل ثابت وقيمة هذا الاختراق. عند قيمة معينة من الاختراق، فإن نسبة التحميل كاليفورنيا هي النسبة بين الحمل المقابل للاختراق والحمل اللازم لاختراق التربة القياسية بنفس القيمة.
تعطي نتائج هذا الاختبار تقييماً نسبياً لمقاومة تربة التأسيس وتربة الأساس والأساس المساعد عند الاستخدام في الرصف.

2/ الجهاز :-

(1) آلة تحميل ذات تحميل لا تقل عن 50 كيلو نيوتن (5000 كجم) ومجهزة برأس متحرك بمعدل منتظم 1 مم / دقيقة لدفع مكبس الاختراق إلى داخل عينة الاختبار. يجب أن تكون الآلة مزودة بمؤشر لقياس الحمل بدقة 0.05 كيلو نيوتن (5 كجم) على الأكثر. ويمكن أن تكون آلة تحميل ميكانيكية أو يدوية.

(ب) مقياس استطالة لقياس الاختراق أو الإنتفاخ، يصل مداه إلى 25 مم ودقته 0.025 مم.

(ج) مكبس الاختراق وهو عبارة عن أسطوانة من الصلب يبلغ قطرها حوالي 50 مم ومساحة مقطعه 1960 مم^2 ولا يقل طوله عن 100 مم ويمكن زيادة طوله حسب ظروف الاختبار.

(د) قالب معدني أسطواني قطره داخلي 152 مم وارتفاعه 178 مم وقاعدة معدنية بها ثقووب دائرية بقطر لا يزيد عن 1.6 مم ويمكن تثبيت القاعدة في أى من طرفي القالب. يحتوي امتداد القالب على حلقة علوية بقطر 152 مم وارتفاع 50 مم. قرص فاصل معدني مصمت بقطر 151 مم وارتفاع 61 مم. من الممكن استخدام قالب بأبعاد مختلفة عن القالب القياسي بشرط: أن يؤخذ في الاعتبار الحجم الحقيقى للقالب عند حساب طاقة الدمك لوحدة الحجوم المطلوبة لاختبار التربة.

(هـ) مطرقة دمك معدنية وزنها 25 نيوتن (2.5) كجم) أو 45 نيوتن (4.5 كجم) حسب المواصفات المبينة في الاختبار السابق (اختبار تعيين خواص الدمك للتربة) لدمك عينة الاختبار حسب طاقة الدمك المطلوب استخدامها في تحضير العينة .

(و) عدد من الأقراص الدائرية قطرها 149 مم ووزنها 22.7 نيوتن (2.27 كجم) لكل قرص واحد وبه ثقب دائري في المركز قطره 54 مم ويستخدم كأوزان فوق العينة عند اختبارها .

(ز) جهاز لقياس الانتفاخ مكون من قرص دائري قطره 149 مم وبه ثقوب بما لا يقل عن 42 ثقباً وتوزع بانتظام فتحة قطرها 1.6 مم وقضيب معدني بثلاثة أرجل وحامل معدني لتثبيت جهاز قياس إنتفاخ عينة أثناء الغمر بالماء.

(ح) الأدوات المساعدة مثل جهاز خلط عينات الاختبار وقدة التسوية والميزان وحوض غمر الماء وجهاز لقياس محتوى الرطوبة حسب الاختبار وورق الترشيح وأطباق.

3/ العينة :-

(أ) يتم أخذ عينة اختبار تزن حوالي 0.06 كيلونيوتن (6 كجم) بحيث تكون ممثلة للتربة وتجفف هوائياً ومارة من المنخل القياسي مقاس 20 مم. إذا وجدت في العينة حبيبات بمقاس أكبر من 20 مم يتم استبدالها كما هو موضح في الاختبار السابق (اختبار تعيين خواص الدمك للتربة) و

يتم تحضير عينة التربة. قد يختلف وزن العينة حسب حجم القالب المستخدم و عند اختبار عينة ذات كثافة محددة يتم حساب وزن العينة المجففة بالهواء حسب وزن وحدة الأحجام المطلوبة وحجم القالب .

(ب) تخلط العينة جيداً مع كمية من الماء لإعطاء المحتوى الرطوبي المطلوب لإختبار العينة عنده حتى تحصل على عينة متجانسة. و يمكن وضع التربة المخلوطة بالماء في علبة محكمة غير منفذة للهواء لمدة 24 ساعة بحيث يتوزع الماء في التربة توزيعا منتظما.

(ج) يوضع القالب على قاعدته المثقوبة ويوزن فارغاً (m_1)، ثم يوضع داخله القرص المعدنى الفاصل المصمت مع وضع ورقة ترشيح فوقه. يتم تثبيت على القالب امتداده الحلقي العلوي ومن ثم نقل التربة المخلوطة بالماء في القالب ويتم دمكها علي خمس طبقات متساوية تقريباً بنفس عدد الضربات التي يتم حسابها من العلاقة حسب طاقة الدمك المطلوبة.

عندما تريد تحضير عينة اختبار بوزن وحدة حجوم محددة، يجب عليك إجراء اختبار إبتدائى لطاقات الدمك المختلفة عن طريق تغيير عدد ضربات المطرقة لكل طبقة، ثم حساب أوزان وحدات الحجوم الناتجة ورسم العلاقة بين طاقة الدمك و وزن وحدة الحجوم والتي يمكن من خلالها تحديد طاقة الدمك المطلوبة تحضير العينة عندها.

(د) تتم إزالة الامتداد الحلقي العلوي للقالب ويتم تسوية سطح العينة المدموكة بعناية مع السطح العلوي للقالب باستخدام قدة التسوية. ويجب ملئ الفجوات التي قد تظهر في سطح التربة نتيجة خروج بعض الجزيئات الكبيرة أثناء عملية التسوية بالتربة من العينة المخلوطة بالماء. يوزن القالب بداخله تربة مدموكة، ويتم تثبيته على قاعدته بعد إزالة القرص الفاصل (m_2).

(هـ) توضع ورقة ترشيح على السطح العلوي للتربة ويرفع القالب من فوق القاعدة التي تركب على القالب من الأعلى وتوضع مقلوبة ثم يوضع القالب والتربة المدموكة بداخله مقلوبة بحيث يصبح السطح السفلي للعينة إلى الأعلى أثناء الدمك إذا رغبت في اختبار العينة بدون غمر في الماء يتم حذف الخطوات التالية (و)، (ز)، (ح).

(و) في حالة الرغبة في اختبار العينة بعد غمرها في الماء يتم وضع القرص المثقوب فوق سطح التربة وتوضع فوقه الأوزان المكافئة لوزن طبقات الرصف المتوقع وضعها فوق التربة المراد اختبارها على أن لا تقل هذه الأوزان عن اثنين. ثم يتم تركيب الحامل المعدني ذو الثلاث أرجل عليها ومثبتا به ميزان الاستطالة لقياس الانتفاخ. يتم غمر القالب والأوزان في الماء بحيث يسمح للماء باختراق التربة من الأعلى والأسفل. ثم تؤخذ القراءة الأولية لمقياس الاستطالة وتترك العينة مغمورة بالمياه لمدة 96 ساعة مع المحافظة على ثبات منسوب الماء خلال هذه الفترة.

(ز) خلال فترة الغمر، يمكن مراقبة قيمة انتفاخ التربة مع مرور الوقت من خلال قراءة مقياس الاستطالة.

(ح) في نهاية فترة الغمر في الماء تؤخذ القراءة النهائية للانتفاخ ويحسب الانتفاخ كنسبة مئوية من الارتفاع الداخلي للعينة. ثم يتم إخراج القالب من الماء وتجفيف المياه الحر من العينة وتركها لمدة 15 دقيقة للسماح بتسرب الماء الزائد إلى الأسفل. يجب الحرص على منع قلقلة سطح العينة أثناء فترة التخلص من الماء الزائد، وقد يكون من الضروري إمالة القالب قليلاً لإزالة الماء السطحى. يتم رفع الأوزان والقرص المثقوب، ثم يتم وزن القالب بـالتربة داخله (m_3).

4/ الطريقة :-

(1) توضع فوق عينة الاختبار أوزان مكافئة لوزن الرصف المتوقع وضعه على تربة الاختبار فى الطبيعة، على ألا يقل عدد الأوزان عن اثنين. إذا سبق غمر العينة في الماء فإن عدد الأوزان الموضوعة على سطح العينة يجب أن يكون مساويا تماما لعدد الأوزان الموضوعة عليها أثناء الغمر.

(ب) يتم تركيب القالب في جهاز الاختبار ويتم تثبيت مكبس الاختراق على سطح العينة من خلال الثقب الدائري المركزي الموجود في أقراص الأوزان حتى تصبح قيمة حمل المكبس على سطح التربة 0.05 كيلو نيوتن (5 كجم) في حالة التربة ذات نسبة تحميل متوقعة أقل من 30%، 0.25 كيلو نيوتن (25 كجم) للتربة ذات نسبة تحميل متوقعة أكبر من 30%.

(ج) يتم ضبط عداد الحمل والاختراق على قراءة صفر ثم يبدأ الاختبار بتحميل سطح العينة بمعدل 1 مم/دقيقة تقريبًا. يتم أخذ قراءات الأحمال عند قيم اختراق 0.5، 1، 1.5، --- مم حتى يصل الاختراق إلى 5 مم ثم يتم أخذ القراءات كل 1 مم حتى 12 مم. في حالة الاستخدام آلة تحميل يدوية وعداد الاختراق يقرأ 1 مم فى دورة واحدة، يمكن ملاحظة معدل التحميل بحيث يدور مؤشر عداد الإختراق بنفس سرعة عقرب الثواني في ساعة اليد تقريبًا.

(د) يتم إخراج عينة الاختبار من القالب وتؤخذ عينة لتحديد محتوى الرطوبة من سطح التربة التي تم إختراقها أو من داخل العينة حسب الرغبة.

5/ الحسابات :-

ويتم تسجيل النتائج:-

(أ) منحنى العلاقة بين الحمل والاختراق:

يتم رسم العلاقة بين قيمة الاختراق (مم) وحمل الاختراق (كيلونيوتن) وتمثيلها بيانياً بواسطة منحنى انسيابى. وفي بعض الحالات يكون المنحنى مقعراً عند بدايته نتيجة وجود عدم انتظام سطح العينة. وفي هذه الحالة يجب تصحيح نقطة بداية المنحنى عن طريق رسم بياني له عند النقطة ذات أقصى ميل لأسفل حتى تلتقي بالمحور الأفقي (قيمة الاختراق) عند نقطة تعتبر القيمة المصححة للاختراق صفر، ويتم تصحيح باقي القراءات بناء على ذلك.

(ب) نسبة كاليفورنيا للتحميل:

يتم حساب نسبة تحميل كاليفورنيا عند قيم اختراق معينة وهي 2.5 ، 5 مم أو أي قيم أخرى حسب مواصفات المشروع وذلك بقسمة الحمل المقابل لقيمة الاختراق المراد حسابه على القيمة المناظرة لها في التربة القياسية ، ويتم أخذ القيمة الأكبر إذا كانت تقابل اختراق 2.5 مم. أما كانت تقابل اختراق 5 مم،يعاد التجربة، وإذا تم التأكد من أن القيمة الأكبر عند اختراق 5 مم تؤخذ بعين الاعتبار. ويوضح الجدول قيم الأحمال المقابلة لقيم الاختراق المختلفة للتربة القياسية.

(ج) يتم حساب وزن وحدة الحجوم الكلية للعينة المختبرة غير المغمورة على النحو التالي:

$$\gamma = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

كما يتم حساب وزن وحدة الحجوم الشاملة للعينة المختبرة المغمورة في الماء على النحو التالي:

$$\gamma = \frac{m_3 - m_1}{V}$$

حيث :

m_1 وزن القالب فارغاً ومثبتا به قاعدته المثقوبة.

m_2 وزن القالب وبداخله التربة المدموكة مثبتا على قاعدته قبل غمره.

m_3 وزن القالب وبداخله التربة المدموكة مثبتا على قاعدته بعد الغمر.

V حجم القالب.

يتم أيضًا حساب وزن وحدة الحجوم الجافة للتربة من العلاقة.

6/ تسجيل النتائج :-

يجب أن تتضمن النتائج ما يلي:

(أ) طريقة تحضير العينة المدموكة من حيث طاقة الدمك المستخدمة .

(ب) حالة العينة المختبرة سواء كانت مغمورة في الماء أم غير مغمورة.

(ج) وزن وحدة الحجوم الجافة لعينة الاختبار قبل وبعد الغمر في الماء.

(د) محتوى الرطوبة لعينة الاختبار قبل وبعد الغمر في الماء.

(هـ) نسبة الإنتفاخ في عينة الاختبار المغمورة في الماء بالنسبة للارتفاع الأصلي.

(و) نسبة كاليفورنيا للتحميل وقيمة الاختراق المحسوبة عنده.

(ز) قيمة الأحمال الموضوعة على العينة أثناء الاختبار.

(ح) مواصفات أخرى خاصة بالعينة أو الاختبار (مثل وجود مواد لاحمة في التربة وغيرها).

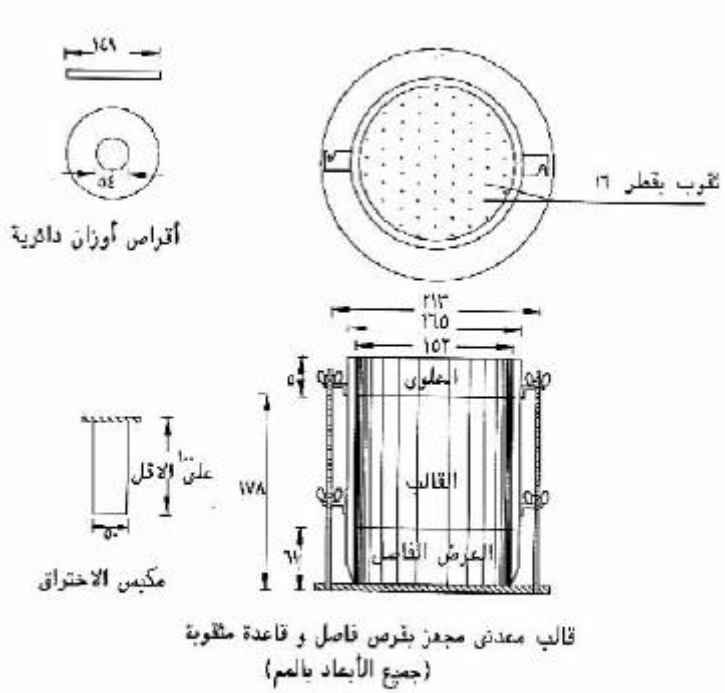
جدول (٢ – ٢٠ – ١) نتائج تعيين نسبة تحميل كاليفورنيا

المشـــــــــــــروع : رقم الجسة :
الموقـــــــــــــع : عمق العينة :
رقم العينـــــــــــة : وصف التربة :
طاقة الدمك المستعملـــة : وزن وحدة الحجوم الجافة قبل الغمر :
حالة العينـــــة المختبرة : وزن وحدة الحجوم الجافة بعد الغمر :
محتوى الرطوبة قبل الغمـــر : نسبة الإنتفاخ :
محتوى الرطوبة بعد الغمر : نسبة كاليفورنيا للتحميل:
التاريخ: قيمة الإختراق :

الإختراق	مم	٠	٠,٥	١	٥	١٠	١٢
الحمل	كيلونيوتن						

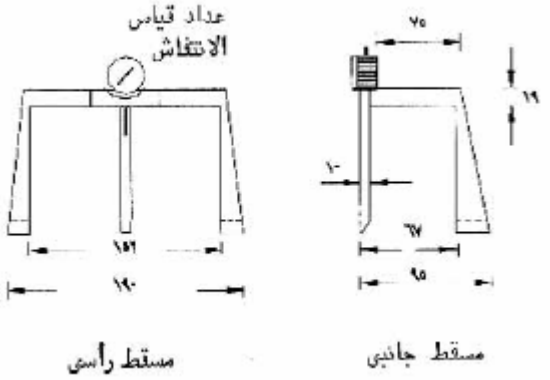
جدول (٢-٢٠-٢) الأحمال المقابلة لقيم مختلفة من الإختراق للتربة القياسية

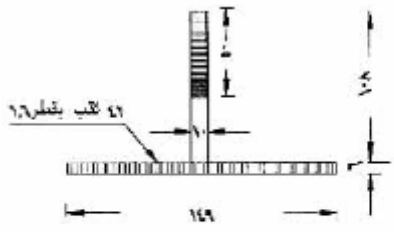
الإختراق	مم	٢,٥	٥	٧,٥	١٠	١٢,٧
الجهد	ميجا باسكال	٦,٩	١٠,٣	١٣,٠	١٦,٠	١٨,٠
الحمل	كيلونيوتن					



قالب معدنى مجهز بقرص فاصل و قاعدة مثقوبة
(جميع الأبعاد بالمم)

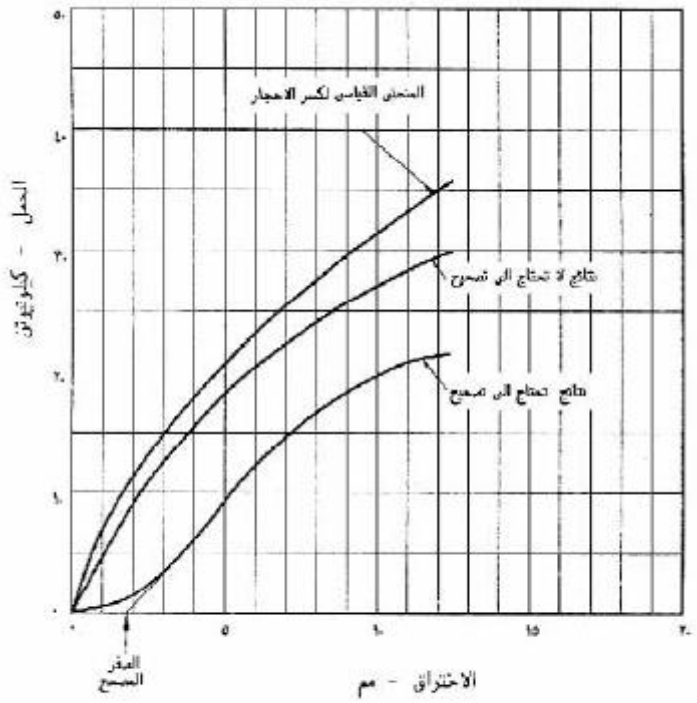
شكل رقم (٢-٢٠-١) جهاز تعيين نسبة كالبفورنيا للتحميل





(جميع الابعاد بالمم)

شكل (٢-٢٠-٢) جهاز قياس الإنتفاخ وقرص التثبيت



شكل (٢-٢٠-٣) العلاقة بين الاختراق والحمل لتعيين نسبة تحميل كاليفورنيا

10-تحديد معامل مقاومة القص باستخدام طريقة الضغط المحوري بدون الضغط المحيط

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد معامل مقاومة القص (C_u) للتربة المتماسكة غير المتشققة والمشبعة بالمياه unconfined compressive strength لغرض استخدامها في الحسابات المبدئية للتصميم.

2/ الجهاز :-

(أ) جهاز ضغط ذو قاعدتين ارتكاز للعينة إحداهما ثابتة والأخرى متحركة رأسياً لتوقيع الضغط بقوة كافية لإحداث انهيار العينة. يمكن أن يكون قاعدتا الجهاز ذات سطح مخروطي أو مستو. الجهاز مزود بأداة للتحكم في معدل زيادة الحمل، إن أمكن بدقة 1 كيلو نيوتن/م^2 (0.01 كجم/سم^2) للضغط غير المحيط المتوقع أقل من 100 كيلو نيوتن/م^2 (1 كجم/سم^2). وبدقة 5 كيلونيوتن/م^2 (0.05 كجم/سم^2) لضغط غير المحيط الذي يساوي أو يزيد عن 100 كيلو

نيوتن/م^2 (1كجم/سم^2). كما أن الجهاز مزود بمقياس استطالة لقياس التغير في ارتفاع العينة أثناء الاختبار بدقة 0.025 مم بمسافة لا تقل عن 20% من ارتفاع العينة.

(ب) جهاز استخراج العينة لإخراج العينة من أسطوانة العينات في اتجاه دخولها وبأقل قدر من القلقلة.

