

A Comparison between Results of Compaction for Soil

Husam Hikmat Baqir 

Building and Construction Engineering Department, University of Technology/Baghdad.
Email: husamhb65@yahoo.com

Received on: 27/2/2012 & Accepted on: 24/6/2012

ABSTRACT

Compaction test is one of the important laboratory tests to determine the soil characteristic properties, as well as standard penetration test is the standard field test for identifying many properties of the soil of which are confined compressive strength and bearing capacity of the foundations.

In this study, a manufactured mechanical device is used to make a simplified simulation of a standard compaction Proctor test through a mechanism to facilitate an equivalent energy in a simpler way. A number of laboratory tests are implemented on different soils and a comparison between the results of examination of the new compaction device was made. The results of the standard compaction Proctor test and the results of the new apparatus are very encouraging.

Keywords: soil compaction, proctor test.

مقارنة بين نتائج فحوص الرص للتربة

الخلاصة

يعتبر فحص الرص من الفحوصات المختبرية المهمة لتحديد الخواص التعريفية للتربة، وكذلك يعتبر فحص الاختراق القياسي من الفحوصات الحقلية المهمة المعتمدة في تحديد العديد من خواص التربة منها مقاومة الانضغاط غير المحصور وقابلية تحمل الأسس. في هذه الدراسة تم تصنيع جهاز ميكانيكي مبسط للقيام بمحاكاة جهاز فحص الرص القياسي (بروكتور) من خلال تسهيل آلية الطرق والحصول على طاقة رص مكافئة بطريقة أبسط. تم إجراء عدد من الفحوصات المختبرية على ترب مختلفة وأجريت مقارنة بين نتائج فحص الرص بالجهاز الجديد ونتائج الفحص بجهاز الرص القياسي (بروكتور) وكانت النتائج مشجعة جداً.

المقدمة

رص التربة هو عملية تقريب جزيئات التربة (المشبعة جزئياً بالماء) مع بعضها باستخدام طرق ميكانيكية لغرض زيادة كثافة التربة الجافة. تتم تلك العملية من خلال تقليل حجم الفراغات. لا يمكن

تقليل حجم الهواء الى الصفر ولكن بمستوى معين من السيطرة يمكن تقليل حجم الفراغات الى حد ما، وهذه العملية تتم بإضافة الماء.

تتطلب العديد من المشاريع الهندسية استخدام التربة كمادة دفن . وحيث أن استخدام التربة في اعمال الدفن يحتاج الى اجراء عملية الرص لجعل حالتها كثيفة (Dense) لحين الحصول على خواص مقنعة والتي لايمكن الحصول عليها عندما تكون التربة مفككة (Loose) . ان رص التربة حقلياً يتأثر عادة بعدة عوامل ميكانيكية كالدرجة (Rolling) أو الطرق (Ramming) أو الاهتزاز (Vibrating). ان عملية السيطرة على درجة الرص ضرورية جدا للحصول على نتائج مقنعة وبكفاءة منطقية . و لغرض السيطرة على الطرق المستخدمه في الحقل يجب اجراء الرص المختبري. ان الفحوصات المختبرية للرص تزودنا بالاتي [1] :-

1- العلاقة بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة بطاقة رص معينة.

2- تحديد أفضل نسبة محتوى رطوبة لاعطاء اعلى كثافة جافة.

هناك عدة طرق مختبرية لاجراء فحوصات الرص . ان تحديد أختيار الطريقة الامثل في الاستخدام كقاعدة للرص تعتمد على طبيعة العمل و نوع التربة ونوع أجهزة الرص المستخدمة في الحقل.

نظرية الرص Compaction Theory

يحدث الرص للتربة عند تعرضها لضغط ينتج عنه اعادة ترتيب الحبيبات تحت تأثير محتوى مائي معين. ويكمن الغرض من رص التربة الى ايجاد اقصى كثافة جافة (Maximum dry unit weight) ($> d_{max}$) ومحتوى الرطوبة الامثل (Optimum moisture content) (OMC) المناظر لها. ويعد محتوى الرطوبة الامثل حدا فاصلا، فاذا كان المحتوى المائي للتربة اقل من هذا الحد فان التربة تكون صعبة الرص وذات فراغات كبيرة تؤدي الى انخفاض كثافتها الجافة اما اذا كان المحتوى المائي اعلى من هذا الحد فان حبيبات التربة تكون قابلة للحركة والانزلاق والتباعد مما يؤدي الى انخفاض كثافتها الجافة ايضا .

