تقييم مقاومة التربه من خلال فحص التربه الصدمي

م.علاء حسين جاسم الركابي
كلية الهندسه/ جامعة ذي قار

م.م. زهير محمد صالح
معهد دهوك التقني

الخلاصة

يقدم هذا البحث دراسة لتقييم مقاومة التربة من خلال الفحص الصدمي بأستخدام جهاز (clegg Impact) حيث استخدمت تربة صنف (ML) حسب نضام التصنيف الموحد وحضرت النماذج بكثافات جافة مختلفة ومحتوى رطوبي متغير باستخدام طريقة الرص القياسي والرص المطور ثم تم ايجاد قيم الفحص الصدمي لنماذج التربة المختلفة ومقارنتها مع معاملات القص للتربة (shear strength parameters) التي تم ايجادها من خلال فحص القص المباشر ومقاومة الانضغاط غير المحصور وكذلك تم عمل تقييم للمقاومة اعتمادا على قيم الفحص الصدمي (C.I)، بالاضافة الى ذلك تم تحديد مدى كفاءة أستخدام الجهاز لتربة ذات طبقات بكثافات مختلفة ووجد بانه كفوء لمدى تربة يصل لـ٥٠سم وفي حالة وجود طبقات بسمك اكبر فأنه يقترح عمل حفرة وانزال الجهاز للاسفل للقياس كل ٥٠ سم، أو أستخدام جهاز بمطرقة ذات وزن أكبر .

مقدمه

أن عملية تصميم وأنشاء طبقات التربة تحت أي منشأ يتم تقيمها من خلال عدد من الفحوصات منها فحوصات المقاومة ،نسبة الحدل ، CBR وغيرها ان عمليه حدل التربه هي واحدة من اكثر الامور الشائعه والمهمة لزيادة مقاومة التربة في عمليات انشاء الطرق ،المطارات، السداد بالاضافه الى اسس المنشات المختلفة. وان ديمومة واستقرارية المنشأ تتعلق بعملية نجاح عملية الحدل واتمامها بالشكل المطلوب حسب المواصفات والمحددات لذا فان السيطرة على عمليات الرص للترب في الاعمال المدنية المختلفة تحسن من خواصها الهندسية مثل زيادة مقدار الكثافة وصولا الى الكثافة الجافة العضمى (max. dry density) وكذلك زيادة معاملات مقاومة القص(shear strength parameters) (التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي).(Murad et al.,2004)

كما ان زيادة الأعتماد على الطرق التجريبية العملية empirical في تصميم الطرق pavement وحتى في بقية الاعمال الانشائية مثل تصاميم الركائز دعا الى تقديم العديد من الفحوصات الحقلية غير الاتلافية non destructive مثل

- Geogauge
- Dynamic cone pentrometer (DCP)
- Light falling weight deflectoometer (LFWD)

والتي أستعملت وأثبتت فعالية في تقييم مقاومة وصلادة الطبقات stiffness كما انها أعطت علاقات جيدة مع الفحوصات الحقلية الاخرى مثل فحص الاختراق القياسي (standard penetration test) وفحص أختراق المخروط (cone penetration test) أضافة لفحص نسبة التحمل الكاليفوريني .

وفي هذه الدراسة تم استخدام جهاز مصنع من قبل شركه (lafayette instrument) بموديل ٢٠٠٨،ان هذا الجهاز قد تم عمله وتطويره في استراليا من قبل (د.يادن كليك) خلال عمله الاكاديمي.ان هذا الجهاز يتكون بصوره اساسيه من مطرقه ذات وزن اسطواني حر النهايات داخل محيط يحيط بها .وعندما يتم صدم سطح التربه بواسطه المطرقه فان هنالك جهاز تعجيل دقيق متصاعد ((A precision acceleration mounted)) على نهايه المطرقه يستخدم للمعلومات المسجله اثناء الفحص وكذلك المعلومات المخرجه كوحدة سيطره(control unit) وهذا الجهاز هو جهاز الكتروني .
ان هذا الجهاز يتمتع بميزات عديدة منها:

