مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

# تحديد بعض المواصفات الجيوهندسية للترب الغضارية المستخدمة في إنشاء السدود الترابية : سد الوغر التجميعي في منطقة النبك)

**الدكتور محمد عيسى***
**حذيفه هنداوي السبتي****

**(تاريخ الإيداع 31 / 10 / 2012. قُبِل للنشر في 7 / 3 /2013)**

## □ ملخّص □

تكمن القيمة العلمية والعملية لهذا البحث في التعرف على مواصفات الترب الغضارية الموجودة في منطقة النبك, وإمكانية استخدامها في إنشاء سد الوغر التجميعي. وقد تمت الدراسة على خمس عينات تم اختيارها من مقلع حفر الملاجئ الغضاري الذي سيستخدم في انشاء سد الوغر التجميعي, تم من خلالها تحديد بعض المواصفات الجيوهندسية لهذه الترب وأهمها (حد السيولة – حد اللدانة – دليل اللدانة – دليل القوام والسيولة – فعالية الغضار – درجة الانهياريه). وبالاعتماد على نتائج هذه الدراسة استخدمنا التصنيفات العالمية ( تصنيف كازاغراندي – نظام التصنيف الموحد – التصنيف الأمريكي والروسي حسب دليل اللدانة ) لدراسة ترب المنطقة المراد دراستها. واعتمدنا نتائج الدراسة لتحديد موقع هذه الترب وفقا للتصنيف العالمي, واقترحنا بعض الحلول المناسبة لتحسين خواص الترب المستخدمة في تشييد السدود الترابية.

**الكلمات المفتاحية:** حدود اتربرغ – السدود الترابية – دليل القوام والسيولة – فعالية الغضار – درجة الانهياريه – تصنيف كازاغراندي.

* أستاذ – قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة تشرين – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

# Choosing some of Geo-geometrical characteristics of the clay soils used in the constructing of soil dams (example: ALwagar earth fill dam in ALnabak)

**Dr. Mohamad Issa***
**Huthaifa Alsabti****

**(Received 31 / 10 / 2012. Accepted 7 / 3 /2013)**

## □ ABSTRACT □

The scientific and practical value of this research appears in recognizing the characteristics of the clay soil, which is located in Alnabeck, and used in constructing ALwagar earth fill dam. We will study five samples chosen from the materials site Hofar ALmlagea and which will be used in constructing ALwagar earth fill dam through which some Geo-geometrical characteristics like (Liquid Limit, Plasticity Limit, plasticity index, Consistency Index, Liquidity Index, Clay activity, collapse degree) will be determined.

Depending on the Results of this study, we used international classifications (Casagrande classification – Unified Soil Classification System) to study the soil of the studied area. We made use of the results of the experimental study to determine the position of soil according to the international classification, and we suggested some solutions to improve the characteristics of the soil which is used in constructing soil dams.

**Key words**: Atterberg limits, Soil Dams, Consistency Index, Liquidity Index, Clay activity, collapse degree, Casagrande classification.

* **Prof. at the geology Dep – Faculty of science – Tishreen Univ – Lattakia – Syria.**
** **Postgraduate student - Faculty of science – Tishreen Univ – Lattakia – Syria**

## مقدمة

تعتبر الترب الغضارية المكون الرئيس للسدود الترابية وبالأخص نواة السد التي تعتبر من أكثر الأجزاء أهمية ويلزم الدقة الكبيرة في بنائها. ولبناء هذه النواة يجب تحقيق عدة شروط تتطلب التكامل فيما بينها ومن هذه الشروط حدود اتربرغ التي تكمن أهميتها في:

1. تحديد درجة سيولة التربة ودرجة لدانتها.
2. تصنيف التربة بحسب نسبة المواد الداخلة في تركيبها من خلال حد السيولة ودليل اللدانة (غضار– سلت– رمل– خليط للمواد الثلاث).
3. تعتبر حدود اتربرغ مرحلة لتدقيق نتائج التركيب الحبيبي حيث يجب أن يتطابق تصنيف التربة وفقا لتركيبها الحبيبي (تجربة الهيدرومتر) مع تصنيف حدود اتربرغ.
4. تساهم حدود اتربرغ في تقدير الحدود العليا والدنيا للرطوبة في موقع العمل وذلك لتحقيق شروط الرص المثالية للتربة التي خضعت سابقا لتجربة البروكتور. وأن أفضل الترب الغضارية المستخدمة في بناء النواة الغضارية هي الترب التي تكون رطوبتها الطبيعية مساوية لرطوبة حد اللدانة أو أعلى منها بقليل ولكنها اقل من رطوبة حد السيولة [1].
5. تساهم حدود اتربرغ في تقديم معلومات هامة عن نفاذية التربة التي تتعلق بشكل كبير بالتركيب الحبيبي للتربة.
6. تفيد حدود اتربرغ في تحديد عامل تضاغط التربة حسابيا.
7. يفيد حد السيولة في تحديد درجة مقاومة التربة للانهيار من خلال الوزن النوعي والكثافة الجافة للتربة.

## أهمية البحث وأهدافه:

في هذا البحث سنقوم بتحديد حدود اتربرغ للترب الغضارية الموجودة في منطقة النبك والتي ستستخدم في تشييد سد الوغر التجميعي الترابي, بهدف حماية مدينة النبك من الفيضانات الموسمية.