هناك عدة فحوصات تستخدم لرص التربة في المختبر لمحاكاة رصها في الحقل نظرا لسهولة وسرعة اجراء هذه الفحوصات والتي اهمها [1] :

١. فحص بروكتور القياسي Standard Proctor test

٢. فحص بروكتور المعدل Modified Proctor test

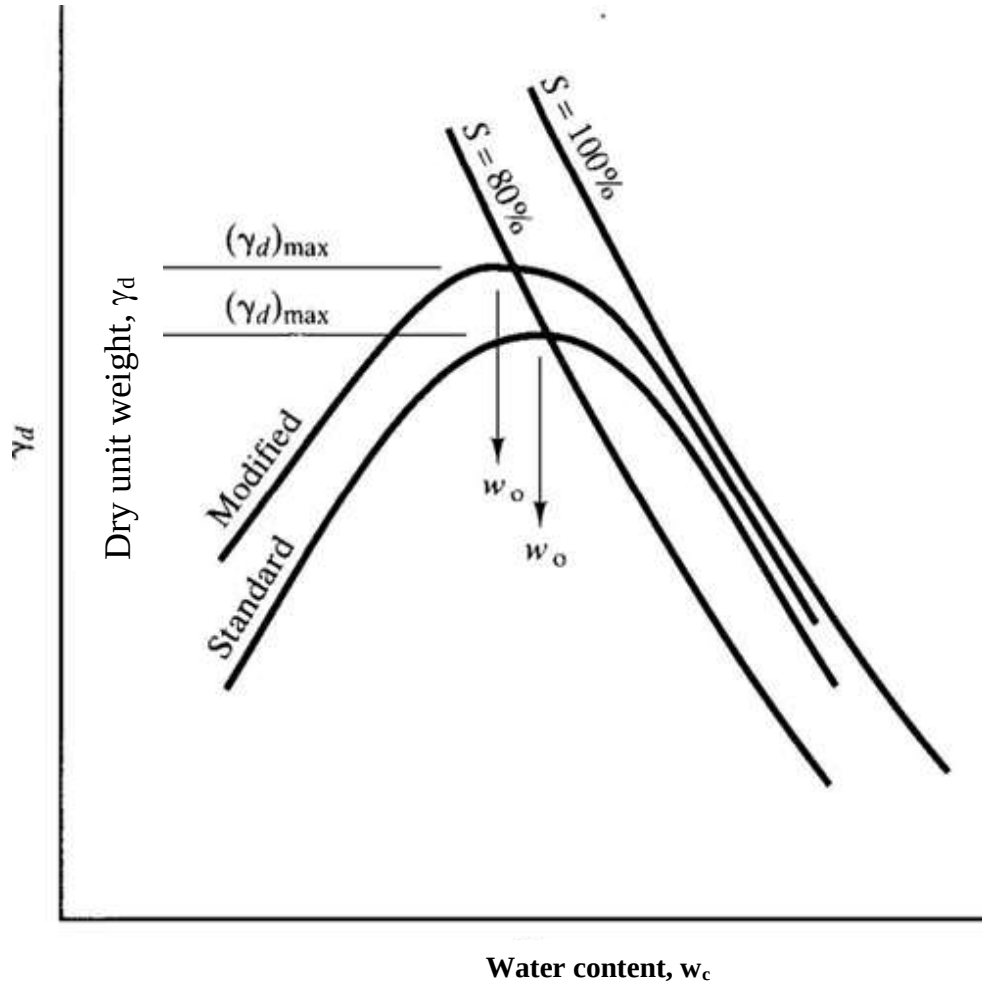
٣. فحص هارفرد Harvard test

٤. الفحص الاستاتيكي Static test

ويعد فحصا بروكتور القياسي والمعدل الاكثر والاوفر والاسهل استخداما. ويمكن تحديد الكثافة الجافة للتربة بمعرفة كثافتها الرطبة ونسبة المحتوى المائي لها باستخدام العلاقة:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}} \quad (1) \dots\dots\dots$$

وتتمثل هذه العلاقة برسم منحنى بين نسبة المحتوى المائي للتربة على المحور الافقي والكثافة الجافة على المحور الراسي كما موضح في الشكل رقم (١).



الشكل (١): العلاقة بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة.