١. الفحص هو فحص سريع
٢. وبسيط نسبيا
٣. الجهاز لا يحتاج الى صاينة كبيرة او متكررة.
٤. وهو غير مكلف كثيرا وسهل الوصول للموقع لغرض اجراء القياسات.
٥. لا يحتاج الى عمل حفر لاخذ النماذج لغرض الفحص.
٦. يقوم الجهاز بتحديد وحفظ أحداثيات منطقة الفحص GPS ويمتلك سعة خزنية عالية جدا.
٧. ويعطي تقيمما حول مقاومه انواع مختلفه من التربه وكذلك يمكن استخدامه للركام و (syntheteic material).

ان نتائج فحص الصدم تعكس(reflected and responds) الى الخواص التي تؤثر على المقاومه مثل تاثيرات نوع الماده ،سمك الطبقات،الكثافه،الرطوبه والطبقات التحتيه. ولقد قام (khan et.al,1995) بتحديد بعض العلاقات بين قيم نسبة التحمل الكاليفورينى وكذلك قيم الصدم واستنتج بان هذا الفحص يمكن أستخدامة كفحص بديل او مساعد لفحص CBR.
كما يمكن ان يتم حساب مقدار معامل المرونة (elastic modulus) من خلال قيم الفحص الصدمي حسب الطرق التي ذكرها(Thompson ,2009)

وصف مبسط للجهاز :

ان هذا الجهاز يتكون بصوره اساسيه من مطرقه (hummer) ذات وزن اسطواني حر النهايات مقداره 22كيلو نيوتن تتحرك داخل محيط (guide tube) بقطر٨٠ملم، ويرتبط الجزء الاعلى من المطرقة بوحدة سيطرة الكترونية(control unit) بواسطة أسلاك (USB cable & BNC coaxial cable) لنقل طاقة الصدم على سطح التربه بواسطه المطرقه الى وحدة السيطره.
بالاضافة الى ذلك يوجد هنالك قرص حلقي من مادة خاصة (polyurethane check ring) يستخدم لأغراض التاكد من القرأت الخاصة بالجهاز وكذلك لغرض اعمال التصحيح (correction).والشكل (١) يمثل صورة للجهاز كما يمثل الشكل (٢) واجهة لبرنامج تحليل سرعة الفعل الصدمي .

المواد وطرائق العمل:

التربه: تم اخذ التربه من منطقه الشموخ في مدينه الناصريه وعلى عمق ١ متر وخواصها مبينة في الجدول رقم ١

الماء: تم استخدام الماء العادي في كافه الفحوصات ما عدا الفحوصات الكيميائيه والفيزيائيه حيث تم أستخدام الماء المقطر.

جدول(١) يمثل خواص التربة

خواص التربة	
حد السيولة Liquid limit (%L.L)	37
حد اللدونة Plastic limit (P.L%)	25
دليل اللدونة Index Plasticity (%P.I)	12
الوزن النوعي Specific gravity (Gs)	2.63
المواد العضوية Organic material (%)	0.78
الاملاح الذائبة الكلية (%) Total soluble salt(T.S.S.)	4.7
تصنيف التربة Unified classification system	ML

النماذج وتحضيرها:

في هذا البحث تم اخذ نماذج محضره بكثافات جافه مختلفه ومحتوى رطوبي مختلف ،ولهذا الغرض اخذت تربه ماره من منخل رقم ٤ وتم عمل فحص الرص بروكتر حسب مواصفة الجمعية الامريكية للفحص والمواد (ASTM) (D 1557 - 02) وباستخدام محتوى رطوبي متغير لغرض رسم منحني الرص(compaction curve) (الكثافات الجافه مقابل المحتوى الرطوبي).

تحضير النماذج المسبوكه(Remolded samples)

تم تحضير النماذج بطريقه الرص الديناميكي ،ولهذا الغرض تم الاستفاده من منحني الرص الذي تم ايجاده في الفقره السابقه حيث تم تحديد قيم مختلفه للكثافه الجافه وحسب نسبه الرطوبه المقابله لها.