## طرائـق البحـث ومواده

تم في هذا البحث تحديد حدود اتربرغ (حد السيولة – حد اللدونة – دليل اللدانة) و(دليل القوام والسيولة – فعالية الغضار– درجة الانهياريه) باستخدام الطرائق التالية:

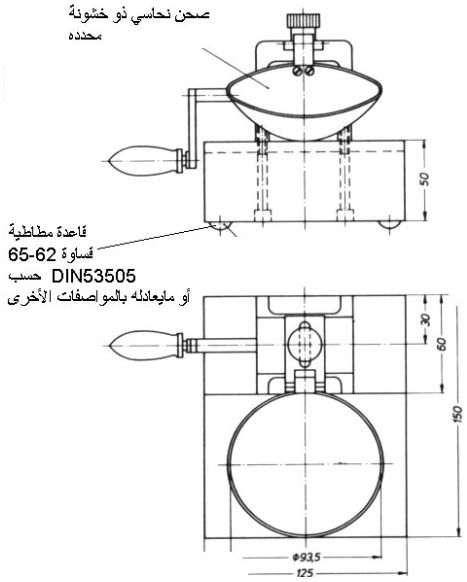
**حد السيولة (Liquid Limit):**

يعرف حد السيولة لتربة، بأنه رطوبة التربة، التي إذا وصلت إليها التربة انتقلت من الحالة اللدنة إلى الحالة السائلة. ويرمز له (**L.L**). أو هو كمية الماء اللازمة لجريان التربة تحت تأثير وزنها الذاتي. [i]

**الأدوات والأجهزة المستخدمة:** الشكل(1).

1. صحن بورسلان بقطر حوالي 115 مم.
2. سكين خاصة.
3. جهاز كازاغراندي (Casagrande): وهو جهاز يتألف من صحن على شكل فنجان مصنوع من النحاس مع حاضن ويمكن أن يكون الجهاز يدويا أو كهربائيا الشكل(2).

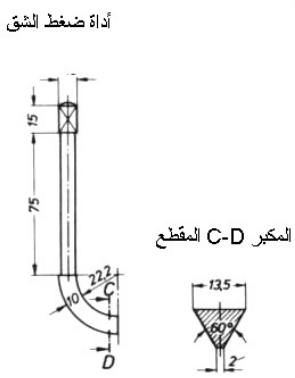
**الشكل (1) الأدوات اللازمة لإجراء تجربة (LL)**




**الشكل(2) أقسام جهاز كازاغراندي**

أداة لإنشاء شق ضمن التربة في الصحن النحاسي مصنعة تماما حسب الأبعاد الموضحة في الشكل (3).

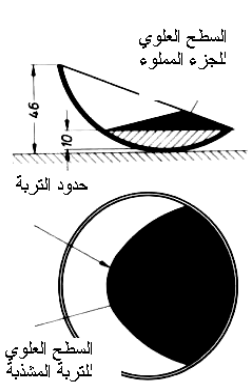
4. تجهيزات قياس الرطوبة.
5. ميزان حساس 0.01غ.
6. فرن تجفيف.




**الشكل(3) أداة شق التربة في صحن جهاز كازاغراندي**

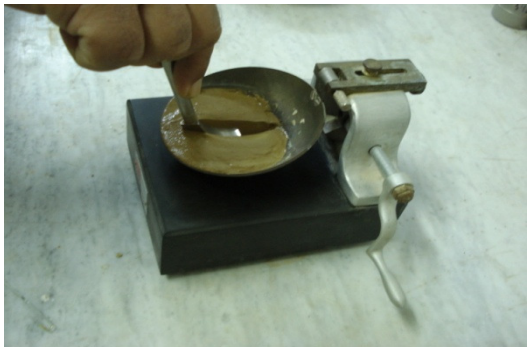
## 2. تنفيذ التجربة:

1. تم أخذ حوالي 100غ من المواد المارة من المنخل رقم4 (0.425) وتم خلطها جيدا.
2. رطبنا العينة بالماء حوالي 24 ساعة.
3. وضعت العينة في صحن الخلط وخلطت بالكامل بالماء المقطر حوالي 20مل حتى تشكلت كتلة متجانسة.
4. وضعت كمية كافية من الخليط في صحن الجهاز وسوي سطحها بشكل مستوى, بعمق 10مم في النقطة ذات السماكة الاعظمية وتم ضغطها وتشذيب سطحها (للتخلص من الفقاعات الهوائية). الشكل(4).



**الشكل (4) التربة الرطبة في صحن الجهاز**

5. بعد ذلك قسمت التربة في صحن الجهاز بشق يتوسطها بأداة تشكيل الشق على طول القطر وعبر الخط المركزي بحيث يتشكل حز حاد نظيف بالأبعاد الصحيحة. الشكل(5).



**الشكل (5) أداة شق التربة تفتح شق في التربة**

6. اخيرا رفع وإسقاط الصحن الحاوي على العينة المجهزة بتدوير الذراع بسرعة دورتين في الثانية إلى أن يتلامس جانبا الشق في أسفله على طول مسافة مساوية إلى 10 مم. وتم تسجيل عدد الضربات الذي أدى إلى إغلاق الشق بهذه المسافة ثم أخذ عينة من التربة ليتم تحديد رطوبتها. الشكل(6).

**الشكل(6) تلامس جانبي الشق مسافة 10مم**

7. إن حد السيولة هو الرطوبة الموافقة لعدد ضربات التي قدرها 25 ضربة والتي ينغلق عندها الشق على طول 10مم. لذلك لابد من إجراء التجربة ثلاث مرات على الأقل برطوبات مختلفة وضربات لا تقل عن 5 ولا تزيد عن 40 ضربة
8. تم تمثيل العلاقة بين محتوى الرطوبة وعدد الضربات الموافق على مقياس مليمتري مع مراعاة انه يجب أن يرسم المنحني اقرب ما يمكن إلى خط مستقيم من خلال النقاط المسجلة الثلاث أو الأكثر. مع الإشارة إلى أن:

حد السيولة المنخفض (10 – 15) % يدل أن حبات التربة مدورة وتحتاج إلى ماء قليل لتغليفها, بينما حد السيولة المرتفع ( 30 – 35 )% يدل على أن حبات التربة حادة جداً وتحتاج لكمية أكبر من الماء لتغليفها .[2]

**حد اللدانة (Plasticity Limit):**

حد اللدانة هو الرطوبة التي إذا زادت عنها رطوبة التربة انتقلت من الحالة الصلبة إلى الحالة اللدنة.