فحص بروكتور القياسي [2] Standard Proctor Test

يهدف هذا الفحص الى تحديد اقصى كثافة جافة ($\gamma_d \max$) ومحتوى الرطوبة الامثل (OMC) المناظر لها. ويتم هذا الفحص بتحضير اربع او خمس عينات من التربة المعنية، بحيث تتضمن كل عينة محتوى مائي يزيد عن سابقتها بحوالي (٢-٣)%. وترص كل عينة في قالب (mold) له ابعاد ثابتة وهي:

- قطر القالب diameter of mold = ١٠١,٦ ملم
- ارتفاع القالب height of mold = ١١٦,٤٣ ملم
- حجم القالب volume of mold = ٩٤٣,٣ سم^٣

الشكل رقم (٢) يبين نوع القالب المستخدم في رص التربة والمطرقة التابعة له، حيث يثبت هذا القالب على قاعدة تابعة له، بينما يثبت في اعلاه ملحق أو طوق يثبت به عند اجراء الرص. وفي هذا الفحص يتم خلط التربة جيدا بنسبة الماء المضافة ثم توضع في القالب على ثلاث طبقات متساوية، وترص كل طبقة بمقدار ٢٥ ضربة بواسطة مطرقة تزن 2.5 كغم وارتفاع سقوطها الحر 30.5 سم وبعد رص التربة يتم ايجاد وزن التربة ومن ثم كثافتها الرطبة (γ) من العلاقة:

$$\gamma = \frac{W}{V_m} \quad \dots (٢)$$

حيث أن: W = وزن عينة التربة المستخدمة.

V_m = حجم القالب.

وفي كل فحص تؤخذ عينة من التربة المستخدمة لتحديد نسبة المحتوى المائي، وباستخدام المعادلة (١) يمكن تحديد الكثافة الجافة لكل فحص ثم ترسم العلاقة بينها وبين المحتوى المائي لتحديد (γ_d) و (OMC) كما في الشكل رقم (١).



الشكل (٢): القالب القياسي لرص التربة مختبريا.

فحص بروكتور المعدل [3] Modified Proctor Test

يعد هذا الفحص طريقة معدلة ومطورة لفحص بروكتور القياسي، باستخدام نفس مواصفات القالب بهدف الحصول على نتائج تؤدي الى زيادة اقصى كثافة جافة للتربة. ويختلف فحص بروكتور المعدل عن الفحص القياسي في الاتي :

- عدد طبقات الرص = ٥ طبقات
- وزن المطرقة = 4.54 كغم
- ارتفاع سقوط المطرقة = 45.72 سم

وغالبا ماتتراوح اقصى كثافة جافة لمختلف انواع التربة بين ١٣ الى ٢٣ كيلونيوتن/متر مكعب بينما تتراوح قيم نسبة محتوى المياه المثلى من 10% الى 20%. كما وجد بان رص التربة يقلل ٩٠% من النضوح في القنوات [4]

العوامل المؤثرة على الرص Factors Affecting Compaction

باستخدام اي نوع من فحوصات الرص فان الخواص الهندسية للتربة المرصودة وتركيبية حبيباتها تتأثر بعدة عوامل اهمها [5] ، [6] :

(١) نوع التربة

تتأثر عملية رص التربة بحسب نوعها وخواص حبيباتها مثل شكل الحبيبات وتوزيعها والوزن النوعي لها ونسبة المواد الطينية بها. والشكل رقم (٣) يوضح المنحنيات التي تربط بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي لخمسة أنواع من التربة بحسب تكويناتها. فعلى سبيل المثال: التربة ذات الخليط من الحصى والرمل لها اعلى كثافة جافة واقل محتوى مائي مقارنة بالتربة الطينية الثقيلة التي لها اقل كثافة جافة واعلى محتوى مائي.

(٢) طاقة الرص

تعد طاقة الرص من المعايير التي يمكن من خلالها الحكم على جودة رص التربة. ومن الملاحظ أن الزيادة في طاقة الرص تؤدي الى زيادة في الكثافة الجافة ونقصان في نسبة المحتوى المائي لجميع انواع التربة وهذا واضح في الفرق بين فحص بروكتور القياسي وفحص بروكتور المعدل. وحسابيا فان طاقة الرص لكل وحدة حجم يمكن تحديدها من العلاقة:

$$E = \frac{N_b \cdot N_l \cdot h \cdot W_h}{V_m} \quad \dots (٣)$$

حيث أن: E = طاقة الرص.