حيث تم تهيئه كميه من التربه المجففه بدرجه حراره (١١٠درجة مئوية) واضيف لها الماء بنسب مختلفه ليعطي الكثافه المحدده حيث تم اضافه الماء على شكل رذاذ ثم مزجت يدويا ووضعت في كيس بلاستك داخل حافظ حراري لمده ٢٤ ساعه لضمان تجانس المحتوى الرطوبي وبعدها تم اجراء عمليه الرص لها لاعطاء نماذج بقيم كثافات مختلفه .

تحضير النماذج لفحص التربه الصدمي

تم استخدام نفس النماذج المحضره في فحص الرص لغرض أجراء فحص التربة الصدمي ،حيث بعد تحضير التربة واجراء عملية الرص لها وبكثافات مختلفة يتم أخذ القالب الاسطواني المملوء بالتربة مع إزالة قاعدة القالب الحديدية وأستبدالها بقرص حلقي مرن مزود مع الجهاز .

تحضير النماذج لايجاد مقدار مقاومه التربه

تم اخذ النماذج لغرض فحص القص المباشر(direct shear) من قوالب التربه التي تم اعدادها سابقا باستخدام قالب مكعب ٢٠*٦٠*٦٠ملم.

تحضير النماذج لتربة متغيرة العمق والخواص

تم أستخدام قالب بقطر ١٥سم وأرتفاع 80سم،وتم وضع تربة بأرتفاعات متغيرة على شكل قسمين كل قسم بكثافة معينة وكما مبين في جدول (٢).

جدول (٢) يمثل السمك المتغير لطبقتي التربة حسب الكثافة

	السمك(سم)						
تربة بكثافة 14 kN/m3	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
تربة بكثافة 17 kN/m3	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠
السمك الكلي للنموذج	٨٠	٨٠	٨٠	٨٠	٨٠	٨٠	٨٠

النتائج والمناقشة:

يوضح الشكل (٢) منحني الرص القياسي والمطور ،أن الغاية الاساسية من فحص الرص للتربة هو لتحضير نماذج مسبوكة remolded samples بكثافات جافة مختلفة ومحتوى رطوبي متغير لغرض أستخدامها في بقية الفحوصات.ويوضح الجدول (٣) مقدار الكثافات الجافة التي تم تحضير النماذج على اساسها مع المحتوى الرطوبي:

جدول (٣) يمثل قيم الكثافة الجافة مع نسب الرطوبة المقابلة لها

الرص القياسي			الرص المطور		
رمز النماذج	الكثافه الجافه kN/m³	المحتوى الرطوبي %	رمز النماذج	الكثافه الجافه kN/m³	المحتوى الرطوبي %
A	14	1.5	H	16	9.4
B	0.15	2.10	I	17	1.9
C	3.16	8.14	G	18	0.12
D	17	9.17	K	19	1.15
E	16	2.23	L	18	2.20
F	15	2.27	M	17	3.24
G	14	3.32	N	16	5.28

الفحص الصدمي:

تم أستخدام قوالب التربة التي تم رصها بكثافات مختلفة وبنسب رطوبة متغيرة بطريقتي الرص القياسي والرص المطور لغرض أجراء الفحص الصدمي(impact test) عليها ويبين جدول(٤) نتائج هذا الفحص

جدول (٤) يمثل قيم الفحص الصدمي للتربة حسب الكثافة الجافة المقابلة له

الرص القياسي			الرص المطور		
رمز النماذج	الكثافه الجافه kN/m³	C.I.	رمز النماذج	الكثافه الجافه kN/m³	C.I.
A	١٤	0.12	H	١٦	0.20
B	١٥	0.15	I	١٧	0.23
C	١٦	0.17	G	١٨	0.24
D	١٧	19	K	١٩	0.26
E	١٦	0.16	L	١٨	0.23
F	١٥	0.14	M	١٧	0.21
G	١٤	0.12	N	١٦	0.19

ملاحظة: تم عمل ٥ نماذج لكل نوع (A,B,C,.....,N) واجري الفحص الصدمي عليها وأخذ معدل النماذج الست لكل حالة.

Clegg Impact value : C.I.