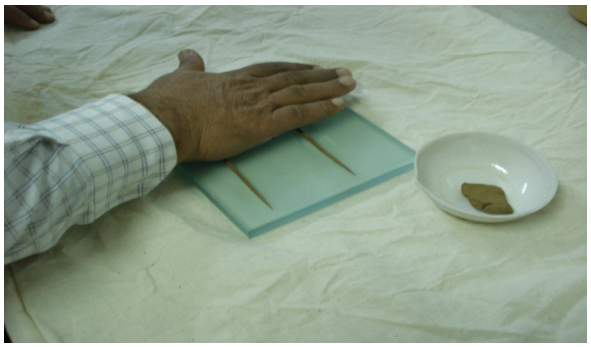
أو هو كمية الماء اللازمة لتحول التربة من حالة السيلان إلى الحالة اللدنة ويرمز له بـ (P.L).[i]

**الأجهزة والأدوات المستخدمة:**

1. صحن بورسلان بقطر حوالي 115 مم + سكين خاصة.
2. صفيحة زجاجية (سطح دحرجة).
3. تجهيزات قياس الرطوبة.

**إجراء التجربة:**

1. تم اخذ حوالي 20 غ من التربة الجافة المارة من المنخل رقم 40 حسب النظام الأمريكي ASTM أي ذو القطر 0.425 مم.
2. وضعت التربة المجففة هوائيا في وعاء الخلط وتم خلطها جيدا وبكاملها بالماء المقطر حتى اصبحت الكتلة لدنة بشكل كاف بحيث يمكن تشكيل عجينة كروية.
3. اخذنا حوالي 8غ ودحرجناها على الصفيحة وذلك لنصنع منها كرة. ووضعنا هذه الكرة ما بين راحة اليد واللوح الزجاجي ودرجناها بشكل فتائل, حتى تبدأ الفتائل المتشكلة بقطر 3مم بالتشقق. الشكل(7).



**الشكل(7) صنع فتائل من التربة الرطبة**

فإذا كانت كمية الرطوبة في التربة كبيرة وأكثر من حد اللدونة أصبح الفتيل رفيعاً وإن كانت الرطوبة قليلة فإن الشريط ينقطع قبل الوصول للقطر المطلوب لذا إما أن نضيف قليلاً من الماء أو تجفف التربة بعركها براحة اليد ونعيد عمل الفتيل حتى نحصل على القطر المطلوب مع التشقق.

4. ثم وضعنا الفتائل في أوعية رطوبة خاصة وجففت بالفرن وحسبت نسبة الرطوبة.
5. اعدنا هذه العملية مرتين على الأقل واخذنا الوسطي الحسابي للنتائج على ألا تكون متباعدة.

**دليل اللدانة (Plasticity index ):**

هو الفرق الحسابي بين حدي السيلان واللدونة ويرمز له **(P.I)** ويعطى بالعلاقة: **P.I = L.L – P.L**

ويحدد هذا الدليل المجال الذي تبقى فيه التربة لدنة ومن الجدير بالذكر أنه قد نحصل أحياناً على ترب يكون فيها حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة ففي هذه الحالة نقول أن التربة ليست لدنة.

إن دليل اللدونة يعين كمية العناصر الناعمة في التربة [2] بحيث :

إذا كان P.I = 0 فإن التربة معدومة من العناصر الناعمة مثال ذلك الرمل الخالي من الغضار.

إذا كان P.I > 10 فإن التربة تحتوي على كمية كافية من العناصر الناعمة مثال ذلك السيلت.

إذا كان P.I > 30 فإن التربة تحتوي على عناصر ناعمة بنسبة كبيرة مثال ذلك الغضار.

هذا حسب التصنيف الفرنسي والأمريكي للترب . وأما حسب التصنيف الروسي للترب الجدول (1):

**الجدول (1) التصنيف الروسي للترب حسب دليل اللدانة** [3]

| رمل غضاري | غضار رملي | غضار |
|---|---|---|
| 7 > P.I > 1 | 17 > P.I > 7 | 17 < P.I |

ويفيد تحديد حدود اتربرغ مع معرفة محتوى الرطوبة للتربة في تحديد خصائصها أكثر، حيث يمكن من خلالها إيجاد دليل القوام وكذلك ما يسمى بدليل السيولة:

**دليل القوام: ( C.I ) Consistency Index:**

ويسمى أحياناً بالقوام النسبي وهي يقابل بمفهومه دليل السيولة حيث يعبر عن نسبة الفرق بين الرطوبة الطبيعية وحد السيلان إلى دليل اللدونة وبذلك يعطي فكرة عن قساوة الغضار بحالته الطبيعية [4]:

$$C.I = \frac{L.L - W}{P.I}$$

إذا كانت الرطوبة الطبيعية مطابقة لحد اللدونة فإن قيم CI تكون 100 % وهذا يدل على حالة جيدة لمقاومة التربة وعلى العكس إذا اقتربت الرطوبة الطبيعية من حد السيلان اقتربت قيمة CI من الصفر ودل ذلك على حالة رخوة للتربة.

**دليل السيولة ( L.I ) Liquidity Index:**

هو النسبة بين زيادة الرطوبة الطبيعية للتربة فوق حد اللدونة إلى دليل اللدونة ويعطى بالعلاقة [4] :

$$L.I = \frac{W - P.L}{P.I}$$

إن W هي الرطوبة الطبيعية للتربة ففي الترب الغضارية تكون عادةً بين حد السيولة وحد اللدونة ما عدا في الطبقة السطحية للتربة حيث تتأثر كمية الرطوبة بسبب الجفاف والمطر.

ونستطيع من خلال دليل القوام ودليل السيولة تصنيف الرطوبة ومدى ملائمتها لردم الترب الغضارية في السدود الترابية الجدول(2).