N_b = عدد الضربات في كل طبقة.

N_l = عدد الطبقات.

h = ارتفاع سقوط المطرقة.

W_h = وزن المطرقة.

V_m = حجم القالب.

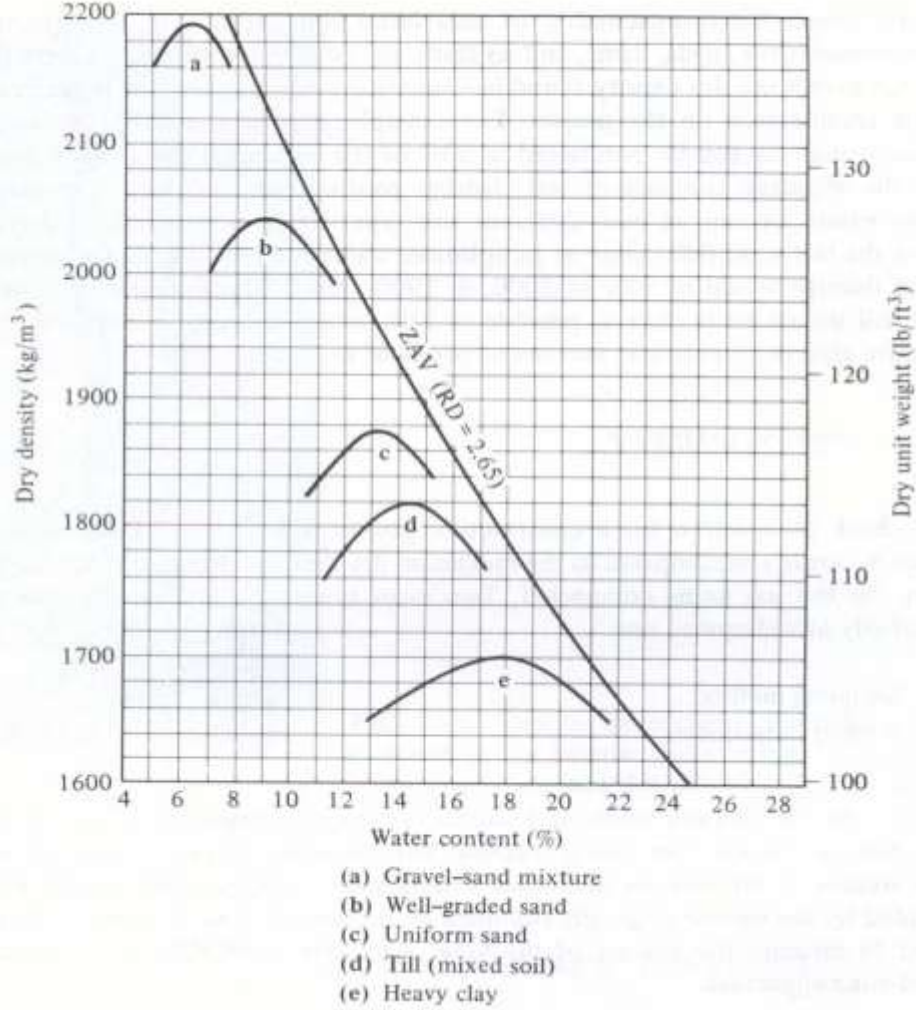
وبالتالي فان طاقة الرص التي يولدها فحص بروكتور القياسي تكون :

$$E = \frac{\frac{25 \text{ blows}}{\text{layer}} \cdot 3 \text{ layers} \cdot 0.305 \text{ m} \cdot 2.50 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{943.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{1000} = 594.73 \frac{\text{Kj}}{\text{m}^3} \dots \dots \dots (4)$$

اما طاقة الرص التي يولدها فحص بروكتور المعدل فانها:

$$E = \frac{\frac{25 \text{ blows}}{\text{layer}} \cdot 5 \text{ layers} \cdot 0.4572 \text{ m} \cdot 4.54 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{943.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{1000} = 2698.3 \frac{\text{Kj}}{\text{m}^3} \dots \dots \dots (5)$$

حيث ان طاقة الرص الناتجة عن فحص بروكتور المعدل تزيد باربعة اضعاف الطاقة التي ينتجها فحص بروكتور القياسي. ويبين الجدولان (١) و (٢) مقارنة بين طاقة الرص لانواع مختلفة من الرص .