وتوضح النتائج بأن قيم C.I (Clegg Impact) تزيد مع زيادة قيم الكثافة الجافة العظمى وان هذه الزيادة تكون في الجانب الجاف (Dry side) اعلى منها في الجانب الرطب (wet side) مما نستنتج بانه قيم C.I لنماذج التربة ذات الكثافات الجافة المتساوية تكون اكبر عندما تكون التربة ذات محتوى رطوبى اقل ، وهذا يعود الى أن التربة الرطبة ستمتص قسما من طاقة الصدم ولاتعكسه بالكامل كرد فعل الى وحدة السيطرة على عكس التربة الجافة .

تأثير سمك التربة على قيم الفحص الصدمي :

تم اجراء الفحص الصدمي على نموذج تربة مختلف الكثافة وبسمك كلي مقداره ٧٠سم ، حيث كان الجزء العلوي من النموذج ذو كثافة جافة مقدارها ١٤ kN/m3 بينما الجزء الاسفل كان بكثافة جافة تساوي ١٧ kN/m3 ، كما كان سمك كل قسم من التربة متغير كما موضح في جدول (١).
النتائج اوضحت بان قيم الفحص الصدمي تقل مع زيادة سمك التربة ذات الكثافة الاقل على حساب التربة ذات الكثافة الاعلى الى ان يصل سمكها لـ ٥٠ سم وبعدها تثبت قيمة الفحص الصدمي كما موضح في الشكل (٤) على الرغم من زيادة سمك الطبقة الاضعف وتقليل سمك الطبقة الاقوى ، حيث من المفترض أستمرار النقصان في قيم الفحص الصدمي وهذا يدل على ان جهاز الفحص يمكن أن يفحص لمدى ٥٠ سم وبعدها لا يأخذ بنظر الاعتبار التربة والطبقات التحتية .
وبالتالي فان هذا الجهاز يكون كفوءا ويمكن استخدامة بشكل كبير في التربة المحدولة والتي تكون دائما على شكل طبقات وبسمك محدد حسب مواصفات الحدل ، كذلك يمكن أستخدام جهاز ذو مطرقة (hammer) بوزن اكبر ليصل مقدار الصدم لعمق اكبر ، أو يمكن عمل حفرة (hole) في التربة وصولا" الى الطبقة المراد فحصها وانزال الجهاز ليقيس الطبقات التحتية ذات الاعماق التي تزيد عن ٥٠سم.

فحص الانضغاط غير المحصور

_ يوضح الجدول (٥) قيم الضغط غير المحصور للتربه وكذلك مقدار معامل المرونة elastic modulesوحسب الكثافات المبينه في الجدول السابق، كا توضح الاشكال (5-a & 5-b) العلاقة بين قيم الانضغاط غير المحصور وبين قيم الفحص الصدمي .

جدول (5-a) يمثل مقاومة الانضغاط غير المحصور ومعامل المرونة حسب كثافة التربة

رمز النموذج (النماذج محضرة بطريقة الرص القياسي)	مقاومة الانضغاط (كيلوباسكال)	معامل المرونة (كيلوباسكال) elastic modules
A	١٢.٧	4000
B	١٧.٦	6200
C	٢٦	8000
D	٥٠	11000
E	٢٤.٥	7700
F	١٤	6000
G	٩	3800

جدول (5-b) مقاومة الانضغاط غير المحصور ومعامل المرونة حسب كثافة التربة

رمز النموذج (النماذج محضرة بطريقة الرص المطور)	مقاومة الانضغاط (كيلوباسكال)	معامل المرونة (كيلوباسكال) elastic modules
H	٢١.٢	11800
I	٥٦	13400
J	٨٠	14900
K	١٠٥	17800
L	٨١.٨	13400
M	٤٧.٩	11200
N	٢٣.٥	١٠٨٠٠

فحص القص المباشر

تم اجراء فحص القص المباشر على نماذج التربة التي تم تحضيرها بكثافات مختلفة وبمحتوى رطوبي متغير ويوضح الجدول(6) قيم زاوية الاحتكاك الداخلى للنماذج، كما توضح الاشكال (6-a & 6-b) العلاقة بين زاوية الاحتكاك الداخلي وبين قيم الفحص الصدمي .