**الجدول(2) دليل السيولة والقوام** [5]

| محتوى الرطوبة | دليل القوام **C.I** | دليل السيولة **L.I** |
|---|---|---|
| تحت حد اللدونة | 1 < | سالب |
| عند حد اللدونة | 1 | صفر |
| بين حد اللدونة والسيولة | صفر – 1 | صفر – 1 |
| عند حد السيولة | صفر | 1 |
| فوق حد السيولة | سالب | 1< |

**فعالية الغضار (Clay activity):**

تساعد معرفة حدود اتربرغ في إيجاد فعالية الغضار وهي خاصية مرتبطة بنسبة الحبيبات الطينية (< 2 ميكرون) الموجودة في التربة .وقد توصل سكمبتون (Skempton) سنة 1953 إلى أن دليل اللدونة لعينة التربة التي تحتوي الغضار مع حبيبات أكثر خشونة منه يعتمد على نسبة الغضار في العينة وأن النسبة بين دليل اللدونة ونسبة الغضار هي قيمة ثابتة جرت تسميتها بفعالية الغضار .[5]

**فعالية الغضار = دليل اللدونة ÷ نسبة الطين**

ويتم تصنيف التربة الطينية حسب فعاليتها إلى أربع مجموعات كما هو موضح في الجدول(3):

**الجدول(3) تصنيف التربة الغضارية حسب فعاليتها** [5]

| رقم المجموعة | وصف المجموعة | الفعالية |
|---|---|---|
| 1 | غضار غير فعال ( Inactive clay) | 0.75 > |
| 2 | غضار عادي (Normal clay) | 1.25 – 0.75 |
| 3 | غضار فعال (Active clay) | 2.0 – 1.25 |
| 4 | غضار عالي الفعالية (Highly active) | 2.0 > |

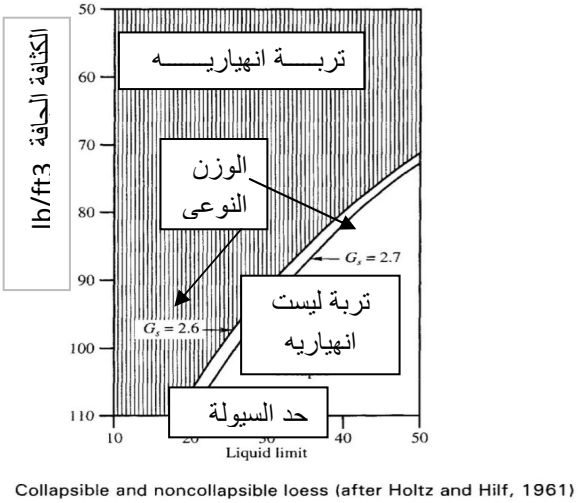
**دليل تضاغط التربة Compression Index (Cc) :**

يساعد حد السيولة ودليل اللدانة في حساب عامل تضاغط التربة مما يسهم في تصنيف الترب بالنسبة للتضاغط ويساعد ذلك في التنبؤ بسلوك التربة ومدى قابليتها للتضاغط.

حسب Skempton سنة (1944) [ii] وضعت علاقة تربط بين حد السيولة ودليل الانضغاط:

$$C_c = 0.007(w_L - 10)$$

ويبين الشكل(8) مخطط يبين العلاقة بين حد السيولة والوزن النوعي والكثافة الجافة لتحديد انهياريه التربة.




Collapsible and noncollapsible loess (after Holtz and Hilf, 1961)

**الشكل(8) مخطط انهياريه وقوة الترب**

**تصنيف الترب:**

**1. نظام التصنيف الموحد Unified Soil Classification System:**

لقد طور هذا النظام عن تصنيف كازاغراندي المقترح عام 1942 والمعتمد من قبل الجهاز الهندسي في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1952. وأهم الرموز المستخدمة في هذا التصنيف معروضة في الجدول(4).

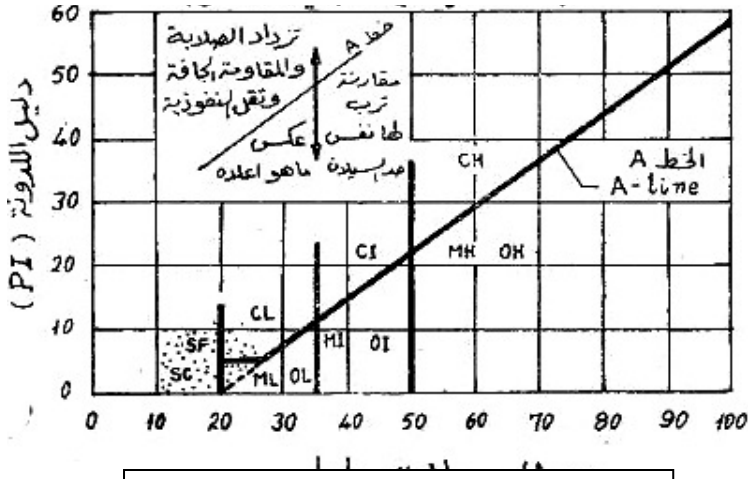
**الجدول(4) الرموز والمصطلحات المستخدمة في التصنيف الموحد [4]**

| الرمز | التسمية الإنكليزية | التسمية العربية |
|---|---|---|
| G | Gravel | حصى |
| S | Sand | رمل |
| C | Clay | غضار |
| M | Silt ( mo ) | سيلت |
| W | Well graded | جيد التدرج |
| P | Poorly graded | سيء التدرج |
| H | High plasticity and High compressibility | عالي اللدونة LL≥50 . وعالي الإنضغاط |
| L | Low plasticity and Low compressibility | منخفض اللدونة LL<50 ومنخفض الإنضغاط |
| O | Organic silt or clay | مواد عضوية سيلتية أو غضارية |
| PT | Peat and highly organic soil | مواد عفنة أو شديدة العضوية |

2. **معادلة كازاغراندي:** هي علاقة تربط بين حد السيلان وحد اللدونة (وذلك للمواد الناعمة فقط ) تفيد في تصنيف الترب وهي علاقة خطية وتعرف بعلاقة كازاغراندي: $P.I = 0.73\ (LL - 20)$

وهي تفيد في معرفة نوع الترب السيلتية و الغضارية ومقدار قابليتها للانضغاط .

وهي ترسم على مخطط موضح بالشكل (9) إذ يسمى الخط الناتج من علاقة كازاغراندي بالخط A ( A–Line ) هذا الخط يفصل بين منطقتين رئيسيتين بحيث إذا قارنا تربا ذات حد سيلان متساو فإن ارتفاع قيمة حد اللدونة يشير إلى ازدياد في صلابة التربة ومقاومتها الجافة وإلى نقصان في نفوذيتها ومعدل تغيرها الحجمي.