(ج) قالب قطع أسطواني بقطر وارتفاع مناسب لقطع العينة. ويفضل استخدام قالب أسطواني مشقوق طولياً بنفس أبعاد العينة القياسية.

(د) سكينة تسوية حادة عرضها 20 مم وطولها 150 مم.

(هـ) منشار سلك.

(و) مسطرة قياس صلب مدرجة حتى نصف ملليمتر.

(ز) ساعة توقيت بدقة ثانية واحدة.

(ح) مخرطة إعداد عينات التربة.

(ط) جهاز تحديد محتوى الرطوبة.

(ي) أداة لعمل مخروط لنهايتى العينة لتناسب قاعدتي الجهاز إذا كان سطحهما مخروطي الشكل.

3/ العينة :-

(أ) مقاس العينة: تكون العينة عادة على شكل أسطوانة قطرها 38 مم وارتفاعها 76 مم ويتراوح ارتفاع العينة بين 70-84 مم دون التأثير على نتائج الاختبار.

(ب) تحضير عينة غير مقلقلة: يتم تحضير عينة أسطوانية بنهايات عمودية على المحور بأقل تغيير فى نسبة الرطوبة كما يلي:

(ب-1) يتم استخراج العينة المأخوذة من أسطوانة قطرها الداخلي 38 مم باستخدام جهاز أستخراج العينات ذو القالب المشقوق، أو بدونه إذا كان ذلك لا يسبب قلقلة لنهاية العينة في الاسطوانة. ويترك جزء كافي منه يتجاوز طول القالب، ثم يتم تقطيعه أو تشكيله على شكل مخروط بالأداة المناسبة، إذا لزم الأمر.

(ب-2) إذا كان قطر العينة أكبر من 38 مم يتم تحضير العينة للاختبار إما بقطعها من أسطوانة أخذ العينات أو بتسويتها يدوياً بمساعدة مخرطة.

(ب-3) إذا كانت عينة التربة على شكل كتلة، يتم قطع العينة المنشورية ثم تحويلها إلى أسطوانة بمنشار ومخرطة.

4/ الطريقة :-

(أ) توضع العينة في جهاز الضغط بحيث تكون رأسية على القاعدة السفلية.

(ب) يضبط الجهاز بحيث تلامس العينة القاعدة العلوية.

(ج) يضبط مقياس الاستطالة المستخدم لقياس التغير في ارتفاع العينة.

(د) يتم تطبيق الحمل على العينة بحيث يكون معدل الإنفعال من 0.5% إلى 2% في الدقيقة، بحيث تنهار العينة خلال عشر دقائق، ويتم تسجيل قيم الأحمال والإنفعال كل 30 ثانية.

(هـ) يستمر التحميل حتى يقل الحمل مع زيادة الانفعال أو حتى يصل الانفعال إلى 20%.

(و) تحديد محتوى الرطوبة في العينة بأكملها أو جزء تمثيلي منها

5/ الحسابات :-

(أ)الإنفعال (ε)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

حيث :

ΔL التغير في ارتفاع العينة.

L الارتفاع الأصلي للعينة.

(ب) مساحة المقطع المتوسط عند حمل معين (A):

$$A = \frac{A_o}{1 - \varepsilon}$$

حيث :

A_o مساحة المقطع الأصلي للعينة.

ε الإنفعال المحوري لحمل معين.

(ج) الإجهاد (σ) عند حمل معين

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

حيث :

P الحمل.

A مساحة المقطع المتوسطة المقابلة.

(د) ارسم منحنى يمثل العلاقة بين الإجهاد و الإنفعال.

(هـ) يتم تسجيل القيمة القصوى للإجهاد أو الإجهاد المقابل للإنفعال بنسبة 20%، أيهما يأتي أولاً. ويعتبر هذا الإجهاد مقاومة الضغط المحوري دون ضغط محيط للتربة المتماسكة (q_u)، ومنه يحسب معامل مقاومة القص (C_u) هي كما يلي:

$$C_u = \frac{q_u}{2}$$

6/ تسجيل النتائج :-

ويجب أن يتضمن التقرير ما يلي:

(أ) مقاومة الضغط المحوري للتربة دون الضغط المحيط، ومعامل مقاومة القص للتربة.

(ب) نوع العينة: غير مقلقلة - مدموكة.

(ج) أبعاد العينة ونسبة ارتفاعها إلى قطرها.

(د) وزن وحدة الحجوم الكلية ومحتوى الرطوبة في العينة.

(هـ) قيمة الإنفعال عند الإنهيار.

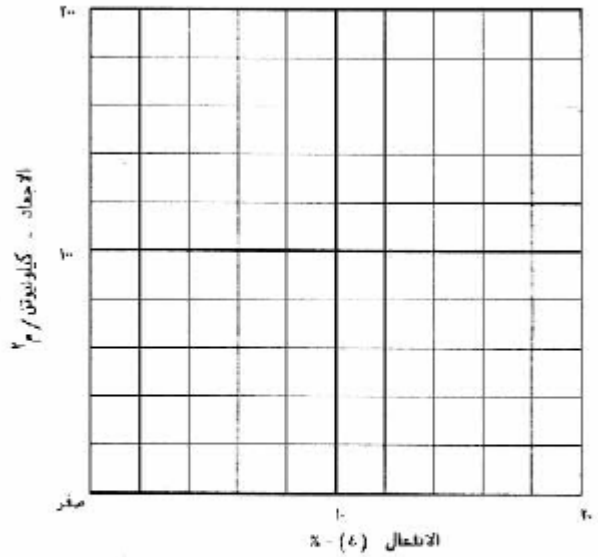
جدول (٢-٢١-١) لنتائج تعيين معامل مقاومة القص بطريقة الضغط المحورى
بدون ضغط محيط

المشـــروع: رقم الجمـــــة:
الموقـــع: عمـق العينـة :
رقم العينـة: وصف التربـة :
نوع العينة*: غير مقلقلة- مدموكة : قطر العينـــة :
ارتفاع العينة: محتوى الرطوبة:
وزن وحدة الحجـــوم الكلية:
التاريخ:

قراءة مقياس الإستطالة	قراءة مقياس تغير الحمل	التغير فى ارتفاع العينة (ΔL) مم	الانفعال $\varepsilon_v = \frac{\Delta L}{L}$	المساحة المصححة (A) مم^2	الحمل الكلى على العينة (P) كيلونيوتن	إجهاد الضغط على العينة (σ) كيلونيوتن/م^2

* تحذف الكلمة غير المناسبة

الانفعال عند الانهيـــار: %
مقاومة الضغط المحورى بدون ضغط محيط(q_u) : كيلونيوتن/ م^2
معامل مقاومة القص(C_u) : كيلونيوتن/ م^2



شكل (٢-٢١-١) : العلاقة بين الإجهاد والانفعال فى اختبار الضغط المحورى بدون ضغط محيط

11- تعيين معاملات مقاومة القص باستخدام صندوق القص

1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تعيين معاملات القص وهي زاوية الاحتكاك (Φ) للتربة الرملية الجافة ومقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة باستخدام اختبار صندوق القص وذلك لمنع تصريف الماء من العينة أثناء الاختبار .

2/ جهاز صندوق القص :-

يتكون جهاز صندوق القص من صندوق معدني مقاس داخلي 60×60 مم وينقسم إلى نصفين بحيث يمكن لأحدهما أن ينزلق فوق النصف الآخر. توضع عينة التربة في الصندوق، حيث يوضع الحمل الرأسي فوقها، ويتم تطبيق إزاحة أفقية على النصف المتحرك. هناك نوعان من هذا الجهاز: صندوق القص مع التحكم في اللإجهادات وصندوق القص مع التحكم في الإزاحة. يتم إنشاء الحركة الأفقية لنصف الصندوق المتحرك إما يدويًا أو بواسطة محرك كهربائي أو عن طريق الأحمال والبكرة ، والذي يستخدم فقط في حالة طريقة التحكم في الإجهادات. يتم استخدام حلقة قياس الأحمال المثبتة أفقياً في الجهاز لقياس قيم الأحمال المسببة للإزاحة في حالة طريقة التحكم في الإزاحة. ويُفضل النوع الثاني دائمًا على النوع الأول لسهولة التحكم فيها، كما يمكن تحديد أقصى قيمة للقص ورسم منحنى العلاقة بين قوة القص والإزاحة بدقة عالية.

3/ اختبار صندوق القص للتربة الرملية :-

3/1/ الجهاز :-

(أ) جهاز صندوق القص كما سبق شرحه.

(ب) مدق لدمك التربة داخل صندوق القص.

(ج) فرن التجفيف آلي الضبط عند درجة حرارة 105-110 درجة مئوية.

(د) ميزان حساس ودقته $5*10^{-3}$ نيوتن (0.5 جرام)

(هـ) قدة مستقيمة من الصلب ذات حافة حادة.

3/2/ الطريقة :-

(أ) تؤخذ عينة من التربة المراد اختبارها بعد تجفيفها في الفرن عند درجة حرارة 105-110 درجة مئوية، وتوزن كمية منها لإعطاء وزن وحدة الحجوم المطلوب الاختبار عليها.

(ب) يتم تثبيت النصفين السفلي والعلوي من الصندوق بمسامير تثبيت يتم إزالتها قبل إجراء الاختبار. ثم يتم وضع العينة في الصندوق.

(ج) يتم دمك التربة على طبقات حتى تصل إلى الحجم الذي يعطي وزن وحدة الحجوم المطلوبة ثم يتم تسوية سطحها العلوي باستخدام القدة المستقيمة.

(د) يتم تطبيق الحمل الرأسي على سطح العينة ويتم إزالة مسامير التثبيت لبدء الاختبار. يجب رفع النصف العلوي من الصندوق لمسافة كافية لمنع نصفي صندوق القص من الالتصاق ببعضهما البعض، وذلك باستخدام مسمارين خاصين مزودين بالصندوق، ويتم إعادته إلى وضعه الأصلي قبل الاختبار.

(هـ) بالنسبة لجهاز القص الذي يتم التحكم في الإزاحة، يتم أخذ قراءات كل من عدادات الإزاحة وحلقة قياس الأحمال كل 15 ثانية لمدة دقيقتين، ثم قراءة كل 1 مم إزاحة، ويستمر ذلك حتى تصل مقدار الإزاحة إلى حوالي 15% من طول العينة في اتجاه القص، أو حتى نحصل على قوة قص ثابتة مع إزاحة ثابتة أيهما أقرب. أما جهاز القص ذو معدل الإجهاد الثابت فتوضع الأحمال على مراحل ويترك كل حمل حتى تستقر الإزاحة ثم يتم تسجيل الإزاحة والحمل المقابل لها. يستمر التحميل حتى يحدث انهيار العينة.

3/3/ الحسابات :-

يتم حساب زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) لعينة التربة من المعادلة التالية :

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\tau}{\sigma}\right)$$

حيث :

τ أقصى و أعلى ultimate and peak إجهاد القص يمكن حسابه من قسمة حمل القص على مساحة المقطع لصندوق القص.

σ الإجهاد العمودى الناتج عن قسمة الحمل العمودي على مساحة المقطع لصندوق القص.

3/4/ تسجيل النتائج :-

ويتم تسجيل النتائج في الجدول. من الأفضل إجراء ثلاث تجارب قص على ثلاث عينات من نفس التربة وبنفس الكثافة، وتحت ثلاثة أحمال رأسية مختلفة. يتم رسم العلاقة بين الإزاحة الأفقية وإجهاد القص. ويتم رسم العلاقة بين أقصى إجهاد (وأعلى إجهاد) القص على المحور الرأسي والإجهاد العمودي المقابل له على المحور الأفقي، فيكون ميل الخط الناتج على المحور الأفقي هو زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

4/ اختبار صندوق القص للتربة الطينية المشبعة :-

4/1 الجهاز :-

(أ) جهاز صندوق القص.

(ب) قالب قطع العينة.

(ج) منشار السلك.

(د) سكين حاد يبلغ عرضه حوالي 20 مم وطوله حوالي 150 مم.

(هـ) جهاز لتعيين محتوى الرطوبة.

(و) ميزان حساس بدقة $5*10^{-3}$ نيوتن (0.5 جرام).

4/2 الطريقة :-

(أ) يتم قطع جزء من العينة السليمة بأبعاد أكبر قليلاً من مقاس صندوق القص. ويجب أخذ الحذر الكامل عند قطع جوانب العينة بحيث تكون مستوية تماماً، وذلك باستخدام صندوق تحديد مقاس العينة والمنشار السلك.

(ب) تنقل العينة إلى صندوق القص ويوضع حمل عمودى على سطحها استعداداً لبدء الاختبار ثم تتبع بقية الخطوات في (د) و(هـ) المذكورة في طريقة التربة الرملية.

4/3 الحسابات :-

يتم حساب قوة التماسك للتربة الطينية المشبعة من المعادلة التالية:

$$C_u = \tau$$

حيث :

C_u مقاومة التماسك للتربة الطينية

τ أقصى إجهاد القص ويمكن حسابه عن قسمة أقصى قوة قص على مساحة المقطع صندوق القص

4/4 تسجيل النتائج :-

ويتم تسجيل النتائج كما في الجدول. من الأفضل إجراء ثلاث تجارب على ثلاث عينات من نفس التربة والتي لها نفس وزن وحدة الحجوم وذلك تحت تأثير ثلاثة أحمال رأسية مختلفة ويتم تحديد قوة التماسك لكل عينة ويأخذ متوسط القيم الثلاث.

جدول (٢-٢٤-١) نتائج تعيين معاملات مقاومة القص للتربة الرملية الجافة أو الطينية المشبعة

المشـــروع: رقم الجسة :

الموقـــــع: عمق العينة :

رقم العينة: وصف التربة :

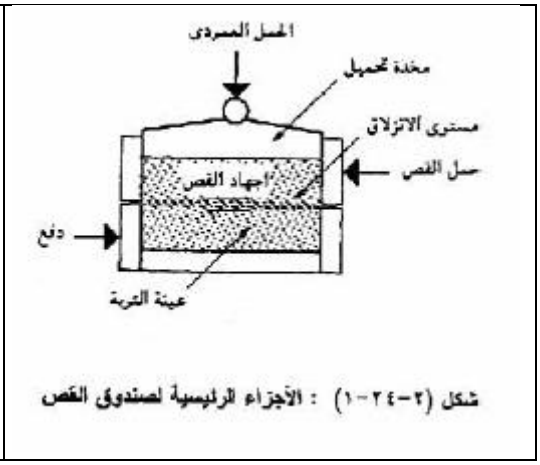
أبعاد صندوق القص: الطول × العرض × العمق: الحمل العمودى :

وزن وحدة الحجوم للعينـــة المختبرة: الإجهاد العمودى :

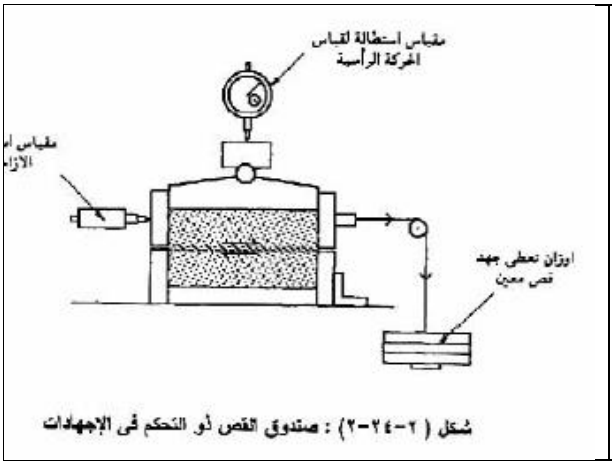
رقم حلقة الإختبار المستخدمـــــــة: معامل المعايرة للحلقة:

محتوى الرطوبة للعينة (للتربة الطينية): التاريخ :

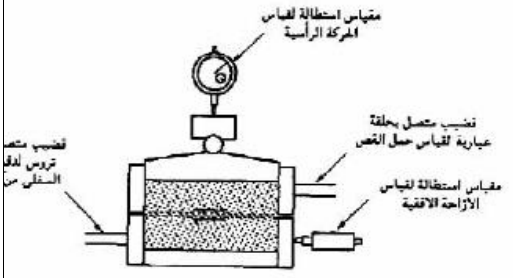
الزمن دقيقة	قراءة مقياس الإزاحة الأفقية	الإزاحة الأفقية مم	قراءة مقياس الإزاحة الرأسية	الإزاحة الرأسية مم	قراءة حلقة قياس حمل القص	حمل القص كيلوديون	إجهاد القص كيلوديون/م^2



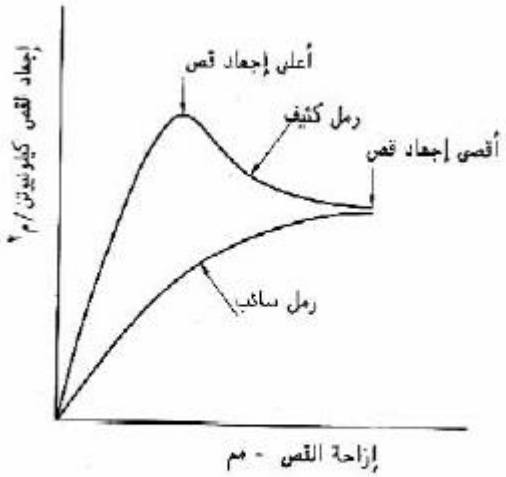
شكل (٢-٢٤-١) : الأجزاء الرئيسية لصندوق القص



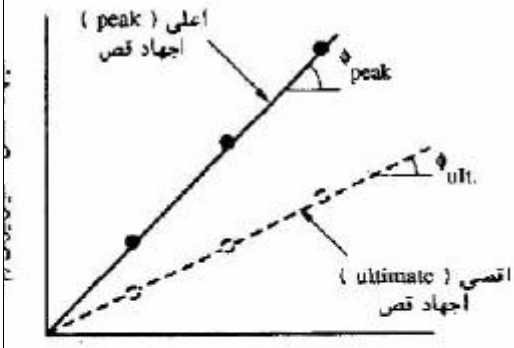
شكل (٢-٢٤-٢) : صندوق القص ذو التحكم فى الإجهادات



شكل (٢-٢٤-٣): صندوق القص ذو التحكم فى الإزاحة



شكل (٢-٢٤-٤): العلاقة بين الإزاحة الأفقية وإجهادات القص للتربة غير المتماسكة



شكل (٢-٢٤-٥): تعيين زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة غير المتماسكة

12- تحديد معاملات مقاومة القص باستخدام جهاز ضغط ثلاثي المحاور.

يتم تحديد معاملات مقاومة قص التربة (C)، (Φ) باستخدام جهاز ضغط ثلاثي المحاور triaxial، وذلك بإحدى الطرق التالية:

(أ) اختبار القص السريع quick ، والذي لا يسمح فيه بخروج الماء من العينة أثناء التحميل عليها.

(ب) اختبار القص السريع بعد الضغط consolidated quick ، حيث يسمح بخروج الماء من العينة وضغطها أثناء تحميلها عند ضغط محيط معين، ومن ثم يتم إجراء الاختبار دون السماح للماء بالخروج من العينة.

(ج) اختبار القص البطيء drained ، حيث يسمح للماء بالخروج من العينة خلال فترة الاختبار بأكملها. وفي هذه الحالة، لا يسمح بتكون ضغط مياه بيئية.

1/ اختبار القص السريع

1/1/ الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد قيمة معامل مقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة ويتم ذلك عن طريق وضع حمل رأسي على العينة وهي محاطة بضغط منتظم باستخدام الهواء أو سائل مضغوط بضغط معين وتحديد فرق الإجهادات عند انهيار العينة أو عندما تصل نسبة الانفعال الرأسي إلى 20% من ارتفاع العينة أيهما أقرب.

1/2/ الجهاز :-

(أ) جهاز تحميل رأسي يستخدم رافعة ميكانيكية تعمل بالكهرباء أو أي رافعة أو جهاز آخر يمكنه التحكم فيه بمعدل ثابت من الإنفعال الذي يسببه في العينة، وبسعة كافية لإحداث انهيار العينة.

(ب) جهاز قياس الحمل الرأسي، مثل حلقة قياس الأحمال أو ما يؤدى الغرض، بدقة 1 كيلومتر نيوتن/م^2 (0.01 كجم/سم^2) للتربة التي لها فرق الإجهاد عند الانهيار أقل من 100 كيلوغرام نيوتن/م^2 (1 كجم/سم^2) وبدقة لا تقل عن 1% للتربة التي يكون فرق إجهاد عند الانهيار يساوي أو يزيد عن 100 كيلو نيوتن/م^2 (1 كجم/سم^2).