جدول (6-a) يمثل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة حسب كثافة التربة

رمز النموذج (النماذج محضرة بطريقة الرص القياسي)	زاوية الأحتكاك الداخلي
A	32°
B	2.33°
C	6.34°
D	5.36°
E	2.33°
F	٣٢°
G	٣١°

جدول (6-b) يمثل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة حسب كثافة التربة

رمز النموذج (النماذج محضرة بطريقة الرص المطور)	زاوية الأحتكاك الداخلي
H	3.34°
I	3.36°
J	2.38°
K	40°
L	1.38°
M	0.36°
N	34°

ومن خلال نتائج فحصي الانضغاط غير المحصور والقص المباشر نلاحظ بأن قيم C.I (Clegg Impact) ترتبط مع قيم مقاومة التربة المستحصلة من الفحوصات الاخرى حيث تزيد مع زيادة قيم الانضغاط غير المحصور وزاوية الاحتكاك الداخلي ، وكما لاحظنا سابقا في العلاقة بين الكثافة الجافة وقيم الفحص الصدمي فأن الزيادة تكون في الجانب الجاف (Dry side) اعلى منها في الجانب الرطب (wet side) مما نستنتج بانه قيم C.I لنماذج التربة ذات الكثافات الجافة المتساوية تكون اكبر عندما تكون التربة ذات محتوى رطوبى اقل ، وهذا يعود الى أن التربة الرطبة ستمتص قسما من طاقة الصدم ولاتعكسه بالكامل كرد فعل الى وحدة السيطرة على عكس التربة الجافة .

كما موضح في الاشكال 5-a ، 5-b ، 5-a ، 5-b .

وتم وضع المعادلات التالية بأستخدام برنامج أحصائي لتخمين قيم معامل المرونة من خلال قيم الفحص الصدمي ،وهذه المعادلات تستخدم للتربة المدروسة وهي تربة غرينية واطئة اللدونة ML.

$$E_s = 0.3 * (C.I)^2 \qquad \text{For } C.I. < 20$$
$$E_s = 0.3 * (C.I)^2 - C.I \qquad \text{For } C.I. > 20$$

كما تم أقتراح الجدول التالي من نتائج البحث والذي يحدد تقييم للتربة من خلال قيم C.I

Soil assessment	C.I value
Very soft soil	<١٣
Soft soil	١٣-١٥
Medium soil	١٦-١٩
Stiff soil	٢٠-٢٣
Very stiff soil	>٢٣

الأستنتاجات:

- الجهاز يعطي نتائج جيدة ويمكن الاعتماد علية في تقيم مقاومة التربة .
- الجهاز يعطي نتائج معتمدة لعمق لا يتجاوز ٥٠سم.
- في حالة تجاوز سمك التربة لـ ٥٠سم لا ينصح باستخدام هذا الجهاز بصورة مباشرة بل ينصح بعمل حفرة وإنزال الجهاز للأسفل لقياس خواص التربة التحتية.
- التربة ذات نسب الرطوبة العالية تؤدي إلى تقليل قيم الفحص الصدمي بسبب امتصاص الرطوبة لجزء من طاقة الصدم.