الشكل (9) مخطط كازاغراندي لتصنيف الترب [4]

**الجدول (5) تصنيف كازاغراندي(USCS)** [4]

| أنواع الترب | أقسام الترب | مجموعات الترب وأسمائها | رمز المجموعة | نتائج الفحوصات المخبرية | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | النواعم% | التدرج | اللدونة |
| الترب حبيبة خشنة ( أكثر من 50% لا تمر من المنخل رقم 200 ) | حصوية (أكثر من 50% من القياس الخشن هي حصى) | حصى جيد التدرج وخليط من الحصى والرمل ويوجد قليل من النواعم أو لا شيء منها | GW | 5-0 | 4 <Cu<br>1 <Cc<3 | |
| | | خليط جيد التدرج من البحص والرمل والغضار مع رابط جيد | GC | 5-0 | لا يطابق مواصفات GW | |
| | | بحص سيء التدرج وخليط من البحص والرمل ويوجد قليل من النواعم أو لا شيء منها | GP | >12 | | تحت خط A أو PI<4 |
| | | بحص مع كثير من النواعم, بحص كثير السلت, بحص غضاري, خليط سيء التدرج من البحص والرمل والغضار | GF | >12 | | فوق خط A أو PI>7 |
| | رملية (أكثر من 50% من القياس الخشن هي رمل) | رمل جيد التدرج مع قليل من النواعم أو لا شيء يذكر | SW | 0.5 | Cu>6<br>1 <Cc<3 | |
| | | خليط جيد التدرج من الرمل والغضار مع رابط جيد | SC | 5-0 | لا يطابق مواصفات SW | |
| | | رمل سيء التدرج مع قليل من النواعم أو لا شيء منها | SP | >12 | | تحت خط A أو PI<4 |
| | | رمل مع كثير من النواعم, رمل كثير السلت, رمل غضاري, خليط سيء التدرج من الرمل | SF | >12 | | فوق خط A أو PI>7 |
| الترب ناعمة الحبات | سلتية وغضارية حد السيولة اقل من 50% | السلت اللاعضوي, الرمل الناعم جدا, الطحين الصخري, الرمل السلتي الناعم | ML | انظر مخطط كازاغراندي(14) | | |
| | | السلت الغضاري (اللاعضوي) | CL | | | |
| | | السلت العضوي قليل اللدانة | OL | | | |
| | الترب ناعمة الحبات ذات اللدانة المتوسطة | غضار سلتي (لاعضوي) وغضار رملي | MI | | | |
| | | غضار(لاعضوي) ذو لدانة متوسطة | CI | | | |
| | | غضار عضوي ذو لدونه متوسطة | OI | | | |
| | سلتية وغضارية حد السيولة اكبر من 50% | ترب رملية وسلتيه ناعمة تحوي ميكا وسلت مرن | MH | | | |
| | | غضار(لاعضوي) ذو لدانة عالية | CH | | | |
| | | غضار عضوي ذو لدانة عالية | OH | | | |
| الترب العضوية | | (ذات قابلية انضغاط عالية)<br>البيت والترب كثيرة المواد العضوية | PT | | | |

## النتائج والمناقشة:

### النتائج:

قمنا بإجراء تجربة حد السيولة على خمس عينات من مقلع حفر الملاجئ الغضاري وكانت النتائج كالاتي:

**العينة رقم1:** يوضح الجدول (6) والشكل رقم (10) نتائج التجربة للعينة رقم (1).

**الجدول(6) جدول إجراء تجربة حد السيولة للعينة** رقم1

| النقاط | النقطة الأولى | | النقطة الثانية | | النقطة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الدقات | 11 | | 28 | | 40 | |
| رقم الوعاء | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 30.0 | 20.58 | 24.51 | 20.58 | 21.12 | 20.0 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 52.27 | 41.44 | 49.69 | 46.36 | 57.08 | 41.22 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 44.18 | 33.81 | 43.32 | 39.94 | 51.72 | 38.06 |
| وزن الماء (غ) | 8.09 | 7.63 | 6.37 | 6.42 | 5.36 | 3.16 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 14.18 | 13.23 | 18.81 | 19.36 | 30.6 | 18.06 |
| نسبة الرطوبة % | 57.0 | 57.6 | 33.9 | 33.2 | 17.5 | 17.5 |
| المعدل % | 57.3 | | 33.5 | | 17.5 | |

**العينة رقم 2:** يوضح الجدول (7) والشكل رقم (10) نتائج التجربة للعينة رقم (2).

**الجدول(7) جدول إجراء تجربة حد السيولة للعينة رقم2**

| النقاط | النقطة الأولى | | النقطة الثانية | | النقطة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الدقات | 8 | | 24 | | 38 | |
| رقم الوعاء | 1 | 2 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 30.0 | 20.58 | 21.12 | 20.92 | 24.14 | 20.92 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 53.35 | 41.09 | 43.76 | 47.45 | 50.78 | 51.60 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 45.05 | 33.77 | 37.69 | 40.36 | 46.32 | 46.60 |
| وزن الماء (غ) | 8.3 | 7.32 | 6.07 | 7.09 | 4.46 | 5.0 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 15.05 | 13.19 | 16.57 | 19.44 | 22.18 | 25.68 |
| نسبة الرطوبة % | 55.15 | 55.5 | 36.6 | 36.5 | 20.1 | 19.5 |
| المعدل % | 55.3 | | 36.6 | | 19.8 | |