الشكل (٣): منحنيات الرص لأنواع مختلفة من التربة

٣) المحتوى المائي :

المحتوى المائي للتربة هو العامل الرئيسي للحصول على أقصى كثافة جافة للتربة تحت تأثير درجة رص معينة. ويزيد المحتوى المائي لعينات التربة المستخدمة بهدف الحصول

على محتوى الرطوبة الأمثل للرص ، ومن خلال المنحنى الذي يربط الكثافة الجافة مع نسبة المحتوى المائي للتربة فإنه عند أي قيمة للكثافة الجافة قيمتان للمحتوى المائي W_1 و W_2 ، عدا أقصى كثافة جافة فإنها تعطي قيمة واحدة وهي (OMC). وهذه دلالة على مدى تأثير عامل المحتوى المائي على رص التربة .

جدول (1): مقارنة بين طرق الرص.

نوع الرص	ال قالب	وزن المطرقة Kg	ارتفاع السقوط (mm)	عدد الطبقات	عدد الضربات
الرص القياسي	قالب قياسي حجمه (٩٤٤) سم ^٣	2.5	٣٠٥	3	25
	القالب الانكليزي بحجم (١٠٠٠) سم ^٣	2.5	300	3	27
	قالب ال CBR بقطر (١٥٠) ملم و ارتفاع (١٢٥) ملم.	2.5	300	3	٥٦
الرص المعدل	قالب قياسي حجمه (٩٤٤) سم ^٣	4.5	457	5	25
	القالب الانكليزي	4.5	450	5	27
	قالب ال CBR	4.5	450	5	56
الاهتزاز	CBR	32 to 41	اهتزاز	3	1 كحد أدنى
Dietert	قطر 50ملم	8.14	50.8	2 ends	10 في كل نهاية

جدول (٢): مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص و المواد (ASTM) لطريقتي الرص القياسي و المعدل.

	Standard Proctor ASTM 698			Modified Proctor ASTM 1557		
	Method A	Method B	Method C	Method A	Method B	Method C
Material	$\leq 20\%$ Retained on No.4 Sieve	$>20\%$ Retained on No.4 $\leq 20\%$ Retained on 3/8" Sieve	$>20\%$ Retained on No.3/8" $<30\%$ Retained on 3/4" Sieve	$\leq 20\%$ Retained on No.4 Sieve	$>20\%$ Retained on No.4 $\leq 20\%$ Retained on 3/8" Sieve	$>20\%$ Retained on No.3/8" $<30\%$ Retained on 3/4" Sieve
For test sample, use soil passing	Sieve No.4	3/8" Sieve	3/4" Sieve	Sieve No.4	3/8" Sieve	3/4" Sieve
Mold	4" DIA	4" DIA	6" DIA	4" DIA	4" DIA	6" DIA
No. of Layers	3	3	3	5	5	5
No. of blows/layer	25	25	56	25	25	56

نظرية الرص :

بإضافة محتوى ماء معين فإن جزيئات التربة تحاط بطبقة خفيفة من الماء تجعل جزيئات التربة تنزلق على بعضها مما يساعدها على ترتيب نفسها تحت طاقة رص معينة . بزيادة محتوى الرطوبة فإن الماء يسهل رص جزيئات التربة الى حد ما. الحد الأقصى والذي عنده يكون محتوى الرطوبة الأمثل ويحدث نقصان الأعلى في حجم الفراغ . أن إضافة الماء لأعلى من الحد المثالي يؤدي الى دفع جزيئات التربة وبذلك تقل كثافة التربة أي تصبح كمية التربة ضمن حجم معين أقل من الحالة المثالية مسببة بذلك نقصاناً في الكثافة الجافة . ان عملية الاستمرار بإضافة الماء تعني نقصاناً مستمراً في الكثافة الجافة . و بزيادة طاقة الرص تزداد الكثافة الجافة العظمى ولكن تحت تأثير محتوى رطوبة أمثل أقل مقارنة بالحالة السابقة .