(ج) جهاز توليد الضغط المحيط بالعينة والحفاظ على قيمته. ويتكون من خزان متصل بخلية العينة يتم ملؤها جزئيا بنفس نوع السائل المحيط بالعينة. و يتصل الخزان من الأعلى بجهاز توليد ضغط هواء ويتم التحكم في الضغط بواسطة منظم ومقياس للضغط كما يجوز استخدام جهاز فرق ضغط الماء لتوليد الضغط المطلوب بشرط أن يحقق الدقة المطلوبة. يجب أن يكون هذا الجهاز قادرًا على توقيع الضغط والتحكم فيه بدقة 1 كيلو نيوتن/م^2 (0.01 كجم/سم^2) في حالة أن الضغط المطلوب للاختبار أقل من 200 كيلو نيوتن/م^2 (2 كجم/سم^2) و وبدقة ± 1.00% من قيمة هذا الضغط إذا كان أكبر من 200 كيلو نيوتن/م^2.

(د) خلية الضغط الثلاثي و تتكون من أسطوانة، عادة ما تكون مصنوعة من البلاستيك الشفاف، توضع داخلها عينة التربة الأسطوانية، وهي مغطاة بغطاء مطاطي رقيق يثبت طرفه السفلي على قاعدة ارتكاز العينة وعلى قرص التحميل الموجود أعلى العينة حتى لا يخترق الماء من

خلاله إلى العينة. ومن خلال هذه الخلية، يمكن توقيع ضغط محيطي ثابت بواسطة سائل أو هواء. أما بالنسبة للضغط الرأسي فيمكن توقيعه على العينة باستخدام قضيب أملس يتطابق محوره مع محور جهاز توقيع الحمل الرأسي وهو مصمم بحيث لا يتسرب الماء من حولها وبأقل قدر ممكن من الاحتكاك.

(هـ) قرص دائري من المعدن الغير قابل للصدأ وذو صلابة عالية وسطح مستوى ناعم خالى من الخدوش. قطر القرص يساوي قطر العينة وهو مصمم بحيث يرتكز عليه قضيب التحميل لنقل الحمل إلى العينة رأسياً ومحورياً. يجب ألا يتجاوز وزن القرص العلوي 0.5% من الحمل الرأسي عند الانهيار. تبرز من قاعدة الخلية قاعدة دائرية ترتكز عليها العينة ولها نفس القطر.

(و) مقياس استطالة بدقة لا تقل عن 0.025 مم ومسافة لا تقل عن 20% من ارتفاع العينة الأصلية.

(ز) أغطية مطاطية مانعة لتسرب الماء وخالية من أي ثقوب أو عدم انتظام لتقليل ضغط الغلاف على العينة. ويجب أن يمثل قطرها غير المشدود حوالي 75% إلى 90% من قطر العينة ولا يتجاوز سمكها 1% من قطر العينة لاحكام ربط الغلاف على قاعدة ارتكاز قرص التحميل. تستخدم حلقات ربط مطاطية دائرية لا يتجاوز قطرها 75% من قطر القرص. ويجوز استخدام أية وسيلة أخرى لتحقيق نفس الغرض.

(ح) جهاز استخراج العينة من أسطوانة العينة في اتجاه دخول العينة. ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع تعرض العينة للقلقلة عند استخراجها.

(ط) أداة لقياس أبعاد العينة بدقة لا تقل عن 0.1 مم.

(ي) ساعة توقيت بدقة ثانية واحدة.

(ك) ميزان حساس بدقة $1*10^{-4}$ نيوتن (0.01 جم) للعينات التي يقل وزنها عن 1 نيوتن (100 جرام) ودقة $1*10^{-3}$ نيوتن (0.1 جرام) للعينات التي يزيد وزنها عن 1 نيوتن (100 جرام).

(ل) الأجهزة المساعدة لتحضير وتسوية العينة وقوالب تلبيس الغلاف المطاطي وتشكيل العينات وعلب قياس محتوى الرطوبة وجداول تسجيل البيانات

1/3/ العينة :-

(أ) مقاسات العينة: يجب ألا يقل قطر العينة عن 33 مم في حالة أن قطر أي حبيبة صلبة في العينة لا يزيد عن عُشر هذا القطر، وبحيث يجب ألا يقل قطر العينة عن 71 مم في حالة وجود حبيبات صلبة يزيد قطرها عن 6/1 هذا القطر. ويسجل في الملاحظات أن التربة تحتوي على حبيبات صلبة يزيد قطرها عن القطر المسموح به عندما يتم اكتشاف ذلك بعد الانتهاء من

الاختبار ويتراوح ارتفاع العينة بين 2 إلى 3 أضعاف قطر العينة. يتم قياس الارتفاع والقطر إلى أقرب 0.1 مم على الأكثر.

(ب) إعداد العينة غير المقلقلة. وتعد العينة غير المقلقلة من عينات أكبر حجما غير مقلقلة، أو من العينات المستخرجة من أسطوانة أخذ العينات ذات الجدار الرقيق، أو من أي عينات مستخرجة بطريقة مقبولة. يمكن استخدام العينة دون تسوية سطحها، على أن تكون نهايتها مستوية، ويجب الحرص على عدم قلقلة العينة من حيث المقاسات أو المحتوى المائي أو أي شيء آخر. لتسهيل استخراج العينة دون قلقلة من الاسطوانة، يمكن استخدام اسطوانات عينات مشقوقة. ويفضل أن تكون رطوبة موقع تحضير العينة ضمن حدود رطوبة العينة. يجب أن تكون نهايتا العينة متعامدتين على المحور وأن يكون لهما مقطع منتظم. يمكن ملء أماكن الحصى الموجودة عند النهايات بالتربة أو يمكن تغطية النهايات بطبقة رقيقة من الجبس أو أي مادة أخرى تخدم الغرض. في بعض الأحيان يتم استخدام مخرطة خاصة بالتربة لتسوية العينة إذا كانت حوافها وحالتها تسمحان بذلك.

(ج) إعادة اختبار العينة المنهارة. ويمكن إعادة اختبار العينة المختبرة والمنهارة من خلال إعادة تشكيلها وهي لا تزال في غلافها المثبت بالقرص السفلي بأصابع اليد، وذلك عن طريق قلبها إلى داخل غلاف ثم يوضع حولها قالب تشكيل ويتم الضغط على قرص التحميل حتى العينة تملأ القالب وتعود إلى حجمه الأصلي.

(د) العينات المقلقلة : يتم تحضير العينات المقلقلة بدمك التربة طبقات لا تقل عن 6 طبقات في قالب أسطواني بأبعادها المذكورة أعلاه و بنسبة الرطوبة ووحدة الحجوم المحددتين، مع مراعاة أن يكون قطر القرص الدمك أقل بحوالي السدس من قطر العينة.

1/4/ الطريقة :-

(1) يتم وزن العينة بالدقة المطلوبة.

(ب) يتم ربط الغطاء بقالب التلبيس عن طريق ثني نهايته على القالب من الأسفل والأعلى ويتم ذلك تفريغ الهواء المحبوس بين الغلاف وسطح القالب.

(ج) دهن السطح الداخلي للغطاء المطاطي بشحم السيليكون.

(د) توضع العينة في الغلاف ويثبت الغطاء على قاعدة ارتكاز بحلقة رباط مطاطية أو ما يؤدي الغرض ثم يوضع قرص التحميل على سطح العينة ويثبت الغلاف عليه بحلقة رباط, يتم تجميع خلية الضغط الثلاثي بحيث يكون محور العينة منطبقا مع محور التحميل.

(هـ) يتم تحريك قضيب الأحمال لأعلى ولأسفل وخفضه ليلمس قرص التحميل عدة مرات. وذلك للتأكد من سلامة تشغيله ووضعه مع محور قرص التحميل مع مراعاة عدم تحميل العينة خلال ذلك بما لا يزيد عن 0.5% من الضغط المتوقع. إذا تجاوز وزن القضيب 0.5% من

الحمل المتوقع، فسيتم إبعاده عن قرص التحميل حتى نهاية توقيع الضغط المحيط، ثم سيتم استعادته. يجب أن يلمس القضيب قرص التحميل قبل بدء الاختبار.

(و) توصيل أجهزة توقيع الضغط المحيط وكذلك أجهزة التحكم فيه.

(ز) يتم ملء خلية الضغط الثلاثي بالسائل إذا تم استخدامها بدلاً من الهواء، ثم يتم ضبط أجهزة توقيع الضغط على الضغط المطلوب ويتم تطبيق الضغط على سائل الخلية.

(ح) سجل قيمة ضغط سائل الخلية على قضيب الحمل الرأسي وكذلك ضغط احتكاكه ليتم تصحيح قراءة الأحمال الرأسية المقاسة فيما بعد أو ضبط قراءة الحلقة للتعويض.

(ط) يُترك الضغط المحيط على العينة لمدة عشر دقائق تقريبًا ثم يبدأ في توقيع الحمل الرأسي على العينة لإعطاء إنفعال يبلغ حوالي 1٪ من ارتفاع العينة في الدقيقة تقريبًا للعينات اللدنة و 0.02% من ارتفاع العينة في الدقيقة للعينات القابلة للكسر التي من المحتمل أن تتعرض للإجهاد الكسر عند إنفعال يتراوح من 3% إلى 6% مما يؤدي إلى الوصول إلى فرق الإجهاد الكسر الأقصى لكسر للعينة في زمن يتراوح من 15 إلى 20 دقيقة.

(ي) يتم تسجيل الحمل وتغير الارتفاع للعينة عند انفعال 0.1 , 0.2 , 0.3 , 0.4 , 0.5%، ثم كل 0.5% حتى 3%، ثم تسجل القراءات كل 1% حتى 10%، وكل 2 %عندما يكون الانفعال أكبر من 10%.

(ك) يتم تسجيل القراءات حتى 20% إنفعال ويتوقف التحميل إذا حدث هبوط مفاجئ في قيمة الحمل قدره 20% أو عند حدوث إنفعال قدره 5% بعد توقيع أقصى فرق إجهاد، مع مراعاة أخذ القراءات الكافية لرسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال، مع زيادة القراءات في بداية الاختبار وعند نهايته.

(ل) بعد حدوث الانهيار تتم إزالة جميع الضغوطات وتفريغ سائل الخلية ثم يتم تفكيكها وإزالة العينة ونزع الغطاء المطاطي وتفحص ورسم شكل الانهيار.

(م) يتم وزن العينة وتجفيفها وتحديد محتوى الرطوبة.

(ن) كرر الاختبار مع تغيير قيمة الضغط المحيط ثلاث مرات على الأقل على عينات متماثلة.

1/5/ الحسابات :-

(أ) احسب الإنفعال المحورى (ε) من العلاقة:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

حيث :

ΔL مقدار التغير في ارتفاع العينة كما هو محدد من مقياس الاستطالة

L_o هو ارتفاع العينة الأصلية مطروحًا منه الارتفاع (ΔL) الناتج عن أول تلامس لقضيب التحميل مع قرص التحميل.

(ب) احسب مساحة المقطع المتوسطة من العلاقة

$$A = \frac{A_o}{1 - \varepsilon}$$

حيث

A_o مساحة المقطع للعينة الأصلي.

ε الإنفعال المقابل لزيادة معينة في الحمل

(ج) احسب فرق الإجهاد $(\sigma_1 - \sigma_3)$ المقابل لحمل الموقع من العلاقة:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

حيث

P الحمل الموقع، والمصحح لاحتكاك القضيب مع تعويضه بضغط الخلية في حالة حدوث ذلك.

A القيمة المقابلة المتوسطة لمساحة المقطع.

(د) ارسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال، حيث يحدث فرق الإجهاد على المحور الرأسي والانفعال على المحور الأفقي، ومنه يتم تحديد فرق الإجهاد والانفعال عند الانهيار.

(هـ) تستخدم المعادلة التالية لتصحيح تأثير الغلاف المطاطي على القراءات في حالة التربة اللينة إذا زاد الخطأ الناتج في فرق الإجهاد عن 5%.

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4M\ \varepsilon\ (1 - \varepsilon)}{D_o}$$

حيث :

$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)$التصحيح الذي يتم طرحه من قيمة الضغط المقاس

D_o قطر العينة الأصلية (مم).

M معامل إنضغاط الغطاء المطاطي (نيوتن/مم من عرض).

ε الإنفعال

يمكن تحديد (M) عن طريق تعليق جزء عرضه 25 مم من الغلاف المطاطي على قضيب رفيع من الزجاج أو ما يخدم الغرض، مع وضع قضيب آخر خلال القاع الغلاف المعلق والتحميل مع قياس القوة اللازمة المقابلة لوحدة الإنفعال عند شد الغلاف بالأحمال.

يجب تغطية أسطح التلامس بين القضبان والغلاف المطاطي ببودرة التلك.

(و) يتم حساب قيمة أكبر إجهاد رئيسي σ_1 من العلاقة:

$$\sigma_1 = (\sigma_1 - \sigma_3) + \sigma_3$$

حيث :

$(\sigma_1 - \sigma_3)$ فرق الإجهاد عند الانهيار.

σ_3 ضغط الخلية عند الانهيار.

(ز) تعيين قيم (C_u) حسابياً أو بالرسم من دوائر مور.

1/6/ تسجيل النتائج :-

يجب أن تتضمن النتائج ما يلي:

(أ) أبعاد العينة.

(ب) الكثافة الكلية للعينة ومحتوى الرطوبة ودرجة التشبع.

(ج) منحنى الإجهاد والانفعال الذي يوضح قيمة فرق الإجهاد عند الانهيار، وقيمة الانفعال عند الانهيار ومعدل الانفعال المتوسط حتى يحدث الانهيار. يتم تسجيل قيمة مقاومة القص بوحدات كيلو نيوتن/م^2 لأقرب عدد صحيح، ويتم رسم شكل العينة بعد الانهيار.

جدول(٢-٢٥-١) نتائج اختبار القص السريع باستخدام
جهاز الضغط ذو الثلاثة محاور

المشروع : رقم الجسة :
الموقع : عمق العينة :
رقم العينة: وصف التربة :
قطر العينة: ارتفاع العينة :
وزن وحدة الحجوم الكلية : محتوى الرطوبة:
معدل الإنفعال : درجة التشبع :
معامل حلقة قياس الاحمال: معامل مقاومة القص(C_u) : كيلونيوتن/ م^2
التاريخ : الضغط المحيط (σ_3) : كيلو نيوتن/ م^2

الزمن دقيقة	قراءة مقياس الاستطالة	قراءة مقياس حلقة الأحمال	(ΔL) مم	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$	المساحة المصححة م^2	القوة كيلو نيوتن	فرق الاجهاد $(\sigma_1-\sigma_3)$ كيلو نيوتن/م^2	فرق الإجهاد المصحح $(\sigma_1-\sigma_3)$

معامل مقاومة القص (C_u) = كيلونيوتن/ م^2

2- اختبار القص السريع بعد التضاغط

2/1 الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد قيمة معاملات مقاومة القص للتربة الطينية المضغوطة من خلال تعيين إجهاد الانهيار للعينة التي تحمل حملاً رأسياً ومحاطة بضغط منتظم باستخدام الهواء أو السائل عند انهيار العينة. في هذا الاختبار، يبدأ تضاغط العينة أولاً تحت الضغط المحيط، مما يسمح للماء بالخروج من العينة. بعد ذلك يتم إجراء الاختبار بحيث لا يسمح بخروج الماء من العينة.

2/2 الجهاز :-

يستخدم الجهاز الموصوف سابقاً بكافة تفاصيله مع إضافة قرصين مساميين بنفس قطر العينة وإضافة مجموعة قياس ضغط الماء البيئية والتي تتضمن أيضاً أنبوب متدرج لقياس التغير في حجم العينة . يمكن استخدام جهازالقياس الالكتروني بدلا هذة المجموعة. كما يتم استخدام ورق الترشيح المحضر لتسريع عملية تصريف الماء من العينة.

2/3 العينة :-

اتبع جميع الخطوات المذكورة في الاختبار السابق.

2/4 الطريقة :-

(أ) يتم وزن العينة بالدقة المطلوبة.

(ب) يتم توصيل الغلاف المطاطي بقالب التلبيس عن طريق ثني أطرافه على القالب من الأسفل ومن الأعلى يتم تفريغ الهواء المحصور بين الغلاف وسطح القالب.

(ج) دهن السطح الداخلي للغلاف المطاطي بشحم السيليكون.

(د) يوضع قرص مسامي مشبع بالماء على قاعدة إرتكاز العينة، ثم توضع العينة في الغلاف، ويوضع حولها ورق ترشيح مشبع بالماء، ويثبت الغلاف على قاعدة الارتكاز بحلقة رباط مطاط أو ما يخدم الغرض ثم يتم وضع القرص المسامي العلوي المشبع بالماء على سطح العينة ويوضع عليه قرص التحميل حيث يتم تثبيت الغلاف عليه بحلقة ربط بنفس الطريقة السابقة. يتم تجميع خلية الضغط الثلاثى ويتم تركيبها بحيث يكون محور العينة منطبقا مع محور التحميل.

(هـ) يتم تحريك قضيب الأحمال لأعلى ولأسفل وخفضه ليلامس قرص التحميل عدة مرات وذلك للتأكد من سلامة تشغيله ووضعه على محور قرص التحميل مع مراعاة عدم تحميل العينة خلال ذلك بما لا يزيد عن 0.5 % من الضغط المتوقع. إذا تجاوز وزن القضيب 0.5% من الحمل المتوقع، يتم إبعاده عن قرص التحميل حتى نهاية توقيع الضغط المحيط، ثم يتم إعادة وضعه. يجب أن يلمس القضيب قرص التحميل قبل بدء الاختبار.

(و) قم بتوصيل أجهزة توقيع الضغط المحيط وأجهزة التحكم فيه ومجموعة قياس ضغط الماء البينية ويتم أخذ القراءة من الأنبوب المدرج.

(ز) تمتلئ خلية الضغط الثلاثي بالسائل إذا استخدمت بدلاً من الهواء ثم يتم توقيع ضغط محيط وكذلك ضغط بيني على العينة بحيث يكون الضغط المحيط أعلى من الضغط البيئى بمقدار 14 إلى 28 كيلو نيوتن / م^2 (0.14 إلى 0.28 كجم/سم^2) (تعتمد قيمة الضغط البيئي على نفاذية العينة ودرجة تشبعها). وتترك العينة وقتا كافيا لعملية التشبع ثم يفتح الصمام المتصل بالأنبوب المدرج حتى يتم تضاغط العينة.

(ح) تؤخذ قراءة الأنبوب المدرج حتى الثبات ويمكن قياس التغير في ارتفاع العينة. ويغلق الصمام الذي يسمح بخروج الماء من العينة.

(ط) يتم تسجيل ضغط سائل الخلية على قضيب الحمل الرأسي وكذلك ضغط احتكاكه، بحيث يتم تصحيح قراءة الأحمال الرأسية المقاسة لاحقاً، أو يتم ضبط قراءة حلقة قياس الأحمال لتعويض الاحتكاك وضغط الخلية .

(ي) يتم إعادة تلامس قضيب التحميل المتصل بحلقة القياس مع أعلى العينة. يتم ضبط الأنبوب المدرج بحيث يكون مستوى الماء فيه مع منتصف ارتفاع العينة. يتم أخذ القراءة الابتدائية لضغط المياه البيئية.

(ك) يبدأ بتوقيع الحمل الرأسي على العينة ليعطي انفعالاً يسمح بقياسات دقيقة لضغط الماء البيئي. ومن الناحية العملية، بالنسبة لأنواع الطين المعتادة، يتم الانتهاء من الاختبار في فترة تتراوح من 4 إلى 6 ساعات.

(ل) تسجل قراءات الحمل وضغوط الماء البيئي وتغير الارتفاع للعينة عند انفعال 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5%، ثم كل 0.5% حتى 3%، ثم تسجل القراءات كل 1 % بعد ذلك. حتى 10%، وكل 2% عند إنفعال أكبر من 10%.