**العينة رقم 3:** يوضح الجدول (8) والشكل رقم (10) نتائج التجربة للعينة رقم (3).

**الجدول(8) جدول إجراء تجربة حد السيولة للعينة رقم3**

| النقاط | النقطة الأولى | | النقطة الثانية | | النقطة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الدقات | 13 | | 22 | | 32 | |
| رقم الوعاء | 11 | 12 | 9 | 10 | 5 | 6 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 23.66 | 24.33 | 23.30 | 23.42 | 21.12 | 20.92 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 42.80 | 45.52 | 41.45 | 49.25 | 56.55 | 38.45 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 35.49 | 37.40 | 35.89 | 41.33 | 49.22 | 34.85 |
| وزن الماء (غ) | 7.3 | 8.12 | 5.56 | 7.9 | 7.3 | 3.6 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 11.8 | 13.07 | 12.59 | 17.91 | 28.1 | 13.9 |
| نسبة الرطوبة % | 61.9 | 62.1 | 44.2 | 44.11 | 26.0 | 25.9 |
| المعدل % | 62.0 | | 44.2 | | 25.9 | |

**العينة رقم 4:** يوضح الجدول (9) والشكل رقم (10) نتائج التجربة للعينة رقم (4).

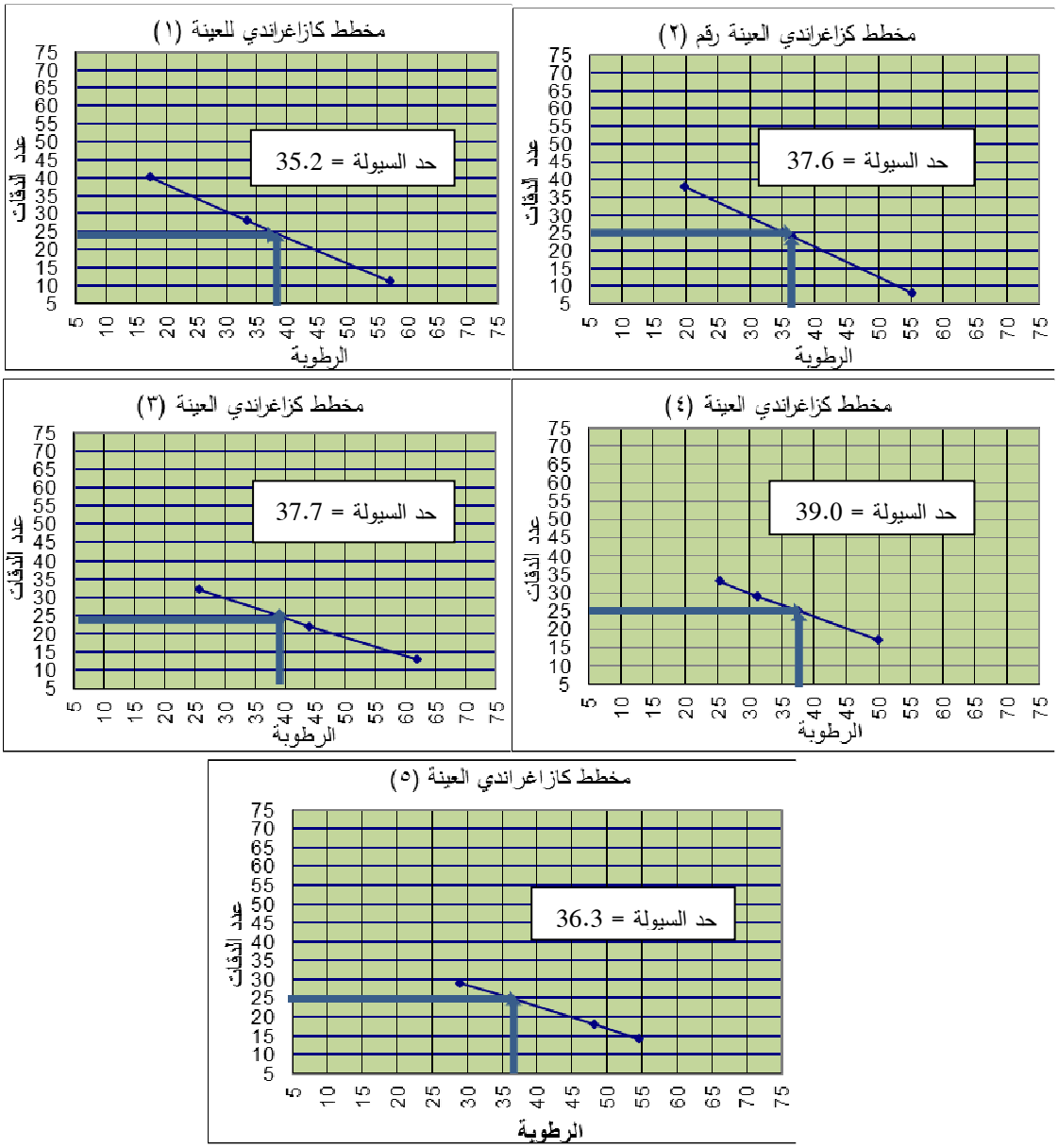
**الجدول(9) جدول إجراء تجربة حد السيولة للعينة رقم4**

| النقاط | النقطة الأولى | | النقطة الثانية | | النقطة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الدقات | 17 | | 29 | | 33 | |
| رقم الوعاء | 1 | 2 | 11 | 12 | 5 | 6 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 30.0 | 20.58 | 23.66 | 24.33 | 21.12 | 20.92 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 50.90 | 44.99 | 48.0 | 49.84 | 43.90 | 43.70 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 43.97 | 36.82 | 42.19 | 43.77 | 39.28 | 39.08 |
| وزن الماء (غ) | 6.93 | 8.17 | 5.8 | 6.0 | 4.62 | 4.62 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 13.97 | 16.24 | 18.5 | 19.4 | 18.16 | 18.16 |
| نسبة الرطوبة % | 49.8 | 50.3 | 31.3 | 30.9 | 25.4 | 25.4 |
| المعدل % | 50.1 | | 31.1 | | 25.4 | |