أنواع أخرى من فحوصات الرص

جهاز الرص الميكانيكي :

هو جهاز يتم ربطه بطاقه كهربائية من أجل القيام بعملية الرص ، حيث يتم تحديد عدد الضربات لكل طبقه و كذلك ارتفاع السقوط و الوزن و هذا يعني انه يستطيع ان يعمل كجهاز بروكتر اذا تم تحديد ارتفاع السقوط ب ٣٠ سم و عدد الضربات 25 ضربه و الوزن 2.5 كغم ، الشكل رقم (٤) .
و تتم عملية الرص المختبري عن طريق وضع التربة (العابرة من منخل رقم 4 ملم بعد خلطها بالماء بكميات مناسبة) على شكل 3 طبقات بحيث ان كل طبقه تحصل على 25 ضربة.
كما يعمل كجهاز بروكتر المعدل اذا تم تحديد ارتفاع السقوط ب ٤٥ سم و عدد الضربات 25 ضربة و الوزن 4.5 كغم . ان استخدام ماكينة الرص يقلل من الجهد المبذول لاجراء الفحص.
لقد وجد من خلال البحوث ان الكثافة المستحصلة من جهاز الرص الميكانيكي اقل من تلك المستحصلة باستخدام الطرق اليدوي وذلك يعزى الى الاختلاف في توزيع الطرق. يكون حجم القالب 0.000944 م³ وقطر القالب 0.105م وارتفاع القالب 0.1155 م .



الشكل (٤) : جهاز الرص الميكانيكي.

الرص باستخدام المطرقة الهزازة :

هذا الفحص يستخدم للترب غير المتماسكة . المبدأ شبيه بمبدأ الفحص القياسي عدا استخدام مطرقة هزازة بدلاً من السقوط الحر للمطرقة وقالب ال CBR . وتكون طاقة الرص بالاهتزاز 50% من الطاقة الكهربائية الداخلة ، حيث تتحول الى طاقة ميكانيكية نصفها يمتص من خلال نموذج التربة [1] :

$$\frac{600 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 60 \times 3}{2300} \times 1000 = 11739 \text{ kJ/m}^3 \quad \dots (6)$$

نسبة طاقة الرص بالمطرقة الهزازة الى طاقة الرص بجهاز بروكتور المعدل تساوي تقريباً نسبة طاقة الرص المعدل الى القياسي أي حوالي (4.5).

الرص الساكن :

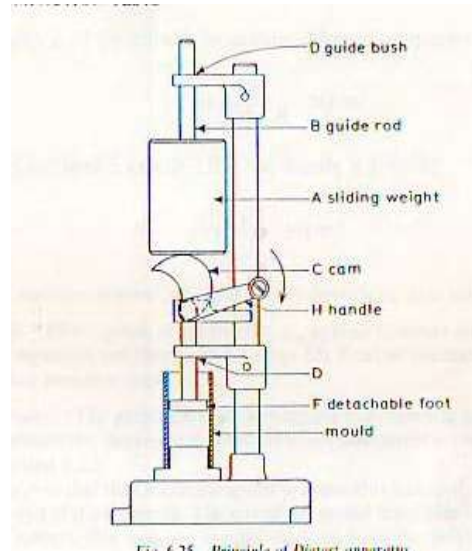
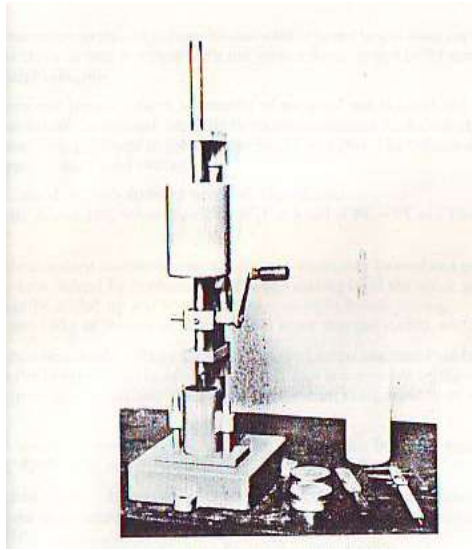
يمكن اجراء الرص للتربة باستخدام قالب الرص القياسي أو قالب ال CBR تحت ضغط ساكن للحصول على نموذج بكثافة معروفة ومحتوى رطوبة محدد والطريقة الشائعة هي بوزن كمية محددة من التربة اللازمة لملء القالب بكثافة محددة ثم تضغط التربة داخل القالب باستخدام ماكينة ضغط أو اي جهاز مناسب. و لا يستخدم هذا الفحص لتحديد العلاقة بين الكثافة ومحتوى الرطوبة.