References:-

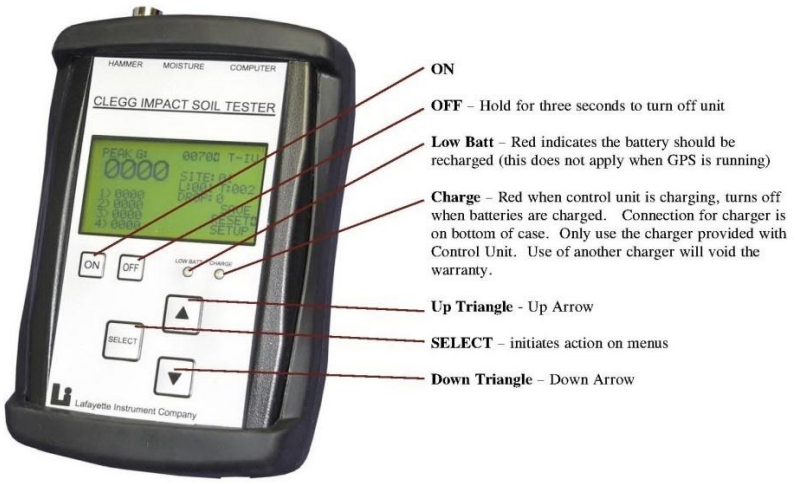
1. Ziaddin A. Khan , Omar S. , Ibrahim M. and Hamad I. "Field And Laboratory Assessment Of The Clegg Hammer – CBR Correlation " The Fourth Saudi Engineering Conference ,Nov.1995,Vol.II.

2.Ellis C." Soil Compaction At Low Moisture Content ,Field Trials In Sudan" Seventh Regional conference for Africa On Soil Mechanics And Foundation Engineering ,Accra, June, 1980 .

3. Murad Y. , Khalid Alshilibi., Munir D. And Ekem S. "Assessment Of In-Situ Test Technology For Construction Control Of Base Course And Embankments" LTRC Project No.02-1GT, State Project No. 736-02-0995, May 2004.

4".Clegg Manual" Lafayette Instrument company Europe 2008.

5. Wendy M. Thompson "Correlating Responses Of Portable Field Instruments Uses For Testing Aggregate And Soil Pavement Layers" M.Sc. Thesis , Civil & Environmental Dept., Brigham University,2009.



Control Unit

شكل رقم (1-a)

Photo of Device

شكل رقم (1-b)

Diagram A

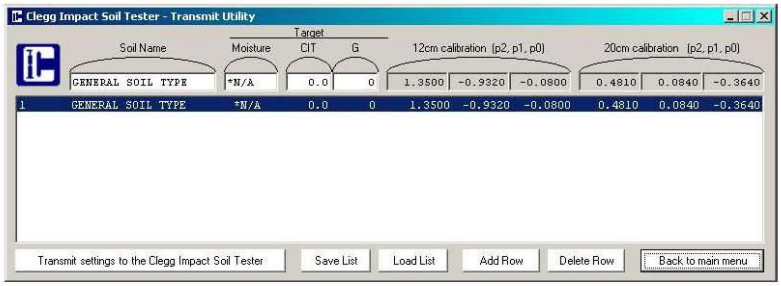


Diagram B

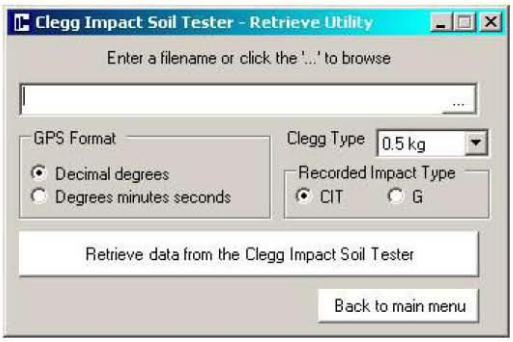
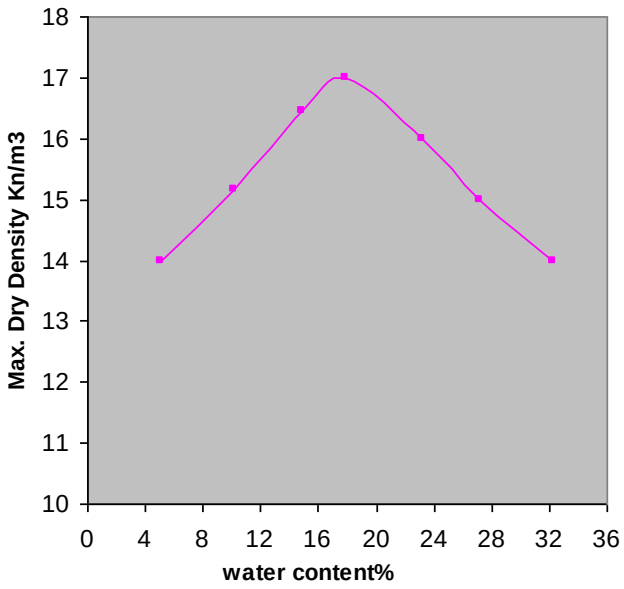