(م) يتم تسجيل القراءات حتى يحدث الانهيار أو يصل الانفعال إلى 20%. يتم إيقاف التحميل إذا حدث هبوط مفاجئ في قيمة الحمل بنسبة 20% أو عند حدوث إنفعال بنسبة 5% بعد حدوث أقصى فرق إجهاد، مع مراعاة أخذ القراءات الكافية لرسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال، مع زيادة القراءات في بداية الاختبار وعند الاقتراب من نهايته.

(ن) بعد حدوث الانهيار، تتم إزالة كافة الضغوط، ويتم تصريف سائل الخلية، وفحص العينة، ورسم شكل الانهيار.

(س) يتم وزن العينة وتجفف وتحديد محتوى الرطوبة لها.

(ع) يتكرر الاختبار ثلاث مرات على الأقل على عينات متطابقة مع تغيير قيمة الضغط المحيط.

2/5 الحسابات

(أ)احسب الانفعال المحوري (ε) كما فى الإختبار السابق

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

(ب)يتم حساب متوسط مساحة المقطع (A) كما فى الإختبار السابق

$$A = \frac{A_o}{1 - \varepsilon}$$

(ج) حساب فرق الإجهاد $(\sigma_1 - \sigma_3)$ المقابل لحمل موقع كما فى الإختبار السابق

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

(د) ارسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال حيث يوقع فرق الإجهاد على المحور الرأسي والانفعال على المحور الأفقي ومنه يتم تحديد الإجهاد والانفعال عند الانهيار. كما ترسم العلاقة بين الإنفعال وضغط الماء البيئي.

(هـ) لتصحيح تأثير الغلاف المطاطي على قراءات التربة اللينة إذا كان الخطأ الناتج عن استخدامه في فرق الإجهاد أكبر من 5% تستخدم العلاقة.

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4M\ \varepsilon\ (1-\varepsilon)}{D_o}$$

(و) يتم حساب قيمة أكبر إجهاد رئيسي (σ_1) كما فى الإختبار السابق

$$\sigma_1 = (\sigma_1 - \sigma_3) + \sigma_3$$

(ز) نحسب قيم الإجهاد الفعال الأكبر والأصغر $(\acute{\sigma_3}, \acute{\sigma_1})$ من العلاقات:

$$\acute{\sigma_1} = \sigma_1 - u$$

$$\acute{\sigma_3} = \sigma_3 - u$$

حيث:

u ضغط المياه البيئي

(ح) يتم تحديد قيمتي $(C_{cu}\ ,\ \Phi_{cu})$ و $(C_{cu}{}',\ \Phi_{cu}{}')$ حسابياً أو عن طريق رسم دوائر مور.

2/6 تسجيل النتائج

ويجب أن تتضمن النتائج ما يلي:

(1) أبعاد العينة

(ب) الكثافة الكلية للعينة، ومحتوى الرطوبة، ودرجة التشبع.

يتم تسجيل قيمة مقاومة التماسك (C_{cu}) $(C_{cu}{}')$ بوحدات كيلو نيوتن /م^2 لأقرب عدد صحيح، وزاوية الاحتكاك (Φ_{cu}) $(\Phi_{cu}{}')$ لأقرب 0.5 درجة. كما يتم رسم شكل العينة بعد الانهيار.

جدول(٢-٢٥-٢) نتائج إختبار القص السريع بعد التضاغط
مع قياس ضغط المياه البينية

المشروع : رقم الجسة :
الموقع : عمق العينة :
رقم العينة : وصف التربة :
قطر العينة: ارتفاع العينة :
وزن وحده الحجوم الكلية: محتوى الرطوبة:
درجة التشبع: إرتفاع العينة قبل القص :
معدل التحميل: مساحة مقطع العينة قبل القص:
الضغط المحيط(σ_3) : معامل حلقة قياس الأحمال :
القراءة الابتدائية للأنبوبة المدرجة: التغير فى إرتفاع العينة :
القراءة بعد التضاغط: التغير فى حجم العينة :
التاريخ:

الزمن دقيقة	قراءة مقياس الاستطالة	قراءة مقياس حلقة الأحمال	(ΔL) مم	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_{o,.}}$	المساحة المصححة مم^2	القوة كيلو نيوتن	فرق الاجهاد $(\sigma_1-\sigma_3)$ كيلو نيوتن/م^2	ضغط المياه البينية (u) كيلو نيوتن/م^2

معاملات القص الكلية بعد التضاغط Φ_{cu} = , C_{cu} =
معاملات القص الفعالة Φ'_{cu} = , C' =

3/ اختبار القص البطىء

3/1 الغرض من الاختبار :-

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد قيمة معاملات مقاومة القص للتربة الطينية المشبعة من خلال تحديد الانهيار لعينة محملة رأسياً ومحاطة بضغط منتظم باستخدام الهواء أو السائل وذلك عند إنهيار العينة، يتم إجراء هذا الاختبار ببطء، مما يسمح للماء بالخروج من العينة وعدم السماح لتكون ضغط للمياه البيئية طوال هذا الاختبار.

3/2 الجهاز :-

يتم استخدام الجهاز الموضح سابقًا في الاختبارالسابق.

3/3 عينة :-

يتم اتباع كافة الخطوات التي سبق اتباعها في الاختبارالسابق.

3/4 الطريقة :-

(1) يتم وزن العينة بالدقة المطلوبة.

(ب) يتم ربط الغلاف المطاطي بقالب التلبيس عن طريق ثني نهايته على القالب من الأسفل ومن الأعلى، ويتم تفريغ الهواء المحبوس بين الغلاف وسطح القالب.

(ج) دهن السطح الداخلي للغلاف المطاطي بشحم السيليكون.

(د) يوضع قرص مسامي مشبع بالماء على قرص القاعدة ، وتوضع العينة في الغلاف بعد وضع ورق ترشيح مشبع بالماء حولها ، ويثبت الغلاف على قرص القاعدة بحلقة رباط أو شيء من هذا القبيل. يتم بعد ذلك وضع القرص المسامي العلوي المشبع بالماء على سطح العينة ويوضع فوقها قرص التحميل ويتم تثبيت الغلاف عليه بحلقة رباط بنفس الطريقة السابقة. يتم تجميع خلية الضغط الثلاثي ثم تركيبها بحيث ينطبق محور العينة على محور التحميل.

(هـ) قم بتحريك قضيب الأحمال لأعلى ولأسفل قرص التجميل للتأكد من سلامة تشغيله ووضعه مع محور قرص التحميل مع الحرص على عدم تحميل العينة خلال ذلك بما لا يزيد عن 5.0% من الضغط المتوقع، وإذا يزيد وزن القضيب عن 0.5% من الحمل المتوقع، يتم تثبيته بعيدًا عن قرص التحميل حتى نهاية توقيع الضغط المحيط ثم يعيد القضيب لملامسة قرص التحميل قبل بدء الاختبار.

(و) توصيل أجهزة توقيع الضغط المحيط وأجهزة التحكم فيه وكذلك توصيل الأنبوبة المدرجة.

(ز) يتم ملء خلية الضغط الثلاثية بالسائل إذا تم استخدامها بدلا من الهواء ومن ثم يتم توقيع الضغط المحيط كما يوجد ضغط بيني على العينة، بحيث يكون الضغط المحيط أعلى من الضغط البيئى بقيمة 14 إلى 28 كيلو نيوتن / م^2 (0.14 إلى 0.28 كجم / سم^2). تعتمد قيمة الضغط البيئى على النفاذية ودرجة تشبع العينة. اترك العينة وقتا كافيا يسمح بعملية التشبع. ثم يُفتح الصمام المتصل بالأنبوب المُدرج ليتم تضاغط العينة.

(ح) يتم أخذ قراءات الأنبوب المدرج حتى الثبات ويمكن قياس التغير في ارتفاع العينة.

(ط) يتم تسجيل ضغط سائل الخلية على قضيب الحمل الرأسي، وكذلك ضغط الاحتكاك، بحيث يتم تصحيح قراءة الأحمال الرأسية المقاسة لاحقًا، أو يتم ضبط قراءة الحلقة للتعويض عن الاحتكاك وضغط الخلية.

(ي) يعاد تلامس قضيب التحميل المتصل بحلقة القياس مع أعلى العينة. تضبط الأنبوبة المدرجة بحيث يكون منسوب الماء في منتصف ارتفاع العينة.

(ك) يتم التحميل ببطء شديد لمنع نشوة ضغط المياه البيئية.

يمكنك اتباع طريقة المحاولة والخطأ للعثور على معدل التحميل المناسب. إذا تم تحديد معامل التضاغط للتربة (C_v) يتم حساب الوقت اللازم لإتمام الاختبار حتى الانهيار - مع مراعاة أن الدرجة التى يختفي ضغط الماء البيني بنسبة 95% - من العلاقة التالية:

$$t_f = \frac{20\ h^2}{\eta\ C_v}$$

حيث :

t_f زمن التحميل حتى الانهيار

h ارتفاع العينة

C_v معامل التضاغط

η معامل يؤخذ 0.75 أو 3 إذا كان تصرف العينة من نهاية واحدة أو من نهايتيها على التوالي. ويؤخذ 32 في حالة التصرف القطري فقط، 40.4 في حالة التصرف من الطرفين وقطرياً أيضاً.

(ل) يتم تسجيل القراءات حتى حدوث الانهيار أو وصول الانفعال إلى 20%، ويتم إيقاف التحميل عند حدوث هبوط مفاجئ في قيمة الحمل بنسبة 20% أو عند حدوث انفعال 5% بعد حدوث أقصى فرق إجهاد، مع الأخذ في الاعتبار أخذ القراءات الكافية لرسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال مع زيادة القراءات في بداية الاختبار وعند اقتراب نهايته.

(م) بعد حدوث الانهيار، تتم إزالة كافة الضغوط، ويتم تصريف سائل الخلية، وفحص العينة، ورسم شكل الانهيار.

(ن) يتم وزن العينة وتجفف وتحديد محتوى الرطوبة لها.

(س) يتكرر الاختبار ثلاث مرات على الأقل على عينات متماثلة مع تغيير قيمة الضغط المحيط.

3/5 الحسابات :-

(أ)يتم حساب الإنفعال المحوري (ε) من المعادلة

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

(ب) يتم حساب مساحة المقطع المتوسطة من المعادلة

$$A = \frac{A_o}{1 - \varepsilon}$$

(ج) احسب فرق الإجهاد $(\sigma_1 - \sigma_3)$ المقابل لحمل الموقع من المعادلة.

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

(د) ارسم العلاقة بين فرق الإجهاد والانفعال، حيث يوقع فرق الإجهاد على المحور الرأسي ويكون الانفعال على المحور الأفقي وهو ما يحدد الإجهاد والانفعال عند الانهيار. ترسم العلاقة بين الانفعال المحوري ونسبة التغير في حجم العينة إلى حجمها قبل التحميل.

(هـ) لتصحيح تأثير الغلاف المطاطي على فراغات التربة اللينة إذا كان الخطأ الناتج عند استخدامه في فرق الإجهاد تزيد عن 5% تستخدم المعادلة.

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4M\ \varepsilon\ (1 - \varepsilon)}{D_o}$$

(و) يتم حساب قيمة أكبر إجهاد رئيسي فعال σ_1 من العلاقة.

$$\sigma_1 = (\sigma_1 - \sigma_3) + \sigma_3$$

(ز) يتم تحديد قيم $(C_d\ ,\ \Phi_d)$ حسابياً أو بالرسم من دوائر مور.

3/6 تسجيل النتائج :-

يجب أن تتضمن النتائج ما يلي:

(1) أبعاد العينة.

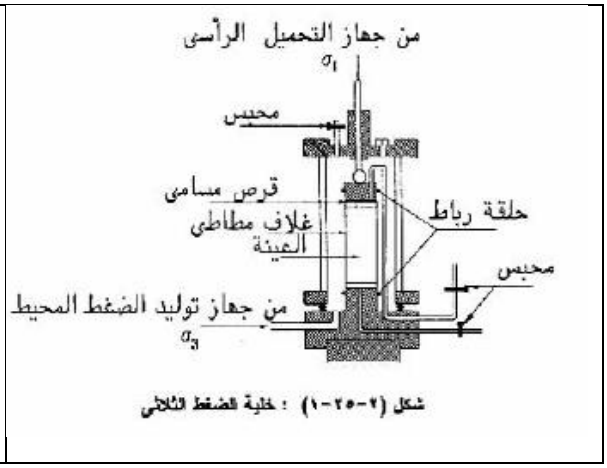
(ب) وزن وحدة الحجوم الكلية ومحتوى الرطوبة ودرجة التشبع.

يتم تسجيل قيمة مقاومة التماسك (C_d) بوحدات كيلو نيوتن / م^2 لأقرب عدد صحيح وزاوية الاحتكاك (Φ_d) لأقرب 0.5 درجة. كما يتم رسم شكل العينة بعد الانهيار.

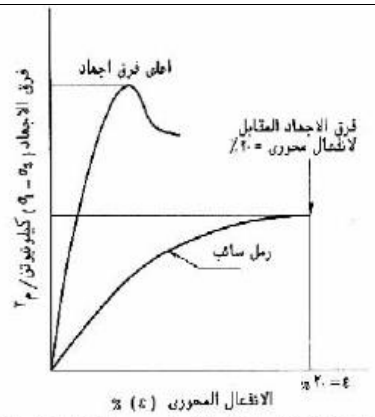
جدول (٢-٢٥-٣) نتائج اختبار القص البطئ باستخدام جهاز الضغط ذو الثلاثة محاور

المشروع :	رقم الجسة :
الموقع :	عمق العينة :
رقم العينة:	شكل التربة :
قطر العينة:	ارتفاع العينة :
وزن وحده الحجوم الكلية:	محتوى الرطوبة:
درجة التشبع:	ارتفاع العينة قبل القص:
معدل التحميل:	مساحة مقطع العينة قبل القص:
الضغط المحيط (σ_3):	معامل حلقة قياس الأحمال:
القراءة الابتدائية للأنبوبة المدرجة:	التغير فى ارتفاع العينة:
القراءة بعد التضاغط:	التغير فى حجم العينة:
التاريخ:	

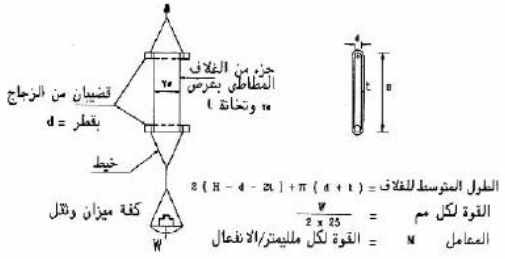
الزمن دقيقة	قراءة مقياس الاستطالة	قراءة مقياس حلقة الأحمال	(ΔL) مم	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$	$1-\varepsilon =$	المساحة المصححة سم^2	فرق الاجهاد $(\sigma_1 - \sigma_3)$ كيلو نيوتن/م^2	قراءة الانبوبة المدرجة مم^3



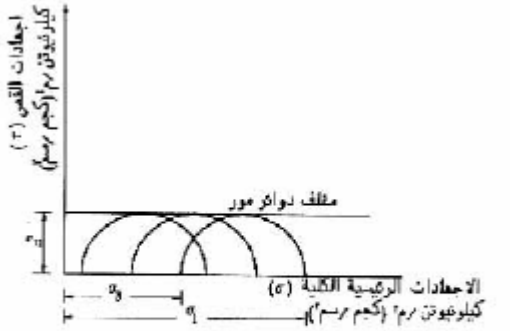
شكل (٢-٢٥-١) : خلية الضغط الثلاثى



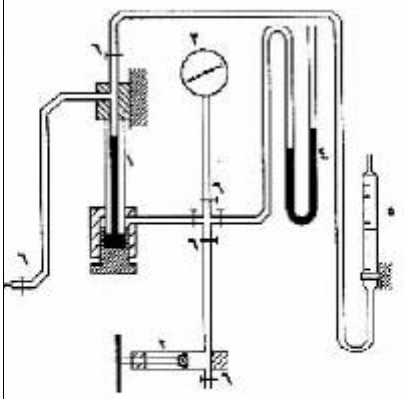
شكل (٢-٢٥-٢): نتائج إختبار القص السريع بجهاز الضغط ذى الثلاثة محاور



شكل (٢-٢٥-٣): تعيين معامل إنفعال الغلاف المطاطى (M)

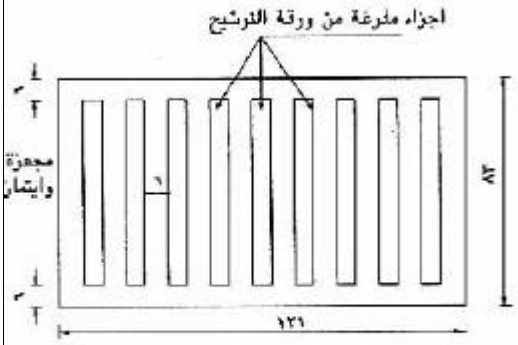


شكل (٢-٢٥-٤) : مظلف مور لاختبار القص السريع

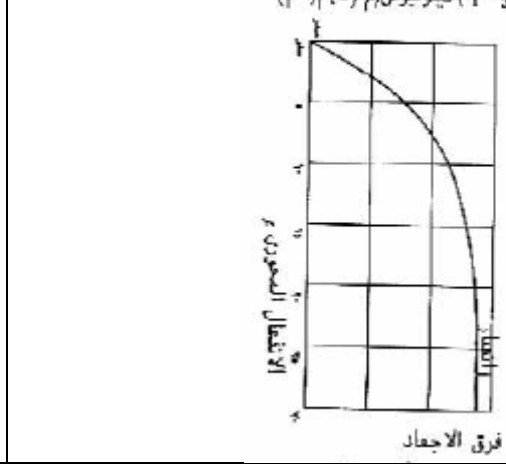


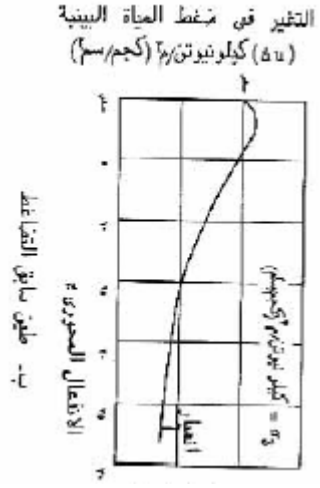
١ – مبين الضغط الصفرى (بالزئبق) ٢- جهاز تحكم هيدرول
٣- مقياس ضغط ٤- مانومتر (ضغط) ز
٥- أنبوبة مدرجة ٦- محابس