الرص بجهاز ال Dietert :

تم صنع هذا الجهاز في امريكا عام 1945 . يحتاج الفحص نموذجاً صغيراً من التربة . يوضح الشكل رقم (٥) مبدأ عمل الجهاز الذي يعمل يدوياً. الوزن (A) مقداره 8 كغم تقريباً يسقط سقوطاً حراً من ارتفاع مقداره 5 سم تقريباً على نموذج تربة موضوع داخل قالب قطره (٥) سم تسلط عليه 10 ضربات ثم يدار القالب ويسلط على الوجه الاخر 10 ضربات أخرى ويحدد الحجم لنموذج التربة ومن معرفة الوزن والحجم ومحتوى الرطوبة تحدد الكثافة الجافة. من مساوى هذا الجهاز أنه لا يستخدم اذا كانت حبيبات التربة اكثر من 2 ملم. اما طاقة الرص باستخدام ال Dietert فهي:

$$\frac{8.18 * \frac{50.8}{1000} * 10 * 2 * 9.81}{\frac{\pi * 50.8^2}{4} * \frac{50.8}{1000} * 0.001} = 788 \text{ kJ/m}^3 \quad \dots\dots (7)$$

بفرض أن القطر (٥) سم و الارتفاع (٥) سم فان طاقة الرص باستخدام ال Dietert اكبر بحوالي 30% من طاقة الرص القياسي .



شكل رقم (٥) : تفاصيل الرص بجهاز Dietert.

مكونات الجهاز (المصنع) الجديد:

يتكون الجهاز من ثلاثة أجزاء رئيسية:

١. هيكل الجهاز.
٢. اسطوانة الرص.
٣. قالب الرص.

(١) هيكل الجهاز:

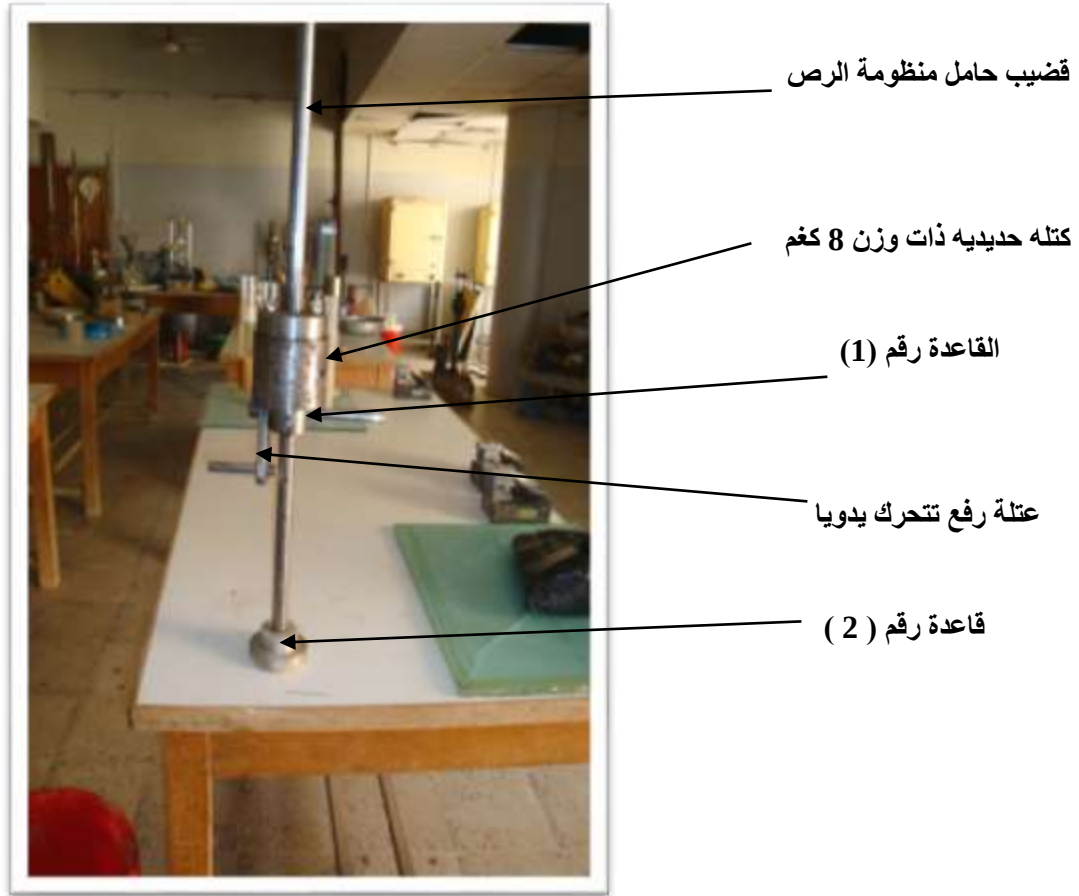
يتكون الهيكل من ثلاث صفائح و قضيبين: تمثل الصفيحة الأولى المصنوعة من الحديد الصلب قاعدة الجهاز التي تثبت على سطح التربة و هي ذات أبعاد (٣٨٠ x ١٣٩) ملم و بسمك (٢٥) ملم. و تم عمل حفرة أسطوانية عند قاعدة الصفيحة بقطر (٤٣) ملم و هذا القطر أكبر قليلا من قطر أسطوانة الاختراق. أما الصفائحان الثانية و الثالثة فهما مصنوعتان من الألومنيوم بأبعاد (٤١٠ x ٥٠) ملم و بسمك (٢٥) ملم أيضا. و يضم الهيكل قضيبين بقطر (١٨) ملم و بطول (٩٠٠) ملم يخترق الصفائح الثلاثة و يستقر عند الصفيحة السفلى. و يبين الشكل رقم (٦) تفاصيل الجهاز.