**رقم العينة 5:** يوضح الجدول (10) والشكل رقم (10) نتائج التجربة للعينة رقم (5).

**الجدول(10) جدول إجراء تجربة حد السيولة للعينة رقم5**

| النقاط | النقطة الأولى | | النقطة الثانية | | النقطة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الدقات | 14 | | 18 | | 29 | |
| رقم الوعاء | 11 | 12 | 9 | 10 | 1 | 2 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 23.66 | 24.33 | 23.30 | 23.42 | 30.0 | 20.58 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 41.29 | 50.97 | 46.19 | 44.52 | 57.0 | 49.67 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 35.07 | 41.54 | 38.76 | 37.64 | 50.93 | 43.08 |
| وزن الماء (غ) | 6.22 | 9.43 | 7.43 | 6.88 | 6.07 | 6.5 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 11.41 | 17.21 | 15.46 | 14.22 | 20.93 | 22.5 |
| نسبة الرطوبة % | 54.5 | 54.8 | 48.1 | 48.4 | 29.0 | 28.9 |
| المعدل % | 54.7 | | 48.3 | | 29.0 | |




**الشكل(10) استنتاج حد السيولة للعينات**

**الجدول(11) نتائج التجارب لحد اللدانة**

| رقم العينة | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم الوعاء | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| وزن الوعاء فارغ (غ) | 15.60 | 16.78 | 16.16 | 15.95 | 16.71 | 15.51 | 16.71 | 15.51 | 15.47 | 15.66 |
| وزن الوعاء مع التربة الرطبة (غ) | 20.60 | 23.64 | 22.61 | 21.99 | 30.56 | 29.51 | 30.33 | 26.52 | 20.85 | 22.10 |
| وزن الوعاء مع التربة الجافة (غ) | 19.73 | 22.45 | 21.55 | 21.0 | 28.06 | 27.0 | 27.91 | 24.56 | 19.93 | 21.15 |
| وزن الماء(غ) | 0.87 | 1.19 | 1.06 | 0.99 | 2.5 | 2.5 | 2.42 | 1.96 | 0.92 | 0.95 |
| وزن التربة الجافة (غ) | 4.13 | 5.67 | 5.3 | 5.0 | 11.35 | 11.4 | 11.2 | 9.05 | 4.46 | 4.49 |
| نسبة الرطوبة | 21.1 | 21.0 | 20.0 | 19.8 | 22.0 | 21.9 | 21.6 | 21.6 | 20.6 | 21.2 |
| المعدل % | 21.1 | | 19.9 | | 22.0 | | 21.6 | | 20.9 | |

**الجدول(12) نتائج حساب دليل اللدانة**

| رقم العينة | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| حد السيولة(L.L) | 37.5 | 35.2 | 39 | 37.7 | 36.3 |
| حد اللدانة(P.L) | 21.1 | 19.9 | 22.0 | 21.6 | 20.9 |
| دليل اللدانة(P.I) | 16.4 | 15.3 | 17 | 16.1 | 15.4 |

**الجدول(13) نتائج حساب دليل القوام ودليل السيولة**

| رقم العينة | الرطوبة w % | دليل القوام | دليل السيولة |
|---|---|---|---|
| 1 | 19.6 | 1.09 | - 0.09 |
| 2 | 18.3 | 1.10 | - 0.10 |
| 3 | 16 | 1.35 | - 0.35 |
| 4 | 17.5 | 1.25 | - 0.25 |
| 5 | 17.8 | 1.20 | - 0.20 |

**مناقشة النتائج:**

- إن حدي السيلان واللدونة يعطيان وصفاً لمقاومة قوة القص في التربة عندما تكون ممزوجة بالماء كما أنهما يعبران عن درجة تماسك التربة ويعتمدان على السطح النوعي لحباتها. فكلما صغرت هذه الحبات كلما زاد سطحها النوعي وازدادت كمية الماء اللازمة لتغليفها وبالتالي زاد حد السيلان وحد اللدونة.

لذلك فإن إضافة الرمل أو السيلت إلى الغضار يؤدي إلى إنقاص حدي السيلان و اللدونة ودليل اللدونة. كما تشير العينة الثانية ذات حد السيولة المنخفض 35.2% بسبب التركيب الحبيبي الخشن (زيادة نسبة الرمل) والعينة الثالثة ذات حد السيولة المرتفع 39.0% بسبب التركيب الحبيبي الناعم (زيادة نسبة الغضار إلى الرمل)

- إذا كان المجال بين حد السيلان وحد اللدونة قليلاً. أي إذا كانت PI صغيرة فإن أي زيادة بسيطة في رطوبة التربة يمكن أن تجعل الغضار سائلاً ( فوق حد السيلان ) و أن أي نقصان بسيط برطوبته يجعله صلباً ( تحت حد اللدونة ) بينما إذا كان المجال كبيراً أي أن PI كبيراً فإن تغيرات الرطوبة في التربة لا تؤدي إلى خطر كبير. لكن إذا كانت قيم حد السيلان وحد اللدونة كبيرة دل ذلك على نعومة التربة كما في العينة الثالثة (PI=17).

إن دليلي السيلان والقوام لا يستعملان بكثرة لأنهما لا يعبران بشكل كاف عن خواص التربة وقوامها في حالة رطوبتها الطبيعية وسبب ذلك أن حد السيلان يعين في الحالة التي تكون فيها التربة محطمة الهيكل بسبب عجنها. ففي حالة الغضار الحساس جداً قد تقترب الرطوبة الطبيعية من حد السيلان ولكن هذا الغضار قد يتحمل في حالته الطبيعية ( أي دون تحطم هيكله ) حمولات بناء متعدد الطوابق بكل أمان. ومن جهة أخرى فقد دلت بعض الدراسات المخبرية إلى وجود علاقة بين دليل السيلان ومقاومة التربة للضغط الحر بحيث تزداد هذه المقاومة كلما نقص دليل السيلان من أجل رطوبة طبيعية معينة. أما نقصان دليل اللدونة من أجل نفس القيمة لحد السيلان فيشير إلى عكس المواصفات السابقة.

وهكذا نجد أن هذه الحدود هي مهمة جداً حيث تسمح لنا بمعرفة خصائص التربة وتصنيفها لكن في الحقيقة لا يمكن بواسطة هذه الحدود معرفة تحولات وانزلاق التربة ولكن تفيد في تصنيف التربة بحيث نستطيع التنبؤ فيما إذا كانت التربة تستطيع المحافظة على خواصها أم لا.