Diagram C

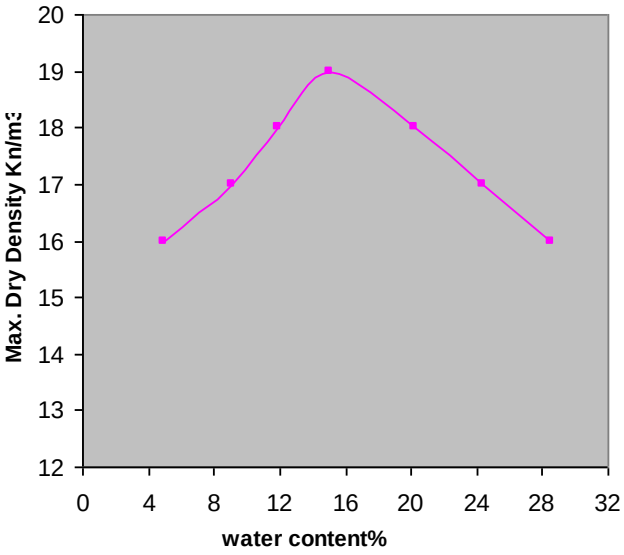
Menu of the Impact progrm

شكل رقم (2)



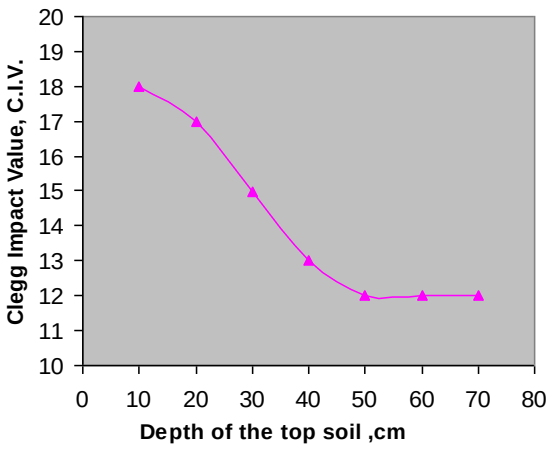
standard compaction curve

شكل(3-a)