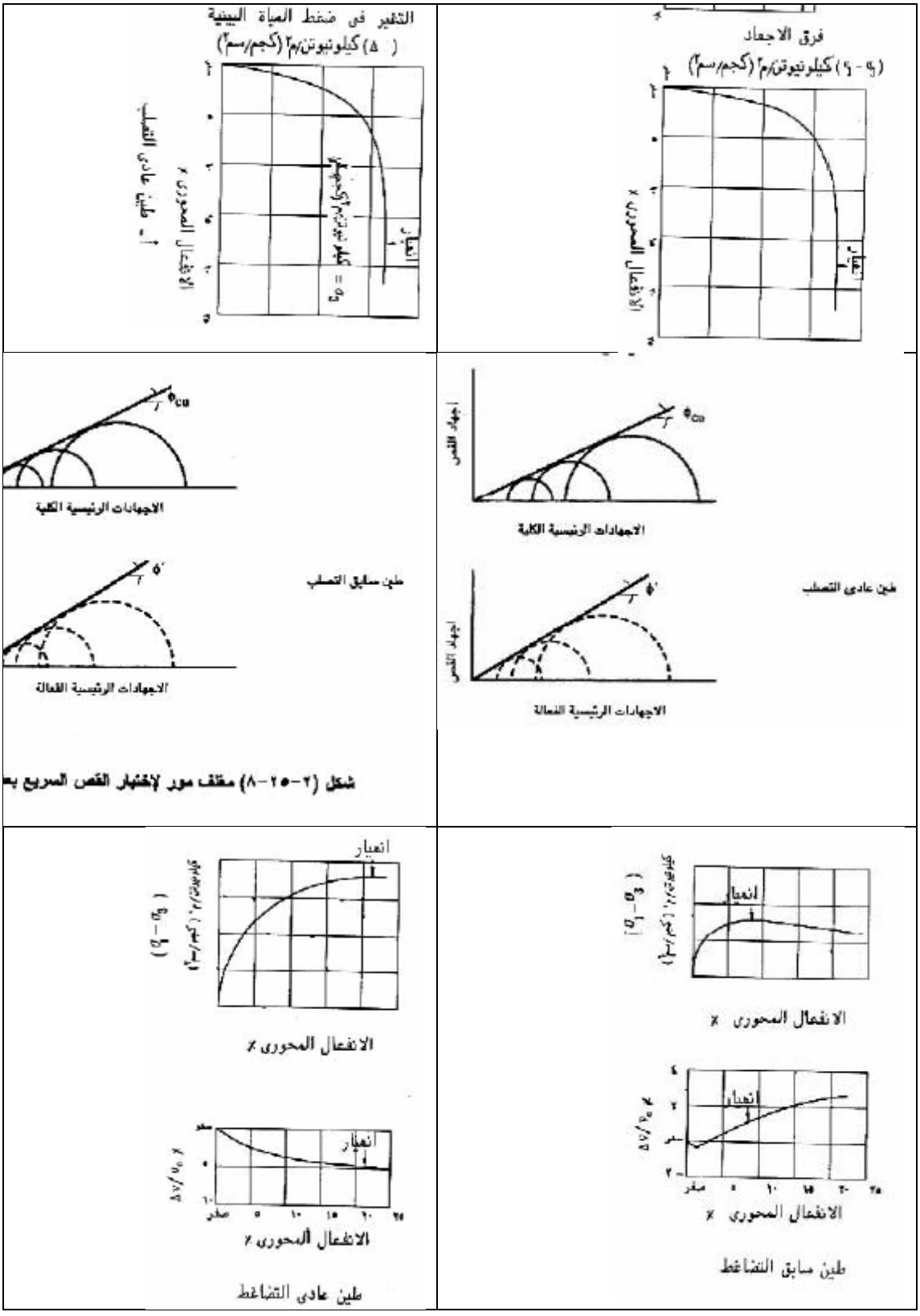
شكل (٢-٢٥-٥) : مجموعة قياس ضغط الم



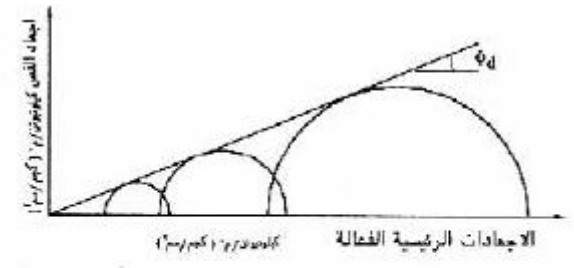
شكل (٢-٢٥-٦): ورقة ترشيح مجهزة للصرف الجانبى للم



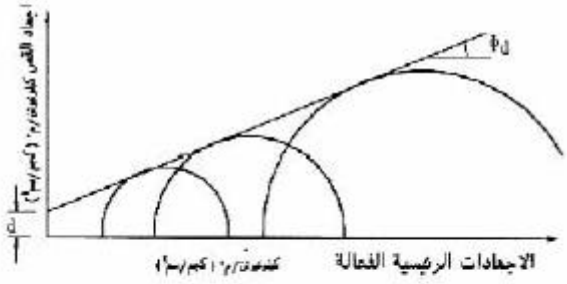




شكل (٢-٢٥-٨) مقلف مور لإختبار القص السريع بـ



أ- طين عادى التضاغط



ب- طين سابق التضاغط

شكل(٢-٢٥-١٠): مغلف مور لإختبار القص البطئ

دليل معمل الهندسة الصحية

معمل الهندسة الصحية قاعة (١٠٤)

قائمة بالأجهزة المتوفرة:

١. فرن كهربي
٢. جهاز حضانة كهربائية
٣. ميكروسكوب معملي
٤. جهاز تعقيم
٥. جهاز تقطير
٦. حمام مائي
٧. جهاز سنتر فيوج
٨. ماصات اتوماتيكيه متغيرة
٩. جهاز فوتوميتر متعدد القياس بواسطة الكواشف
١٠. جهاز قياس كمية الاكسجين الذائب في الماء
١١. جهاز قياس معاملات المياه الطبيعية والكيميائية
١٢. قياس كمية الاكسجين الكيميائي
١٣. جهاز قياس نسبة العكارة
١٤. جهاز قياس درجة الحموضة

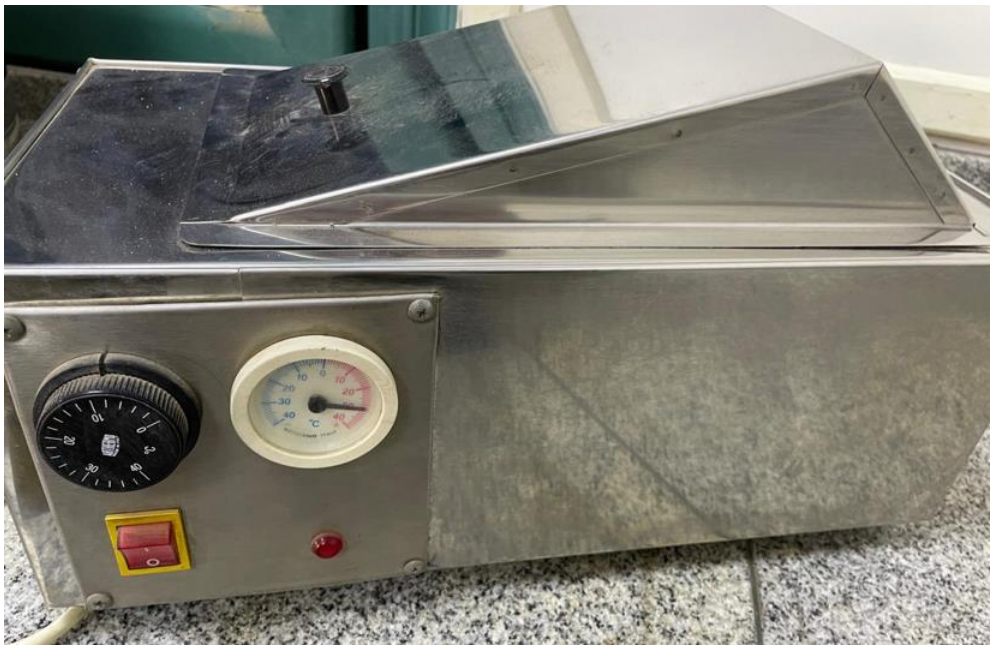
بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**فرن كهربي**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	تجفيف وازالة الرطوبة من العينات وتسخينها

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز حضانة كهربائية**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	توفير وسط مناسب من حيث درجة الحرارة لزراعة البكتيريا وتكاثرها ونموها

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**١. ميكروسكوب معملي**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	فحص العينات والتحاليل البيكترولوجية

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز تعقيم**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	تعقيم الادوات

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز تقطير**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	تقطير الماء

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**حمام مائي**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	تسخين العينات التي تحتوي علي مواد كيميائية قابلة للاشتعال

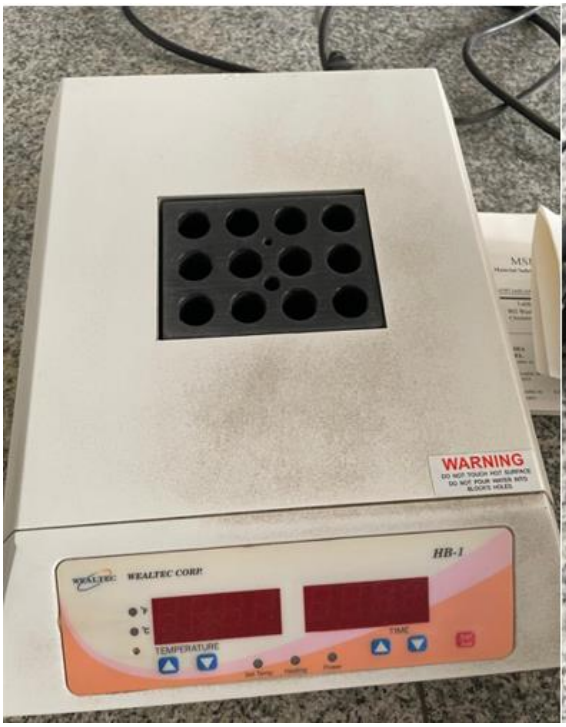
بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز سنتر فيوج**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	فصل المواد الصلبة عن السوائل او فصل السوائل طبقا لكثافتها المختلفة

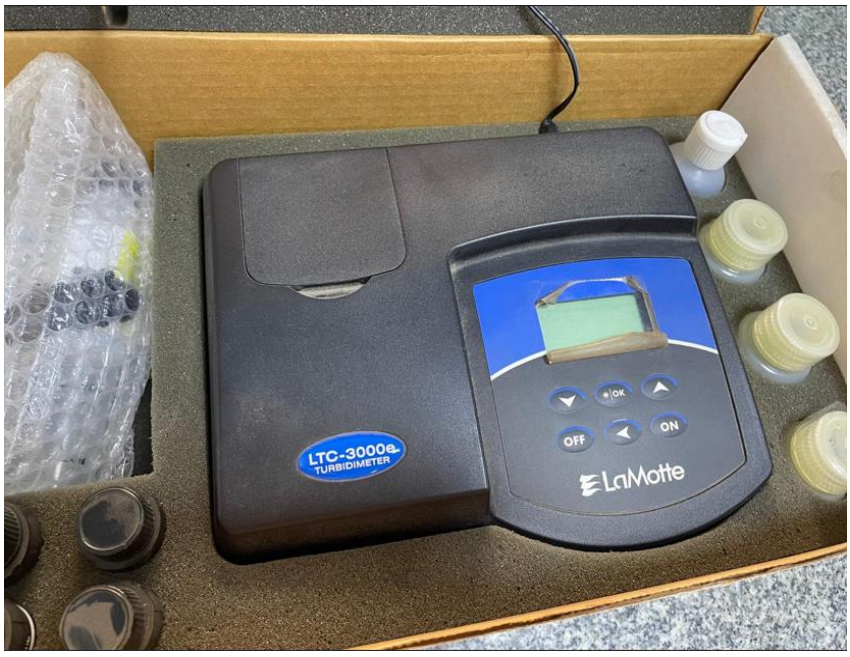
بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**ماصات اتوماتيكيه متغيرة**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	معايرة ونقل كميات دقيقة من السوائل

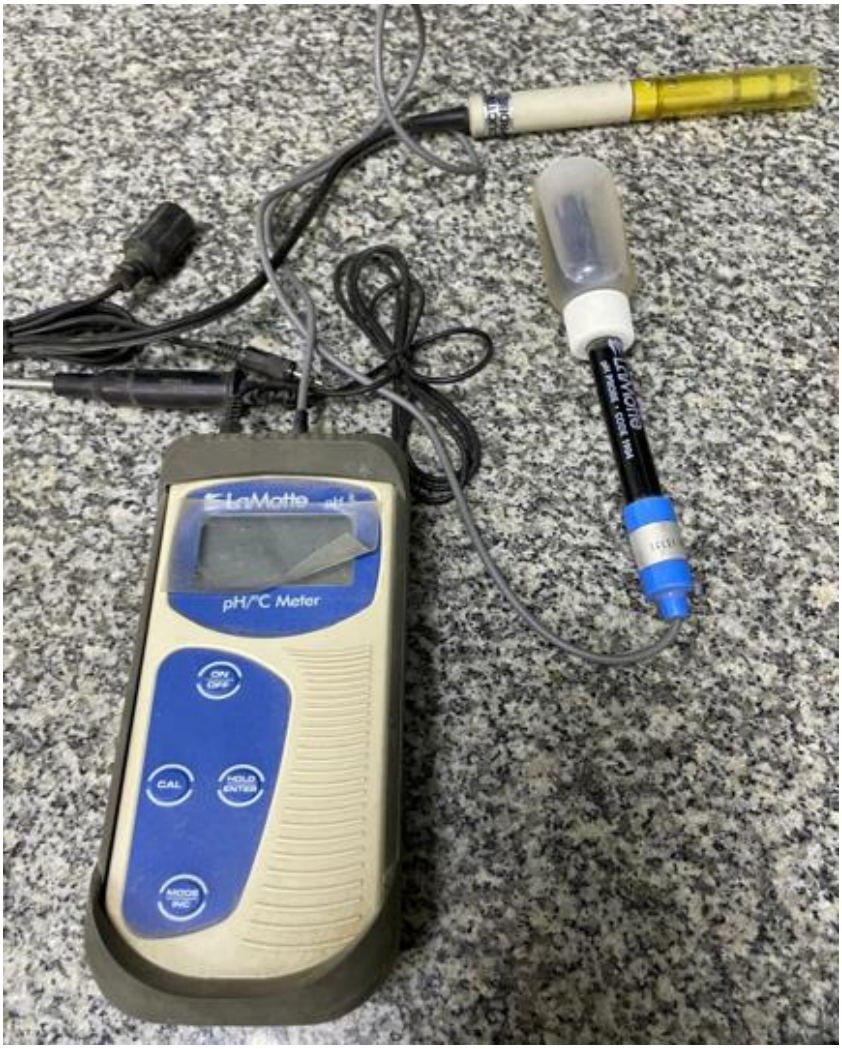
بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز سبكتروفوتوميتر متعدد القياس بواسطة الكواشف(spectrophotometer)**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	قياس المركبات العضوية والغير عضوية والمعادن الثقيلة في المياه

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز قياس كمية الاكسجين الذائب في الماء**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	قياس كمية الاكسجين المذاب في الماء

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز قياس معاملات المياه الطبيعية والكيميائية**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	قياس العوامل الطبيعية والكيميائية للماء مثل : التوصيلة الكهربية والمواد الصلبة الذائبة والملوحة ودرجة الحرارة

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز قياس كمية الاكسجين الكيميائي**
موديل الجهاز	HK-CH11-A09
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	**قياس كمية الاكسجين الكيميائي في الماء**

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز قياس نسبة العكارة**
موديل الجهاز	
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	قياس عكارة المياه

بيانات الاجهزة الموجودة بالمعمل	
اسم الجهاز	**جهاز قياس درجة الحموضة**
صورة الجهاز	
استخدام الجهاز	قياس درجة حموضة المياه

FLUID MECHANICS AND HYDRAULICS LABORATORY MANUAL

Course # (……..)

Course Title: ……

Semester: (……)

Instructor: ……

Group ….

Experiment No. ……

Title of Experiment: ……

Names	ID.s
1.	

Date of Experiment: ……

Time of Experiment……

Lab. Instruments

Basic hydraulic bench (GUNT-HM 150)

Bernoulli's principle demonstrator (GUNT-HM 150.07)

Orifice and jet velocity apparatus (GUNT-HM 150.09)

Impact of jet apparatus (GUNT-HM 150.08)

`

SAFETY PRECAUTIONS

Clothing: When handling dangerous substances, wear gloves, laboratory coats, and safety shield or glasses. Shorts and sandals should not be worn in the lab at any time. Shoes are required when working in the machine shops.

1. Wear safety glasses or face shields when working with hazardous materials and/or equipment.

2. Keep the work area clear of all materials except those needed for your work.

3. Students are responsible for the proper disposal of used material if any in appropriate containers.

4. Obtain permission before operating any high voltage equipment.

5. When using compressed air, use only approved nozzles and never directs the air towards any person.

6. Guards on machinery must be in place during operation.

7. Exercise care when working with or near hydraulically- or pneumatically-driven equipment.
8. Sudden or unexpected motion can inflict serious injury.

9. Clean your lab bench and equipment, and lock the door before you leave the laboratory.

`

EXPERIMENT NO: 1

VERIFICATION OF BERNOULLI'S EQUATION

OBJECTIVE:

To understand the Bernoulli's theorem through an experiment.

OUTCOME:

The student will be able to verify the total head of an incompressible liquid is always constant.

SCOPE:

The knowledge of Bernoulli's theorem is used for flow measuring device like Venturimeter, Orificemeter & Pitot tube.

APPARATUS:

Bernoulli's apparatus, Controlling valve at inlet and outlet, Discharge Measuring Tank, Scale, Stopwatch etc.

EXPERIMENTAL SET UP:

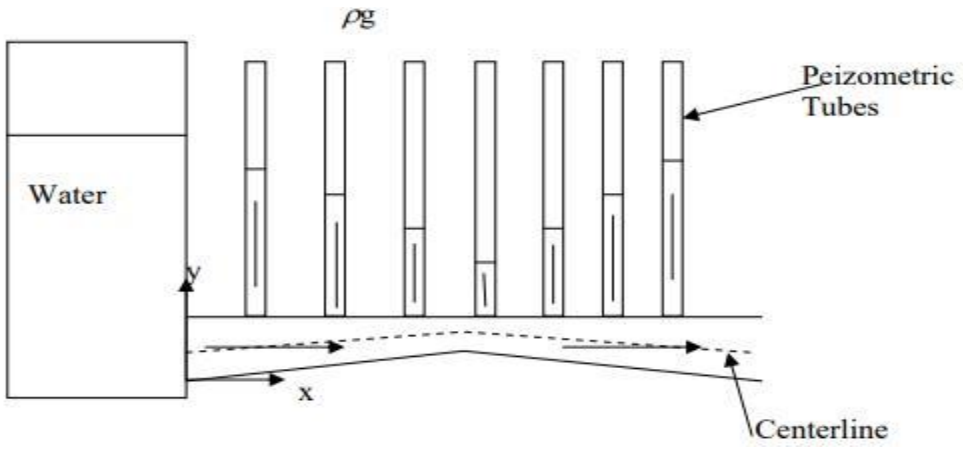


Fig.1 Experimental set up.

PROCEDURE:

1. The apparatus should be accurately leveled by means of screws provided at the base.
2. Connect the water supply to the radial diffuser in the upstream tank.
3. Adjust the level of the discharge pipe by means of the stand and clamp provided to a convenient position.
4. Allow water to flow through the apparatus until all air has been expelled and steady flow conditions are achieved. This can be accomplished by varying the rate of inflow into the apparatus and adjusting the level of the discharge tube.

`

5. Readings may then be taken from the piezometer tubes and the flow through the apparatus measured.
6. A series of readings can be taken for various through flows.

THEORY:

Bernoulli's principle formulated by **Daniel Bernoulli (1700-1780)** states that as the speed of a moving fluid increases (liquid or gas), the pressure within the fluid decreases. Although Bernoulli deduced the law, it was Leonhard Euler who derived Bernoulli's equation in its usual form in the year 1752. "Bernoulli's theorem states that, the sum of pressure energy, kinetic energy and potential energy per unit volume of an incompressible, non-viscous fluid in stream line flow remains constant". This statement is called Bernoulli's theorem with reference to section 1 – 1 and 2 – 2 along the length of steady flow in the stream tube. The total energy at section 1 – 1 is equal to the total energy at section 2 – 2 as stated in Bernoulli's theorem.

FORMULA:

Total energy at Section 1 – 1 = $P_1 / \gamma g + V_1^2 / 2g + Z_1$
Total energy at section 2 – 2 = $P_2 / \gamma g + V_2^2 / 2g + Z_2$
Where,
$P / \rho g$ = Pressure head
$V^2 / 2g$ = Kinetic head
Z = Potential head

OBSERVATION:

Area of pipe (a) (m^2)	**Time for 10cm rise of water (sec)**	**Actual discharge Qact =AH/t (m^3/sec)**	**Velocity = Qact/a (m/sec)**	**Velocity head $V^2/2g$ (m)**	**Pressure head $P/\gamma g$ (m)**	**Datum head (Z) (m)**	**Total head $P/\gamma g + V^2/2g + z$ (m)**

1. **Actual discharge:**

   Qact =AH/t

2. **Velocity:**

   Qact/a =

3. **Velocity head:**

   $V^2/2g$ =

4. **Total head:**

   $P/\rho g + V^2/2g + z$ = constant

`

GRAPH:

The graphs of pressure head, velocity head and total head are drawn at various crosssections, taking the cross section area on X-axis.

RESULT:

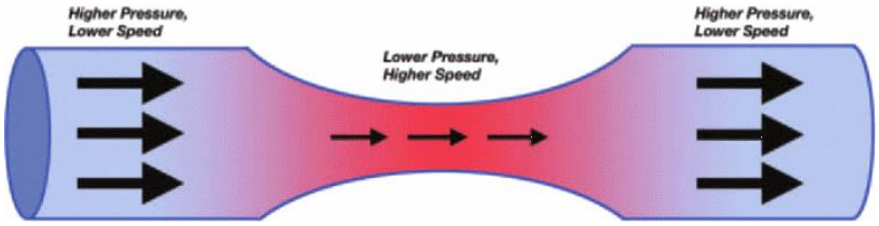
The total energy of a streamline, while the particle moves from one point to another. Bernoulli's theorem for an incompressible fluid flow is verified.