**تصنيف تربة الدراسة (تربة مقلع الغضار لحفر الملاجئ في النبك)**

نصنف التربة للعينات الخمسة السابقة بالنسبة لنظام التصنيف الموحد:

**الجدول(14) نتائج حد السيولة واللدنة ودليل اللدانة و (P.I) كازاغراندي**

| رقم العينة | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| حد السيولة(L.L) % | 37.6 | 35.2 | 39 | 37.7 | 36.3 |
| حد اللدانة(P.L) % | 21.1 | 19.9 | 22.0 | 21.6 | 20.9 |
| دليل اللدانة(P.I) % | 16.5 | 15.3 | 17 | 16.1 | 15.4 |
| (P.I) كازاغراندي % | 12.8 | 11.1 | 13.9 | 12.9 | 11.9 |

**الجدول (15) تصنيف التربة حسب فاعليتها**

| رقم العينة | نسبة (<2 ميكرون) | الفاعلية | التصنيف |
|---|---|---|---|
| 1 | 33.3 | 0.49 | طين غير فعال |
| 2 | 29.9 | 0.51 | طين غير فعال |
| 3 | 30.1 | 0.57 | طين غير فعال |
| 4 | 27.0 | 0.60 | طين غير فعال |
| 5 | 26.5 | 0.58 | طين غير فعال |

**الجدول(16) تصنيف التربة حسب درجة الانهياريه**

| رقم العينة | حد السيولة(L.L) % | الوزن النوعي G غ/سم$^3$ | الكثافة الجافة غ/سم$^3$ | التصنيف |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 37.6 | 2.73 | 1.72 | تربة غير انهياريه |
| 2 | 35.2 | 2.73 | 1.74 | تربة غير انهياريه |
| 3 | 39.0 | 2.71 | 1.77 | تربة غير انهياريه |
| 4 | 37.7 | 2.72 | 1.75 | تربة غير انهياريه |
| 5 | 36.3 | 2.74 | 1.75 | تربة غير انهياريه |

**من مخطط كازاغراندي الشكل(9) والجدول(13):**

نجد ان عينات مقلع حفر الملاجئ: التربة فيها: Ml غضار سلتي (لاعضوي) وغضار رملي

**حسب التصنيف الفرنسي والأمريكي للترب:** التربة غضار سلتي.

**حسب التصنيف الروسي:** التربة غضار رملي

**حسب دليل القوام والسيولة الجدول (2) والجدول (13):** محتوى الرطوبة تحت حد اللدونة.

**حسب فعالية الطين الجدول(3) والجدول (15):** التربة ذات غضار(طين) غير فعال.

**حسب درجة الانهياريه الشكل(8) والجدول (16):** التربة غير انهياريه.

## الاستنتاجات والتوصيات:

- أثبتت نتائج التجارب بان عينات مقلع الغضار لحفر الملاجئ تقع بالقرب وعلى الخط ( A–Line ) الناتج من علاقة كازاغراندي, وبالتالي يمكن أن نصنف هذه التربة بأنها : متوسطة الصلابة ومتوسطة المقاومة الجافة وقليلة النفاذية.
- وفق التصنيف الروسي والأمريكي: التربة غضار سلتي, مما يؤدي الى زيادة مقاومتها للانتفاخ والتضاغط.
- دليل القوام والسيولة يصنفان رطوبة العينات المدروسة تحت حد اللدونة. لذلك يجب تحسين رطوبة التربة.
- حسب فعالية الطين: التربة غير فعالة وهذا أمر جيد ويشير إلى أن التربة غير انتفاخيه.
- حسب درجة الانهيار: التربة غير انهياريه أي أن التربة آمنة وتصلح للاستخدام في تشييد السدود الترابية.

ومما ذكر أعلاه نستنتج: أن التربة تصلح للاستخدام في بناء النواة الغضارية في سد الوغر التجميعي الترابي مع مراعاة مايلي :

1. يستحسن زيادة نسبة الغضار على حساب المواد الخشنة لذلك ينصح باستبعاد مواقع العينات ذات المواد الخشنة الموجودة في مقلع حفر الملاجئ الغضاري.
2. زيادة نسب الرطوبة أكثر من الحد المدروس حوالي (2–3) درجة مراعاة للمناخ الحار الذي يؤدي للتبخر وفقدان كمية الرطوبة المنشودة.
3. استثمار المقلع بعد إزالة السطح العلوي للتربة المليئة بالنباتات وجذورها التي تؤدي إلى أخطاء كبيرة في نتائج التجارب بشكل عام.
4. استبعاد الحفر التي تشير إلى ارتفاع نسب الجبس لان الجبس معروف بانحلاله الشديد بالماء وبذلك يؤدي إلى تشكل فراغات وفجوات تملأ بماء بحيرة السد وتؤدي إلى انجراف التربة وانهيار السد الترابي.
5. اخذ عينات تحقيقيه من النواة الغضارية ليتم مقارنتها مع التجارب المخبرية والتأكيد على الالتزام بالنتائج.

## المراجع

1. عبود, نزيه راشد. *الطرق المتبعة في رص الترب الغضارية المستخدمة كمواد إنشاء في السدود*, مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية, العدد الثاني والعشرون, 2006, 73–75.
2. جبل, حسين. *تجارب ميكانيك التربة*. مذكرات غير منشورة, 2004.
3. محمد, احمد محمد. *الجيولوجيا الهندسية*. منشورات جامعة حلب, سوريا, 1996, 224.

4. سالم, محمد نبيل. *ميكانيك التربة*. منشورات جامعة حلب, سوريا, 1980, 346.
5. حجاوي, سامي أحمد. *فحوصات التربة للأغراض الإنشائية*. المجلس الاقتصادي الفلسطيني للتنمية والأعمار (بكدار), فلسطين (نابلس), 2003, 292.
6. ASTM book of standards volume. Soil and rock(I). volume 04.08, march 2000.
7. Nath, A; S.S. DeDalal. The Role of Plasticity Index in Predicting Compression Behaviour of Clays. River Research Institute India, 2004 EJGE,1-7.