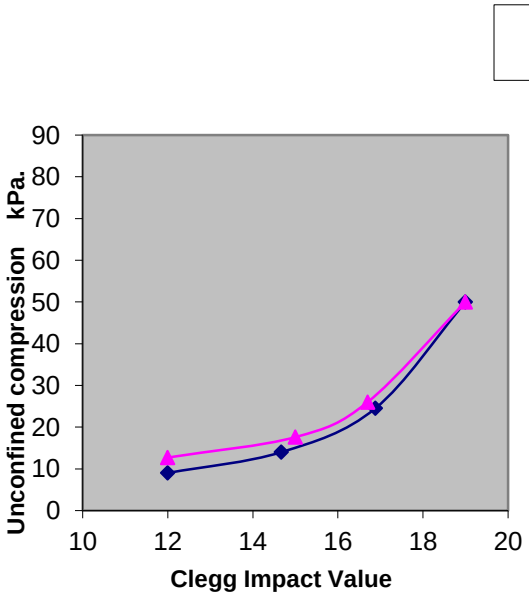


modified compaction curve

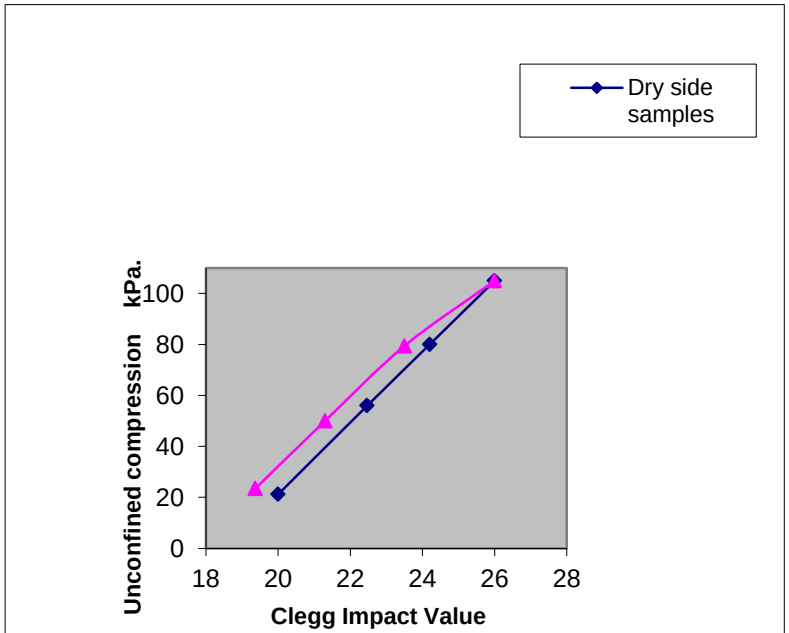
شكل(3-b)



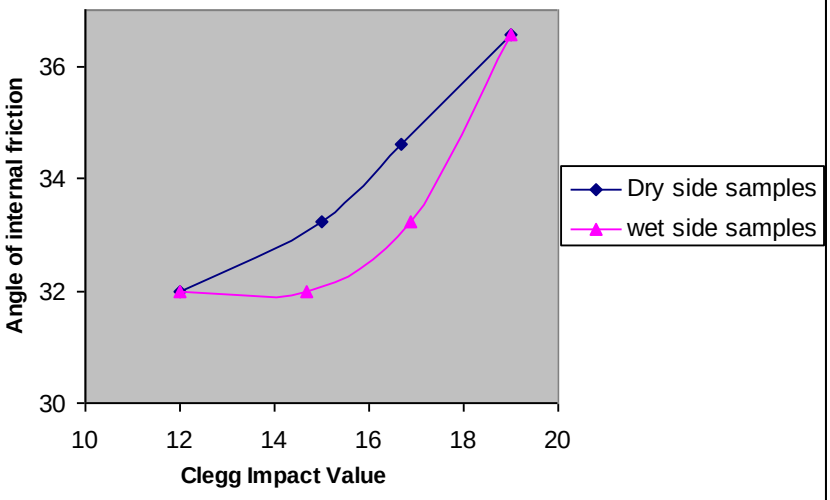
Depth of the top soil - clegg impact value
شكل (4)



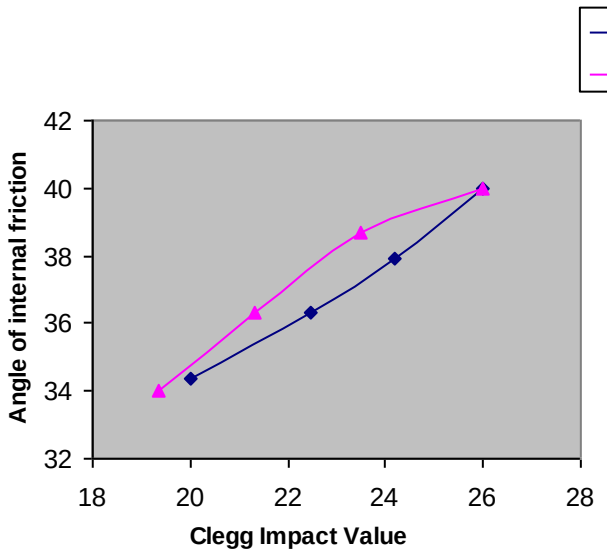
unconfined compression - clegg impact value
for samples prepared by standard compaction
شكل (5-a)



unconfined compression - clegg impact value
for samples prepared by modifed compaction
شكل (5-b)



Angle of internal friction - clegg impact value
for samples prepared by standard compaction
شكل (6-a)



Angle of internal friction - clegg impact value for samples prepared by modified compaction

شكل (6-b)