Viva Questions:

1. Bernoulli's Equation is a mathematical expression of _____?
2. A stagnation point is a point in fluid flow where total energy is ?
3. When is Bernoulli's equation applicable between any two points in a flow field?
4. Bernoulli's equation relates various forms of ?
5. Bernoulli's equation mathematically is written as ?
6. Velocity head is given by ?
7. The piezometric head is the summation of ?
8. Eulers equation (in differential form) is written as ?
9. In hydraulic gradient line indicates the variation of ?
10. What are the different types of heads in fluid ?
11. What are the practical applications of Bernoulli's equation ?
12. The total energy line is always _____ the hydraulic gradient line
13. The vertical distance between TEL and HGL represents ?
14. The units of total energy is ?
15. The Bernoulli's equation written in the conventional form represents?
16. What is the basic principle of Bernoulli's equation ?
17. What are the assumptions used in Bernoulli Equation?
18. What is the similarity between Bernoulli's equation and energy equation
19. What is the di-similarity between Bernoulli's equation and energy equation
20. Which forces are neglected to obtain Euler's equation of motion from Newton's second law of motion?
21. Chimney works best on principle of ?
22. When a fluid's pressure decreases, what happens to the speed of the fluid?
23. State the Bernoullis theorem ?
24. What are the precautions taken in this experiment?
25. What are the basic equations of fluid mechanics?
26. What is the purpose of Bernoulli's principle?
27. Which apparatus is used to verify the Bernoulli's theorem?
28. What are the names of tubes in Bernoulli's apparatus?
29. Name the parts of Bernoulli's apparatus.
30. What is energy gradient line?

PRACTICAL APPLICATIONS

Bernoulli's Energy Equation can be applied in practice for the construction of flow measuring devices such as Venturimeter, flow nozzle, orifice meter and Pitot tube, Furthermore, it can be applied to the problems of flow under a sluice gate, free liquid jet, radial flow and free vortex motion. It can also be applied to real incompressible fluids with good results in situations where frictional effect is very small.



MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Verify the Bernoulli's theorem.
2. Show that for an incompressible liquid the total head is always constant.
3. Find the total head of an incompressible liquid using Bernoulli's apparatus.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTION

1. Determine the pressure head, velocity head and datum head & total head for an incompressible fluid flow in a pipe.
2. State Bernoulli's theorem. Conduct the experiment and show that the total head is constant.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=3IKYQ7BYU2g**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=ev-3wrE8WWQ**

`

EXPERIMENT NO: 2

DETERMINATION OF COEFFICIENT OF DISCHARGE FOR A SMALL ORIFICE BY CONSTANT HEAD METHOD

OBJECTIVE:

To determine the co-efficient of velocity [C_v] co-efficient of contraction [C_c] and co-efficient of discharge [C_d] for circular orifice by constant head method.

OUTCOME:

The student will be able to find the actual and theoretical discharges and hydraulic coefficients.

SCOPE:

The knowledge of hydraulic coefficients for a small orifice mainly used to find the discharge.

APPARATUS:

An Orifice fitted across a pipeline leading to a collecting tank, Stop Watch

EXPERIMENTAL SETUP:

The orifice meter consists of a throat tiling device (an orifice plate) inserted in the flow. This orifice plate creates a measurable pressure difference between its upstream and downstream sides. This pressure is then related to the flow rate. Like the Venturimeter, the pressure difference varies directly with the flow rate. The co-efficient of discharge is 0.62-0.67 for orifice meter.

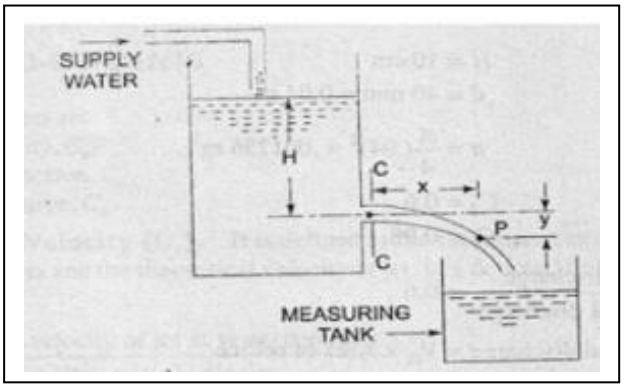


Fig.2 Experimental setup

PROCEDURE:

1. Measure the diameter of the orifice.
2. Supply water to the tank.
3. When the head at the tank (measured by a piezometer attached to the tank) is steady record the reading of the manometer.
4. Measure the x and y co-ordinate of the jet from the vena contracta.
5. Measure the flow rate.
6. Repeat the procedure for different combinations of discharge.

`

THEORY:

Orifice is a small opening of any cross section such as circular, triangular, rectangular, on a side or on the bottom of the tank, through which a fluid flows. Orifices are used for measuring the rate of flowing fluid. The water is allowed to flow through an orifice fitted to tank and a constant head 'h'. The water is collected in measuring tank for known time ' t '. The height of water in the measuring tank is noted. Then the actual discharge through the orifice was calculated.

FORMULA:

Q_{act} = AH/t

Coefficient of discharge = C_d= Q_{act}/Q_{the}

Coefficient of velocity = C_v = Actual velocity/theoretical velocity

OBSERVATION:

Diameter of the orifice (d) = Area of orifice (a) =

S.No	Constant Head (h) (m)	Time required for 10cm Rise of water (t)(sec)	Actual discharge Qact (m^3/sec)	Theoretical discharge Qthe (m^3/sec)	Coefficient of discharge Cd = Qact/Qthe	Pointer reading (m)		Coeff. of velocity (Cv)	Coeff. of contraction (Cc)
						x	y		
1.									
2.									
3.									

1. **Actual discharge:**
   Qact = AH/t =

2. **Theoretical discharge:**
   Qthe = $ax\sqrt{(2gh)}$ =

3. **Coefficient of discharge:**
   Cd = Qact/Qthe =

4. **Coeff.of velocity:**
   Cv = $\sqrt{(x^2/4yH)}$ =

5. **Coeff.of contraction:**
   Cc=Cd/Cv =

GRAPH:

Draw a graph between Qact vs $\sqrt{h}$. Take Qact in Y axis.

`

RESULT:

The mean values of hydraulic coefficients are as follows:

a) Coefficient of discharge, Cd = _____

b) Coefficient of velocity, Cv = _____

c) Coefficient of contraction, Cc = _____

Viva Questions:

1. Define an orifice.
2. For what purpose orifices are used?
3. What are the applications of orifices?
4. What is Vena Contracta?
5. Which diameter is less? Orifice or Pipe
6. What is the diameter of the orifice in the experiment?
7. What are the hydraulic coefficients?
8. What is meant by coefficient of discharge?
9. Define the coefficient of velocity.
10. Define the coefficient of contraction.
11. What is the use of measuring tank?
12. What is discharge? What is its unit?
13. What is mass flow rate Mention its unit?
14. What is volume flow rate? write its unit.
15. State the equation for theoretical discharge for orifice meter.
16. How will you find out actual discharge?
17. Describe the principle of manometers and its uses?
18. What is the theoretical velocity of jet of water coming out from orifice?
17. Mention the types of orifice meters.
18. Distinguish between small orifice and large orifice
19. What is meant by constant head?
20. Write the formula for loss of head in orifice meter.
21. The top edge of the orifice is always _____ (above/below) the free surface
22. In orifice it is convenient to work in terms of _____ pressures(gauge/absolute)
23. An orifice is said to be _____ (submerged/discharging free) when it discharges into another liquid
24. What is the range of coefficient of discharge for small orifice?
25. Write the formula for discharge through an orifice.
26. Write the formula for a time taken by an orifice for emptying tank.
27. Give any two practical applications of Bernoulli's equation.
28. The coefficient of discharge through an orifice meter is _____ (small/equal/greater) than the venture meter
29. List out any two precautions in the experiment.
30. What is the difference between orifice and mouth piece?

PRACTICAL APPLICATIONS

The usual purpose of an orifice is the measurement or control of flow from a reservoir. The orifice is frequently encountered in engineering practice operating under a static head where it is usually not used for metering but rather as a special feature in a hydraulic design. Another problem of orifice flow, which frequently arises in engineering practice, is that of discharge from an orifice under falling head, a problem of unsteady flow.

MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the orifice diameter (d) required by constant head method. Take Coefficient of discharge $C_d = 0.6$.
2. Determine the coefficient of discharge for the give orifice diameter 15 mm by constant head method.
3. Determine the actual discharge in the pipe for the given orifice. Take $C_d = 0.6$.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTION

1. Find the hydraulic coefficients (C_d, C_c, C_v) for the given orifice.
2. What are the methods available for finding the coefficient of discharge for a small orifice? Conduct the experiment and find the C_d value.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=xq_IgKAPt_c**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=F6NubRmW7tE**

EXPERIMENT NO: 3

CALIBRATION OF VENTURIMETER / ORIFICE METER

OBJECTIVE:

To determine the co-efficient of discharge [C_d] for Venturimeter and Orificemeter.

OUTCOME:

The student will be able to find the actual and theoretical discharges and co-efficient of discharges.

SCOPE:

The knowledge in practical application of Bernoulli's theorems through Venturimeter and Orifice meter.

APPARATUS:

Venturimeter/Orifice meter fitted across a pipeline leading to a collecting tank, Stop Watch, U-Tube manometer connected across entry and throat sections etc.

EXPERIMENTAL SETUP:

Venturimeter and Orifice meter are working on the principle on Bernoulli's equation. Venturimeter and Orifice meter is a device used for measuring the rate of fluid flowing through a pipe. Venturimeter consists of three parts 1. Converging cone part, 2. Throat. 3. Diverging cone part. Orifice meter consist of orifice plate with concentric hole at center.

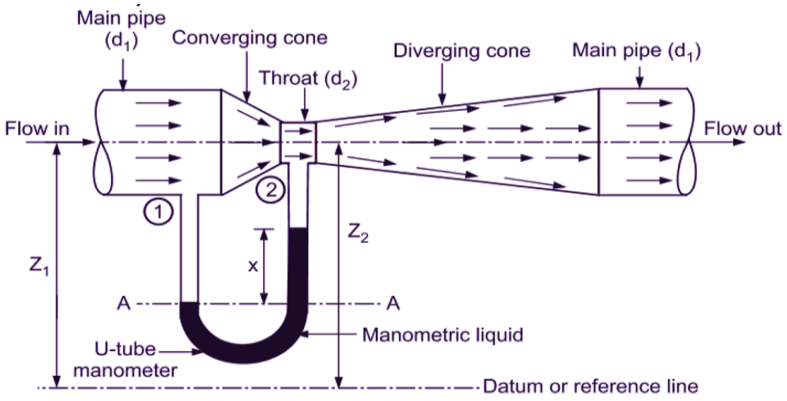


Fig.3.1 Venturimeter

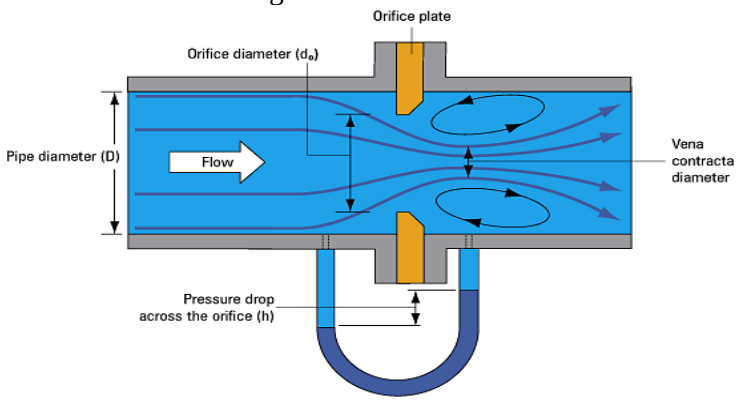


Fig.3.2 Orifice meter

`

PROCEDURE:

1. Set the manometer pressure to the atmospheric pressure by opening the upper valve.
2. Now start the supply at water controlled by the stop valve.
3. One of the valves of any one of the pipe open and close all other of three.
4. Take the discharge reading for the particular flow.
5. Take the reading for the pressure head on from the u-tube manometer for corresponding reading of discharge.
6. Now take three readings for this pipe and calculate the Cd for that instrument using formula.
7. Now close the valve and open valve of other diameter pipe and take the three reading for this.
8. Similarly take the reading for all other diameter pipe and calculate Cd for each.

THEORY:

Clemens Herschel (1842 – 1930) was an American hydraulic engineer. His career extended from about 1860 to 1930, and he is best known for inventing the Venturimeter, which was the first large-scale, accurate device for measuring water flow. Venturimeter is a device consisting of a short length of gradual convergence and a long length of gradual divergence. Pressure tapping is provided at the location before the convergence commences and another pressure tapping is provided at the throat section of a Venturimeter. The Difference in pressure head between the two tapping is measured by means of a U-tube manometer.

An Orificemeter is used to measure the discharge in a pipe. An Orificemeter in its simplest form consists of a plate having a sharp edged circular hole known as an orifice. The plate is fixed inside the pipe.

Orifice meters need calibration a priori where a known quantity of fluid is passed through the flow meter and the differential pressure across the flow meter related to the actual mass flow rate through a discharge coefficient given as the ratio of actual to theoretical mass flow rate. Two methods of knowing the actual mass flow rate are- measurement of time for collection of a finite volume of fluid and measurement of mass collected in a certain amount of time.

A mercury U-tube manometer is inserted to know the difference of pressure head between the two tapping. Orifice meter works on the same principle as that of Venturimeter i.e. by reducing the area of flow passage a pressure difference is developed between the two sections and the measurement of pressure difference is used to find the discharge.

FORMULA:

Coefficient of discharge = $C_d = Q_{act}/Q_{the}$

$Q_{act} = A.H/t$

$Q_{the} = a1\ a2\ /\sqrt{a1^2-a2^2} * \sqrt{2gh}$ ……. For Venturimeter

$Q_{the} = a1\ ao/\ /\sqrt{a1^2-ao^2} * \sqrt{2gh}$ ……. For orifice meter

`

OBSERVATION:

a) Venturimeter

S.No	Manometer reading pressure difference Hm (m)	Head loss h(m)	Time required for 10cm Rise of water (t) (sec)	Actual discharge Qact (m^3/sec)	Theoretical discharge Qthe (m^3/sec)	Coefficient of discharge $Cd = Q_{act}/Q_{the}$
1.						
2.						
3.						

a) Orifice meter

S.No	Manometer reading pressure difference Hm (m)	Head loss h(m)	Time required for 10cm Rise of water (t) (sec)	Actual discharge Q_{act} (m^3/sec)	Theoretical discharge Q_{the} (m^3/sec)	Coefficient of discharge $Cd = Q_{act}/Q_{the}$
1.						
2.						
3.						

Diameter of inlet pipe (d1) = Area of inlet pipe (a_1) =

Diameter of throat (d2) = Area of throat (a_2) =

Diameter of orifice (do) = Area of orifice (a_0) =

1. Head loss (h)= $(S_m/S_w - 1)Hm$

2. Actual discharge:

$Q_{act} = AH/t$

3. Theoretical discharge (Venturimeter):

$Q_{the} = a1\ a2\ /\sqrt{a1^2 - a2^2} * \sqrt{2gh}$

Theoretical discharge (Orifice meter):

$Q_{the} = a1\ ao\ /\sqrt{a1^2 - ao^2} * \sqrt{2gh}$

4. Coefficient of discharge:

$C_d = Q_{act}/Q_{the}$

GRAPH:

Draw a graph between Qact vs √h and Qact vs Qthe. Take Qact in Y axis.

RESULT:

a) Coefficient of discharge (Cd) for Venturimeter =

b) Coefficient of discharge (Cd) for Orifice meter =

Viva Questions:

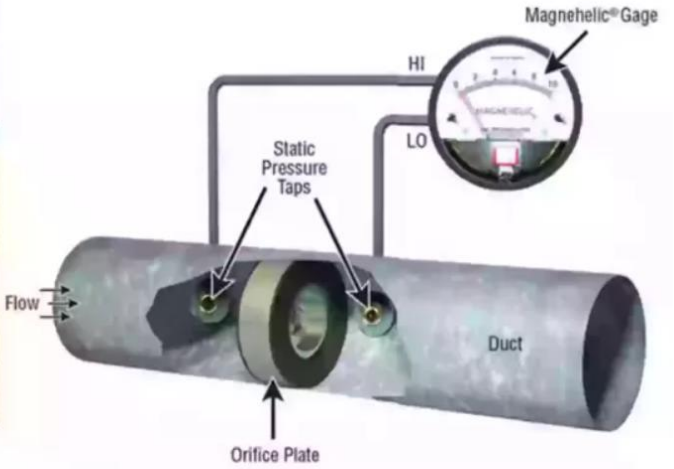
1. Draw the Venturimeter and mention the parts.
2. Why the divergent cone is longer than convergent cone in Venturimeter?
3. Compare the merits and demerits of Venturimeter with orifice meter.
4. Why Cd value is high in Venturimeter than orifice meter?
5. Mention few discharge measuring devices
6. What is the use of Venturimeter?
7. What is Venturimeter constant?
8. What is the principle of Venturimeter?
9. Why is the pressure difference between entrance and throat section increased due to friction?
10. It is recommended that the diffuser angle of a venturimeter should be kept less than _____
11. Define venturimeter
12. List out the types of venturimeters
13. Define horizontal Venturimeter
14. Define vertical Venturimeter
15. Define inclined Venturimeter
16. What is the use of horizontal Venturimeter?
17. What is the use of vertical Venturimeter?
18. What is use of inclined Venturimeter?
19. What is the range of throat ratio?
20. What is the range of Cd for Venturimeter?
21. Venturimeter are suitable for measuring low velocities or high velocities ?
22. Who found Venturimeter?
23. In which year Venturimeter is found
24. Write the discharge formula of Venturimeter.
25. What is meant by calibration?
26. What is meant by convergent section in Venturimeter?
27. What are the materials used in construction of Venturimeter?
28. What are the precautions to be taken in this experiment?
29. Define venture effect.
30. For what purpose Venturimeter is used?

`

PRACTICAL APPLICATIONS

Venturimeter & Orificemeter is a measuring or also considered as a meter device that is usually used in industries to measure the flow of a fluid in the pipe. A Venturimeter may also be used to increase the velocity of any type fluid in a pipe at any particular point. Both Venturimeter & Orifice meter basically works on the principle of Bernoulli's Theorem.

Venturimeter



orifice meter

MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the actual discharge in the pipe for the given Venturimeter. Take Cd = 0.95.
2. Determine the actual discharge in the pipe for the given Orificemeter. Take Cd = 0.65.
3. Find the velocity of water in the pipe. Take the coefficient of discharge of Venturimeter as 0.95.
4. Find the velocity of water in the pipe. Take the coefficient of discharge of Orificemeter as 0.65.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTIONS

1. Find the coefficient of discharge (C_d) for the given Venturimeter.
2. Calculate the coefficient of discharge (C_d) for the given Orifice meter.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=3wfUev6TQv0**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=NsW-8FjgjpY**

EXPERIMENT NO: 4

CALIBRATION OF TRIANGULAR / RECTANGULAR NOTCH / TRAPEZOIDAL NOTCH

OBJECTIVE:

To determine the co-efficient of discharge [C_d] for Triangular/Rectangular notch/Trapezoidal notch.

OUTCOME:

The student will be able to find the actual and theoretical discharges and co-efficient of discharges.

SCOPE:

The knowledge in practical applications notches through Triangular/Rectangular/Trapezoidal notch experiments.

APPARATUS:

Channel with triangular/rectangular notch, Point gauge, Collecting tank, Stop watch, Scale

EXPERIMENTAL SETUP:

The notch is a thin steel plate which placed across a channel to measure the rate of flow of water. Based on the shape of the crest notches are classified into rectangular notch, triangular notch and trapezoidal notch.

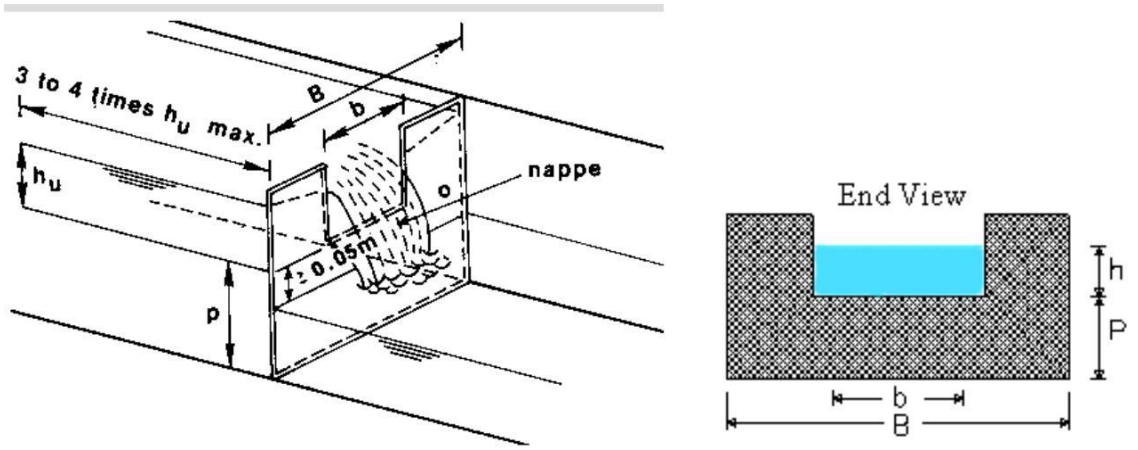


Fig 4.1 Rectangular Notch

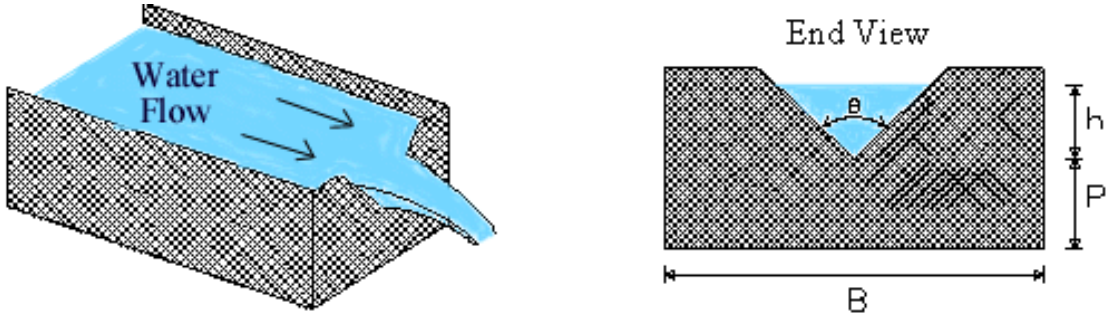


Fig 4.2 Triangular Notch

`

PROCEDURE:

1. Position the notch plate at the end of approach channel, in a vertical plane, with the sharp edge on the upstream side.
2. Admit water to channel until the water discharges over the notch plate.
3. Close the flow control valve and allow water to stop flowing over weir.
4. Set the point gauge to a datum reading (H1).
5. Position the gauge about half way between the notch plate and stilling baffle.
6. Admit water to the channel and adjust flow control valve to obtain heads (H2).
7. For each flow rate, stabilize conditions, measure and record H.
8. Take readings of volume and time using the volumetric tank to determine the flow rate.

THEORY & FORMULA:

A notch is a device used for measuring the rate of flow of a liquid through a small channel or a tank. It may be defined as an opening in the side of a tank or a small channel in such a way treat the liquid surface edge of the opening.

a) Rectangular notch

Consider a rectangular notch provided in channel or tank carrying water. Let, H = Head of water of still or crest. b = width of notch.

For finding the discharge of water flowing over notch, consider an elementary horizontal strip of water of thickness 'dh' and length surface of water.

The area of strip = b x dh

∴ Theoretical discharge Q_{the} :

$$Q = \int_0^H C_d . b . \sqrt{2.g} . \sqrt{h} . dh$$

$$Q = C_d . b . \sqrt{2.g} . \int_0^H \sqrt{h} . dh$$

$$Q = C_d . b . \sqrt{2.g} \frac{(H)^{3/2}}{3/2}$$

$$Q_{th} = \frac{2}{3} b \sqrt{2.g} (H)^{3/2}$$

b) Triangular notch

Theoretical discharge for the entire triangular notch may be integration above expression within limit O to H. Then,

$$Q = \int_0^H C_d . \times 2(Hh + H) \tan(\theta/2) dh . \sqrt{2.gh} .$$

`

Assuming coefficient C_d to be constant for entire notch

$$Q = C_d \times 2(H+h)\tan(\theta/2)\int_0^H \sqrt{h}(dh)$$

$$Q = C_d \times 2(H+h)\tan(\theta/2)\left[\frac{2}{3}H.h^{3/2} - \frac{2}{5}h^{5/2}\right]_0^H$$

$$Q = \frac{8}{15}C_d\left[\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]\sqrt{2.g}(H)^{5/2}$$

OBSERVATION:

a) Rectangular notch:

Width of crest in rectangular notch (B) =

S.No	Difference in water depth (H) (m)	Time required for 10cm Rise of water (t) (sec)	Actual discharge Q_{act} (m^3/sec)	Rectangular notch Theoretical discharge Q_{the} (m^3/sec)	Rectangular notch Coefficient of discharge Cd = Qact/Qthe
1.					
2.					
3.					

b) Triangular notch:

Triangular notch included angle (θ) =

S.No	Difference in water depth (H) (m)	Time required for 10cm Rise of water (sec)	Actual discharge Q_{act} (m^3/sec)	Triangular notch Theoretical discharge Q_{the} (m^3/sec)	Triangular notch Coefficient of discharge Cd = Qact/Qthe
1.					
2.					
3.					

1. **Actual discharge:**

Q = AH/t (H = 0.1m)

2. Theoretical discharge (Rectangular notch):

$$Q_t = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\ \mathrm{BH}^{3/2}.$$

3. Theoretical discharge (Triangular notch):

$$Q_t = \frac{8}{15}\sqrt{2g}\ \tan\frac{\theta}{2}H^{5/2}$$

4. Coefficient of discharge:

C_d (Rectangular) = Qact/Qthe

C_d (Triangular) = Qact/Qthe

`

GRAPH:

1. Plot a graph between Qact vs $H^{3/2}$ and Qact vs Qthe. Take Qact in Y axis for Rectangular notch.
2. Plot a graph between Qact vs $H^{5/2}$ and Qact vs Qthe. Take Qact in Y axis for Triangular notch.

RESULT:

a) Coefficient of discharge of Rectangular notch =

b) Coefficient of discharge of Triangular notch =

Viva Questions

1. Define a notch.
2. Define a weir.
3. Distinguish between a notch and weir.
4. What are the types of notches?
5. What is velocity approach?
6. Write the expression for the discharge over a rectangular notch.
7. Write the expression for the discharge over a triangular notch.
8. What are the advantages of triangular notch over rectangular notch?
9. What do you understand by end contraction of weir?
10. A notch is generally made off _____
11. The head due to velocity of approach is given by_____
12. What is the application of Notches?
13. Is the Coefficient of discharge a constant for all notches? Why?
14. What is Crest height?
15. Define nappe.
16. What are the applications of notch/weirs?
17. An error of 1% in measuring head over the apex of the notch (*H*) will produce an error of
18. _____ in discharge over a triangular notch.
19. An error of 1% in measuring head over the apex of the notch (*H*) will produce an error of
20. _____ in discharge over a rectangular notch. .
21. What are the precautions to be made in this experiment
22. The error in the discharge due to the error in the measurement of head over a rectangular notch or weir is given by_____
23. The error in the discharge due to the error in the measurement of head over a Triangular notch or weir is given by_____
24. For measuring the flow of water in river which measuring device is used_____
25. Which material is used to construct weir _____
26. Notch is usually made of _____
27. What is the angle used in triangular notch?
28. What is the coefficient of discharge for triangular notch?
29. What is the coefficient of discharge for rectangular notch?
30. The discharge over a rectangular notch is proportional to _____

`

PRACTICAL APPLICATIONS

Notches are generally used to measure flow rate in an open channel flow.In real life applications it is used for seepage measurement of dam in foundation, inspection and top galleries and toe-drains in reservoirs. When small quantity of flow need to be measured the V-notch is preferable because the triangular cross-section of the flow 'nappe' leads to a relatively greater variation in head. V-notch has the advantage that it can function for a very small flows and also measure reasonably larger flows as well.

Rectangular Notch

Triangular Notch

MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the actual discharge in the open channel flow using rectangular notch. Take coefficient of discharge of the notch as 0.62.
2. Determine the width of crest of the rectangular notch. Take coefficient of discharge of the notch as 0.62.
3. Determine the included angle of the triangular notch. Take coefficient of discharge of the notch as 0.8.
4. Determine the actual discharge in the open channel flow using triangular notch. Take coefficient of discharge of the notch as 0.8.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTIONS

1. Find the Coefficient of discharge for the given Rectangular notch having 10cm crest width.
2. Calculate the Coefficient of discharge for the given Triangular notch having 60° included angle.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=HGQM913rI10**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=K2NyRPGPS-8**
3. **https://www.youtube.com/watch?v=YaQkU5FfigM**

EXPERIMENT NO: 5

DETERMINATION OF MINOR LOSSES IN PIPE FLOW

(Sudden Expansion & Sudden Contraction)

OBJECTIVE:

To determine the loss of head due to sudden expansion & sudden contraction in the pipe flow.

OUTCOME:

The student will be able to find the minor losses and its effects on the pipe flow.

SCOPE:

The knowledge in various minor losses in the pipe flow is necessary for the design of pipes, calculating velocity and discharge in the pipe flow.

APPARATUS:

Pipe of smaller diameter connected to larger diameter, Pipe of larger diameter connected to smaller diameter inlet, outlet valves, collecting tank, stop watch etc.

EXPERIMENTAL SETUP:

Two pipe of cross-sectional area A1 and A2 flanged together with a constant velocity fluid flowing from smaller diameter pipe. This flow breaks away from edges of narrow edges section, eddies from and resulting turbulence cause dissipation of energy. The initiations and onset of disturbances in turbulence is due to fluid momentum and its area.

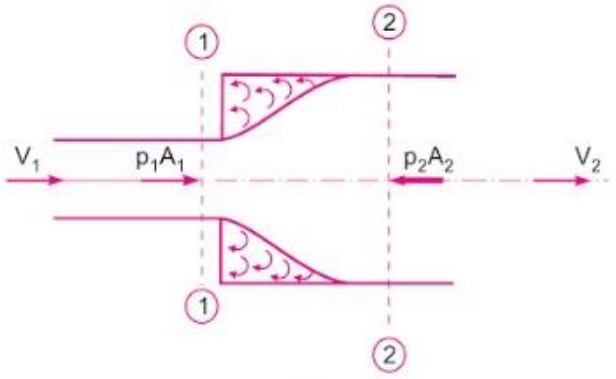


Fig.5.1 Sudden Expansion

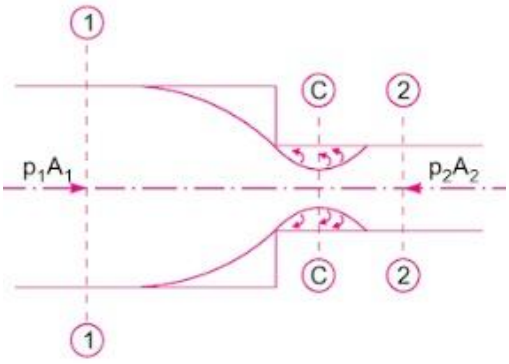


Fig.5.2 Sudden Contraction

`

PROCEDURE:

1. Measure the diameter of the pipes.
2. Prime the mercury manometer
3. Connect the test section pipe to the main water supply pipe
4. Open flow control valve, priming test section and pipe work.
5. Open clips on water manometer, allowing water to circulate through the system until all the air is expelled.
6. Close pipe clips.
7. Bleed mercury manometers via bleed sewers in conjunction with control valves
8. Close flow control valve.
9. Observe datum level on manometers.
10. To achieve maximum flow fully open flow control valve. Note levels in manometer and measure flow rate. Repeat for different control valve position.

THEORY:

a) Sudden expansion:

Loss of energy duet to change of velocity of the flowing fluid in magnitude or direction is called as minor loss of energy. Consider a fluid flowing through a pipe line which has sudden enlargement. Consider two section 1 – 1 and 2 – 2 before and after enlargement.

Let,

P1 = Pressure intensity at section 1 – 1.

V1 = Velocity of flow at section 1 – 1.

A1 = Area of pipe at section 1 – 1.

P2, V2 and A2 = Corresponding values of pressure, velocity & area at section 2 - 2.

Due to sudden change of diameter, the liquid flowing from smaller pipe is not able to fallow abrupt change of boundary and turbulent eddies are formed, since the flow separates from the boundary.

Let,

P1 = Pressure intensity of the liquid eddies on Area A2 – A1,

he = Loss of head due to expansion.

Applying Bernoulli's equation at section 1 – 1 and 2 – 2.

—

$$\frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

But Z1 = Z2

$$h_e = \left(\frac{p_1}{w} - \frac{p_2}{w}\right) + \left(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g}\right) \text{ ------- 1}$$

`

Consider the control volume of liquid between 2 sections.

$Fx = P_1 A_1 + P_1 (A_2 - A_1)\ P_2 A_2 = (P_1 - P_2) A_2$ ----------2.

Momentum of liquid / sec at section 1 –1 = Mass x Velocity

$= \varrho A_1 V_1 \cdot V_1$

$= \varrho A_1 V_1^2$

Similarly Momentum of liquid / sec at section 2 – 2 = $\varrho A_2 V_2^2$

∴Change of momentum / Sec $= \varrho A_2 V_2^2 - \varrho A_2 V_2 \times V_1$

$= \varrho A_2 (V_2^2 - V_1 V_2)$ ------- 3.

Net force acting on the control vol. in the direction of flow must be equal to the rate of change of momentum per second. Hence equating equation 2 and 3.

$$(P_1 - P_2) A_2 = \varrho A_2 (V_2^2 - V_1 V_2)$$

On solving we get $He = (V_1 - V_2)^2 / 2g$

Where :

He = Loss of head due to sudden expansion.

V_1 = Velocity of flow at smaller section.

V_2 = Velocity of flow at larger Section.

b) Sudden contraction:

Water is flowing from large diameter pipe to smaller diameter pipe as shown in figure. The loss of head due to sudden contraction is actually due to sudden enlargement from vena-contracta to sec.2.

$$Hc = 0.5V_2^2 / 2g$$

OBSERVATION:

a) Sudden expansion:

S.No	Difference in manometric reading (m)	Pressure head difference (m)	Time required for 10cm rise of water (t) sec	Actual discharge (Qact) (m^3/sec)	Inlet velocity V_1 (m/sec)	Outlet velocity V_2 (m/sec)	Head loss due to expansion (m) $He = (V_1-V_2)^2/2g$
1.							
2.							
3.							

Diameter of smaller pipe (d1) =

Diameter of larger pipe (d2) =

1. **Pressure head loss (H)** = $(S_m/S_w - 1)Hm$

2. **Actual discharge:**

$$Qact = AH/t$$

3. **Inlet velocity (V_1)** $= 4Q/Jd_1^2$

4. **Outlet velocity (V_2)** $= 4Q/Jd_2^2$

5. **Loss of head (He)** $= (V_1-V_2)^2/2g$

b) Sudden contraction:

S.No	Difference in manometric reading (m)	Pressure Head loss (m)	Time required for 10cm rise of water (sec)	Actual discharge (Qact) (m^3/sec)	Outlet velocity V_2 (m/sec)	Head loss due to contraction $Hc = (0.5V_2)^2/2g$
1.						
2.						
3.						

Diameter of larger pipe (d1) =

Diameter of smaller pipe (d2) =

1. **Pressure head loss (H) =** $(S_m/S_w -1)Hm$

2. **Actual discharge:**

Qact = AH/t

3. **Inlet velocity (V_1)** $= 4Q/\pi d_1^2 =$

4. **Outlet velocity (V_2)** $= 4Q/\pi d_2^2 =$

5. **Loss of head (Hc)** $= 0.5V_2^2/2g =$

GRAPH:

1. Draw the graph between Qact vs Head loss due to expansion. Take Qact in Y axis
2. Draw the graph between Qact vs Head loss due to contraction. Take Qact in Y axis

RESULT:

a) Head loss due to sudden expansion (H_e) =

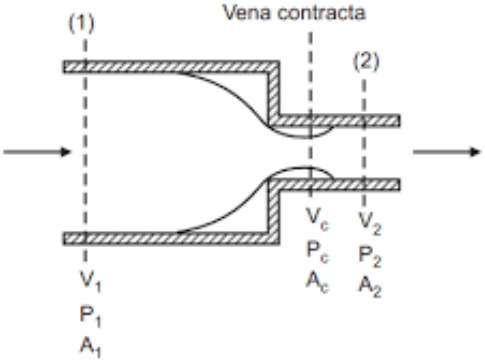
b) Head loss due to sudden contraction (H_c) =

Viva Questions:

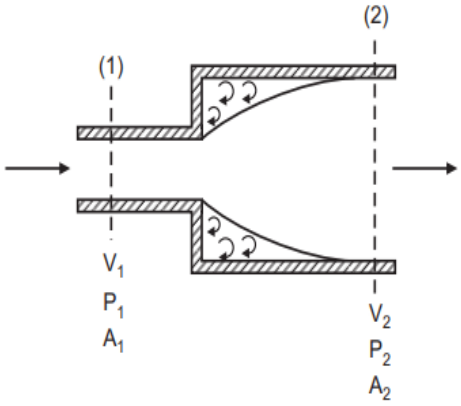
1. Minor losses occur due to _____
2. Minor losses do not make any serious effect in _____
3. What is the correct formula for loss at the exit of a pipe?
4. Loss of head due to sudden enlargement is given by ?
5. Loss of head due to sudden contraction is given by ?
6. Write the formula for loss of head at the entrance to pipe ?
7. Write the formula for loss of head at the exit of pipe ?
8. Write the formula for loss of head at the bend in pipe ?
9. Define Minor losses.
10. Define Cc in loss of head due to contraction.
11. What is the value of Cc?
12. What is the difference between friction factor and coefficient of friction?
13. What is loss coefficient?
14. What is pipe?
15. What are the types of flow of fluid in a pipe?
16. What is frictional resistance?
17. What is the effect of change in Reynold's number on friction factor in turbulent flow?
18. The friction factor in fluid flowing through pipe depends upon_____
19. What are the units of loss of head due to friction?
20. What is the equation to determine head loss for minor losses?
21. How many types of energy losses are there?
22. Major losses are due to?
23. What are the precautions taken in this experiment?
24. What are the formulas used to measure major energy losses?
25. What is the chezy's formula for measuring the loss of head due to friction?
26. Why does the pressure a long a horizontal pipe go on decreasing?
27. What is hydraulic gradient line?
28. In a pipe where the velocity of flow is high
29. Are the loss coefficients constant?
30. Distinguish between major loss, minor loss and head loss.

PRACTICAL APPLICATIONS

In practical setting, fluid flows through different pipe fittings such as sudden contraction, sudden enlargement valve, elbow or bend, tee section etc. Sudden changes in the flow path result in secondary flow patterns, denoted as separation region and vena contracta. In the pipe network there may sudden change in pipe diameter, In any change in pipe diameter there is considerable head loss and we need to calculate the loss. From this experiment, we can determine the coefficient to calculate the losses.



Sudden Contraction



Sudden expansion

MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the loss of head due to sudden expansion and sudden contraction.
2. Determine the minor losses in the pipe flow.
3. Determine the power lost due to sudden expansion and sudden contraction.
4. Determine the actual discharge in the pipe flow due to sudden expansion & contraction

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTIONS

1. Find the minor losses due to sudden expansion and sudden contraction in the pipe flow.
2. How minor losses occur in the pipe flow? Conduct an experiment find the head loss due to sudden expansion and sudden contraction.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=7tI_1qVOAE4**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=6z4NZY-iwZQ**

`

EXPERIMENT NO: 6

DETERMINATION OF FRICTION FACTOR OF A PIPE LINE

OBJECTIVE:

To investigate the friction factor (f) for a pipe carrying water.

OUTCOME:

The student will be able to find the major loss due to friction and its effects in a pipe flow.

SCOPE:

The knowledge in major loss in the pipe flow is necessary for the design of pipes, calculating velocity and discharge in a pipe flow.

APPARATUS:

U – tube manometer connected across a pipe line, Stop Watch, Collecting tank.

EXPERIMENTAL SETUP:

The equipment used in the experiment was the fluid flow setup and the materials used were steel tape, stopwatch and thermometer. Water was used as the working fluid. The pump was primed and started in order for the fluid to initiate the flowing along the pipelines. Collecting tank collects the water for calculating volumetric flow rate.

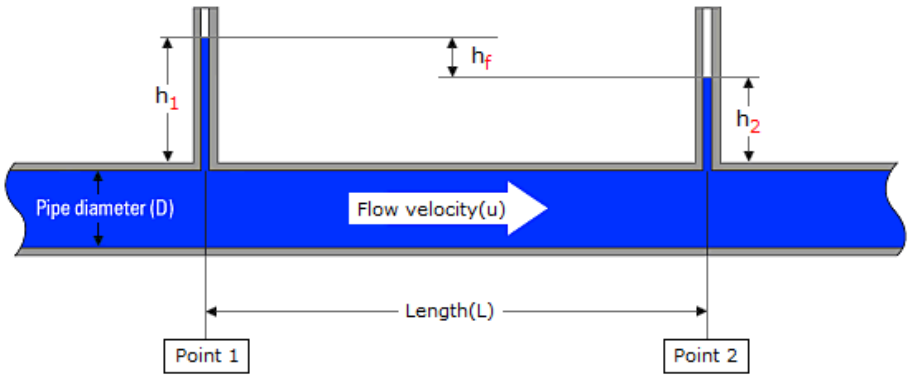


Fig.6 Experimental setup

PROCEDURE:

1. Measure the diameter of the pipe and distance between the two tapings.
2. Prime the mercury manometer.
3. Connect the test section pipe to the main water supply pipe.
4. Open flow control valve, priming test section and pipe work.
5. Open clips on water manometer, allowing water to circulate through the system until all the air is expelled.
6. Close pipe clips.
7. Bleed mercury manometer via bleed screws in conjunction with the control valves.
8. Close flow control valve.

`

9. Observe datum level on manometer.
10. To achieve maximum flow fully open flow control valve. Note levels in manometer and measure flow rate. Repeat for different control valve position.

THEORY:

In fluid dynamics, the **Darcy–Weisbach** equation is an empirical equation that relates the head loss, or pressure loss, due to friction along a given length of pipe to the average velocity of the fluid flow for an incompressible fluid. The equation is named after Henry Darcy and Julius Weisbach (1806-1871). A pipe is a closed conduit which is used for carrying fluids under pressure. Pipes are commonly circular section. As the pipes carry fluids under pressure, the pipes always run full.

The fluid flowing in a pipe is always subjected to resistance due to shear forces between fluid particles and the boundary walls of the pipe and between the fluid particles themselves resulting from the viscosity of the fluid. The resistance to the flow of fluid is, in general known as frictional resistance. Since certain amount of energy possessed by the flowing fluid will be consumed in overcoming this resistance to the flow, there will always be some loss of energy in the direction of flow, which however depends on the type of flow, W.froude conducted a series of experiments to investigate frictional resistance offered to the flowing water by different surfaces.

As per Darcy Weisbach equation

$$hf = 4flv^2/2gd.$$

Above equation is used to find loss of head due to friction in pipes. Here is f friction factor. In order to determine the loss of head due to friction correctly, it is essential to estimate the value of the factor f correctly when a fluid flows through a pipe, certain resistance is offered to the flowing fluid, which results in causing a loss of energy. The various energy losses in pipes may be classified as

i) major losses
ii) minor losses

The major loss of energy, as a fluid of flows through a pipe, is caused by friction. It may be computed by Darcy-Weisbach equation. The loss of energy due to friction is classified as a major loss because in the case of long pipelines it is usually much more than the loss of energy incurred by other causes.

FORMULA:

Loss of head due to friction (hf) = $4flv^2/2gd$

Where,

f = friction factor
l = length of the pipe
v = velocity in the pipe
d = diameter of the pipe

`

is Darcy Weisbach equation which is commonly used for computing the

OBSERVATION:

Diameter of the pipe (d) = Area of the pipe =

Length of the pipe (l) =

S.No	Difference in manometric reading (m) (Hm)	Frictional head loss(h_f) (m)	Time required for 10cm rise of water (t) (sec)	Actual discharge (Qact) (m^3/sec)	Velocity in the pipe (m/sec)	Friction factor (f)
1.						
2.						
3.						

1. **Frictional head loss (hf)** = $(S_m/S_w - 1)Hm$
2. **Actual discharge: Q_{act}** = AH/t
3. **Velocity (V)** = $4Q/\pi d^2$
4. **Friction factor (f)** = $\frac{2 h_f g d}{4lV^2}$ =

GRAPH:

Draw the graph between hf vs $V^2/2g$ with hf on X-axis.

RESULT:

The friction factor "f" for the pipe is found to be _____.

Viva Questions:

1. The major loss for the flow through the pipes is due to the _____
2. Which property of the fluid accounts for the major losses in pipes?
3. In case of laminar flow the loss of head is approximately proportional to its ?
4. In case of turbulent flow the loss of head is approximately proportional to its ?
5. _____formula is generally used for head loss in flow through both pipes
6. The head loss at the entrance of the pipe is that at it's exit
7. Write the formula for head loss in pipes due to friction
8. Write the formula for friction factor(f) using Blasius equation
9. How do we calculate losses for a larger range of Reynolds number?
10. Darcy- Weisbach equation gives relation between_____
11. What happens to the head loss when the flow rate is doubled?
12. The energy loss in a pipe line is due to?
13. In case of turbulent flow through pipes the viscous friction associated with fluid are proportional to ?
14. In formula loss of head due to friction in pipe the factor "f" is known as ?
15. What is pipe?
16. What are the types of flow of fluid in a pipe?
17. What is frictional resistance?
18. What is the effect of change in Reynold's number on friction factor in turbulent flow?
19. The friction factor in fluid flowing through pipe depends upon
20. What are the units of loss of head due to friction?
21. The coefficient of friction interms of shear stress is given by f= ?
22. How many types of energy losses are there
23. Major losses are due to?
24. What are the precaution taken in this experiment?
25. Name the scientist who conducted a series of experiments to investigate frictional resistance offered to the flowing water by different surfaces
26. What are the formulas used to measure major energy losses?
27. What is the chezys formula for measuring the loss of head due to friction?
28. Why does the pressure a long a horizontal pipe go on decreasing?
29. What is hydraulic gradient line?
30. In a pipe where the velocity of flow is high?

`

PRACTICAL APPLICATIONS

Flow through a single pipe line, pipes in series and parallel and also in pipe network system, cause head loss due to friction. The head loss from source to the point of interest due to the friction along the pipe also provides the basis of pipe size (diameter) design. This experiment gives an estimate of head loss due to friction in the pipe per unit length of the pipe.

MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the loss of head due to friction for the given pipe.
2. Determine the difference in actual discharge for the given Stainless Steel pipe and GI pipe of 20 mm diameter.
3. Find the velocity of flow in the given Stainless Steel pipe and GI pipe of 20 mm diameter.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTIONS

1. Find the friction factor for the given Stainless Steel pipe and GI pipe of 20 mm diameter.
2. What is the effect of major loss in the pipe flow? Conduct an experiment find the head loss due to friction.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=f83D4h2LN4I**
2. **https://www.youtube.com/watch?v=tSVwiAc8DWo**

EXPERIMENT NO: 7

DETERMINATION OF ENERGY LOSS IN HYDRAULIC JUMP

OBJECTIVE:

To understand the Energy loss in Hydraulic jump through an experiment.

OUTCOME:

The student will be able to verify the total Energy loss in Hydraulic jump.

SCOPE:

The knowledge of Energy loss in Hydraulic jump is used for flow measuring device like at Dams, rivers and other slope areas.

APPARATUS:

Open Channel Flow Setup, Depth Gauges, Stopwatch

EXPERIMENTAL SETUP:

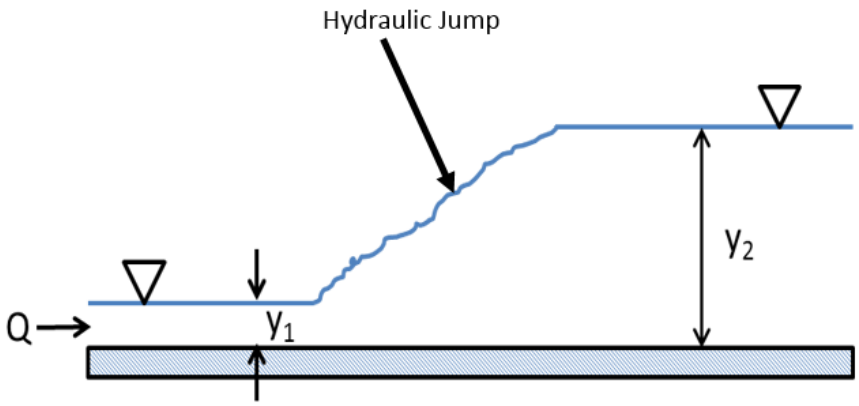


Fig.7 Hydraulic Jump experimental setup

PROCEDURE:

1. Set the channel for a given slope.
2. Close both the inlet and outlet gates.
3. Allow water in the channel.
4. Open the gate II completely.
5. Open the gate I slightly, so that water flows under the gate in supercritical (shooting) condition.
6. Close the gate II gently, so that it causes obstruction to the shooting flow, and a Hydraulic Jump is formed.
7. Regulate the gate II finely that the Hydraulic Jump stays at the middle of the channel.
8. With the help of traveling hook gauge measure the conjugate depths of the flow before and after the Hydraulic Jump, y1 and y2.
9. Note the time taken for 'R' level rise for calculating the actual discharge.

`

THEORY:

Hydraulic jump forms in an open channel when the unstable super critical flow changes to the stable sub critical flow. This change in the flow condition will cause the flow to cross the critical depth. As the water surface slope becomes infinity at the critical depth, the water surface tends to become vertical which is manifested in the formation of a hydraulic jump. Since the hydraulic jump occurs in an abrupt manner over a relatively short distance. It is classified as rapidly varied flow. The flow in a hydraulic jump is accompanied by the formation of turbulent rollers resulting in a considerable dissipation of energy.

The formation of hydraulic jump also known as standing wave occurs frequently in a canal below a regulating sluice, at the foot of a spillway or at the place where the bottom slope of the channel changes from steep to mild.

FORMULA:

1. Velocity before the jump, $V_1 = Q/(W \times y1)$ m/sec
2. Velocity after the jump, $V_2 = Q/(W \times y2)$ m/sec
3. Loss of Energy, $E_L = (y2-y1)^3 / 4y1y2$ m.kg/kg

OBSERVATION:

Depth before jump, $y1$=

Depth after jump, $y2$=

Sl. No.	**Depth before jump (y1) m**	**Depth after jump (y2) m**	**Time taken for 10 cm rise of water in the collecting tank (t) sec**
1.			
2.			
3.			

Sl. No	**Discharge Q (m^3/sec)**	**Velocity V1 (m/sec)**	**Velocity V2 (m/sec)**	**Loss of Energy (E_L)**	**Average Loss of Energy**
1.					
2.					
3.					

1. Actual discharge:

$$Q = \frac{AH}{t} =$$

2. Velocity before the jump, $V_1 = Q/(W\ xy_1) =$

3. Velocity after the jump, $V_2 = Q/(W\ xy_2)) =$

4. Loss of Energy, $E_L = (y_2-y_1)^3 / 4y_1y_2 =$

GRAPH:

Draw the graph between Qact vs Loss of energy.

RESULT:

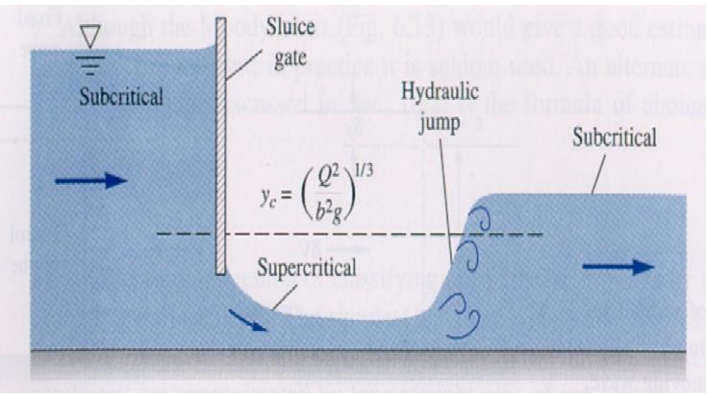
Average Loss of Energy due to Hydraulic Jump, $E_L =$

Viva-Questions

1. Define open channel flow.
2. What is meant by hydraulic jump?
3. Explain zone of zero velocity.
4. Define liquid surface.
5. Define kinetic Energy.
6. Explain energy transition in flow.
7. Explain the phenomenon
8. What is Froude Number?
9. Where Hydraulic Jump does occur?
10. What is the range of Froude Number for Sub Critical and Super Critical Flows?
11. Explain Sub Critical, Super Critical flows.
12. Derive the expression for energy lost due to Hydraulic Jump?
13. Why hydraulic jump occurs?
14. Is it possible for subcritical flow to undergo a hydraulic jump?
15. What are waves?
16. Define celerity of wave.
17. What are surges?
18. What is meant by positive type surge?
19. What is meant by negative type surge?
20. Describe discharge measurement of canal by current meters
21. How hydraulic jump used as an energy dissipater?
22. Describe different kinds of waves.
23. Differentiate between positive and negative surge?
24. What is Reynold's number
25. Explain critical flow.
26. What is critical velocity of flow in open channel?
27. What is the fundamental difference between flow domain and control volume?
28. Define critical speed.
29. Explain transition zone.
30. What is the effect of hydraulic jump on erodible surfaces?

PRACTICAL APPLICATIONS

Usually Hydraulic jump reverses the flow of water. Hydraulic jump usually maintains the in high water level on downstream side. the water level can be used for irrigation purposes. hydraulic jump can be used to remove the air from water supply and sewage lines to prevent the air locking.



MID EXAMINATION QUESTIONS

1. Determine the Average Loss of Energy due to Hydraulic Jump.
2. A rectangular horizontal channel 1m wide, which carries a flow. The depth water on the downstream side of the hydraulic jump.
3. Find the average loss of energy loss in Hydraulic Jump.
4. Determine the Fluid flow after the hydraulic jump.

UNIVERSITY EXAMINATION QUESTION

1. Determine the energy loss due to hydraulic jump in an open channel flow.

EXPERIMENT VIDEO LINKS

1. **https://www.youtube.com/watch?v=5etwhZ0d2GU**

EXPERIMENT NO: 8

DETERMINATION OF MANNING'S AND CHEZY'S CONSTANTS FOR OPEN CHANNEL FLOW

OBJECTIVE:

To determine the Chezy's and Manning's constant for an open channel.

OUTCOME:

The student will be able to verify the total head of Chezy's and Manning's constant for an open channel.

SCOPE:

The knowledge of the Chezy's and Manning's constant is used for flow measuring device like Dams, rivers and different water levels.

APPARATUS:

Open Channel Flow Setup, Stop Watch

EXPERIMENTAL SETUP:

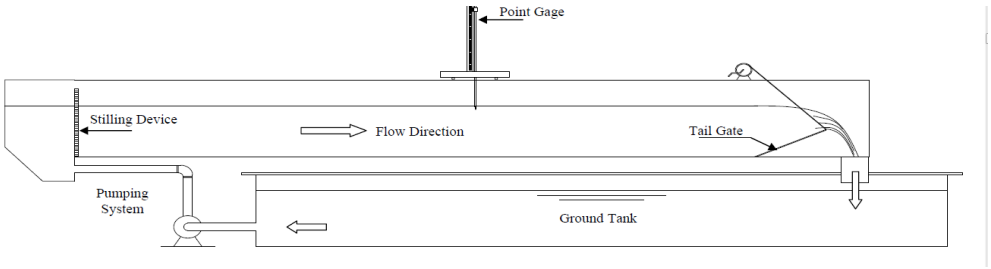


Fig.8 Open channel experimental setup

PROCEDURE:

1. Set the channel for the required slope and allow the water to flow through the channel.
2. Adjust the inlet valve to get the required depth of water in the channel and measure the depth as d cm, using pointer gauge.
3. Adjust the inlet valve opening to get the required depth of water in the channel
4. Note the time 't' to collect water for a rise of 'H' m in the measuring tank.
5. Repeat the experiment for different depths of water for the same bed slope.

THEORY:

Chezy's equation was presented in 1775. It states that velocity in an open channel flow is a function of hydraulic radius and slope of the channel bed. It describes the mean flow velocity of steady, turbulent open channel flow. The formula is named after **Antoine de Chezy** (1718-1798), the French hydraulics engineer who devised it in 1775. One the most commonly used equations governing Open Channel Flow is known as the Mannings's Equation. It was introduced by the Irish Engineer **Robert Manning** in 1889 as an alternative to the Chezy Equation. The Manning's equation is an empirical equation that applies to uniform flow in open channels and is a function of the channel velocity, flow area and channel slope.

`

FORMULA:

Chezy's formula,

$$V = C * \sqrt{(mi)}$$

Where,

V = Average Velocity (m/s)

C = Chezy's Constant

m = hydraulic mean depth (m)

i = bottom slope (m/m)

The Manning's formula is an empirical formula estimating the average velocity of a liquid flowing in an open channel.

Gauckler-Manning formula,

$$V = (1/N)\, R^{2/3}\, S^{1/2}$$

$$= (1/N)\, m^{2/3}\, i^{1/2}$$

Where,

V = Average Velocity (m/s)

R = the hydraulic radius = depth (m)

N = Manning's constant

S = Slope of the hydraulic gradient line (m/m)

Manning derived the following relation between Manning's Constant and Chezy's Constant,

$$C = \frac{1}{N} \times m^{1/6}$$

OBSERVATION:

1. Length of channel, L = m
2. Width of the channel, W = m
3. Area of the collecting tank, A = m^2

S. No.	Bed Slope (i)	Depth of water in the channel (d) (m)	Time taken for 10 cm rise of water (t)	Discharge (Qact) (m^3/sec)
1.				
2.				
3.				

`

S. No.	Bed Slope (i)	Hydraulic Mean depth (m)	Discharge (Qact) m^3/s	Velocity (V) m/s	Chezy's Constant	Manning's Constant
1.						
2.						
3.						

1. Slope of the channel, i = vertical shift of channel from pointer (y /L)
2. Hydraulic mean radius, m = Area/Wetted perimeter = wd /(w+2d)
3. Actual Discharge, (Q) = AH/t
4. Velocity, V = Q / (wxd)
5. Chezy's constant, C = V /√(mi)
6. Manning's constant, N = 1/C x $m^{1/6}$

RESULT:

1. Average Chezy's constant for the given channel, C =
2. Average Manning's constant for the given channel, N =

Viva Questions:

1. What do Chezy's and Manning's constants represent?
2. What is the statement of Chezy's equation?
3. What are the assumptions in Chezy's and Manning's equations?
4. What the use of knowing Chezy's and Manning's constants for an open channel?
5. What is the importance of studying roughness of the open channel?
6. Derive the expression for finding roughness of the open channel?
7. What is meant by open channel?
8. Define laminar flow.
9. Define transitional flow.
10. What is meant by hydraulic mean depth?
11. What are limitations of manning's equation?
12. What is the expression for chezys formula?
13. What is the Value of manning's coefficient for cement concrete?
14. What is the expression for manning's formula?
15. What is the maximum value of manning's coefficient for soil?
16. What is the relation between chezys and manning's formula?
17. Define free surface.
18. Define open channel flow.
19. Define steady flow.
20. Define unsteady flow.
21. Define turbulent flow.
22. Define uniform flow.
23. Define varied flow.
24. Define rapidly varied flow.
25. Define steadily varied flow.
26. Define continuous flow.
27. Define discontinuous flow.
28. Define rate of flow.
29. How does viscosity impact the flow in an open channel?
30. What are the internal forces in an open channel flow?