الشكل (٦) : تفاصيل الجهاز المصنع الجديد.

٢) منظومة الطرق

الجهاز الجديد يشبه في بعض أجزائه جهاز الرص Dietert مع تغيير مبدأ عمل الجهاز. تتألف منظومة الطرق من كتلة حديدية وزنها (٨) كيلوغرام تسقط سقوطاً حراً من ارتفاع محدد (٨٥) ملم ، حيث يتم رفع الكتلة الحديدية عن طريق عتلة على شكل نصف دائري ذات قطر (١٠٠) ملم يتم التحكم بها يدوياً عن طريق مقبض مثبت بها من الجانب حيث يقوم المشغل بتدوير هذا المقبض فتدور العتلة و بدورها ترفع الكتلة الحديدية الى الارتفاع المطلوب و عند استكمال دورة العتلة تسقط الكتلة على القاعدة رقم (١) و التي بدورها تنقل طاقة الطرق الى القاعدة رقم (٢) و تستقر الأخيرة على اسطوانة الطرق المثبتة داخل التجويف الموجود أسفل صفيحة القاعدة. و يوضح الشكل رقم (٧) تفاصيل منظومة الطرق.



الشكل (٧) : منظومة الطرق.

قالب الرص:

يستخدم قالب الرص لجهاز الرص القياسي (بروكتور) ، حجم القالب 944 سم³ و قطره 10.5 سم و ارتفاعه 11.55 سم و يثبت القالب على القاعدة الجهاز ضمن المكان المخصص له باستخدام اربعة براغي للثبيت. والشكل رقم (8) يوضح القالب المستخدم بالاضافه الى الصفحة الاولى (التي تكون من الحديد) والبراغي التي تثبت القالب على الصفحة.



الشكل (8) : طريقة تثبيت قالب الرص القياسي على قاعدة الجهاز.

طريقة الفحص بالجهاز الجديد

ان مبدأ عمل الجهاز هو تسليط طاقة رص مكافئة لطاقة الرص التي يولدها جهاز الرص القياسي (بروكتور). و بالرجوع الى المعادلة (٤) و بتثبيت طاقة الرص عند ٥٩٤,٧٣ كيلوجول/م^٢، تم التوصل الى القيم التالية للمتغيرات في المعادلة:

- عدد الطبقات (٣).
- وزن الكتلة الساقطة (٨) كغم.
- ارتفاع السقوط (٨,٥) سم.
- عدد الضربات (٢٨) ضربة.

و يمكن تلخيص خطوات العمل بالتالي:

١. وزن (٣) كيلو غرامات من التربة المجففة بالفرن.
٢. اضافة الماء بنسبة (١٠%) من وزن التربة الجافة ثم تخطط التربة بشكل جيد.
٣. تدهن جوانب قالب الرص القياسي و يوزن القالب (بدون الطوق أو الغطاء) و يثبت الوزن W_1 .
٤. يتم رص التربة داخل القالب على ثلاث طبقات بحيث يتم طرق كل طبقة (٢٨) طريقة توزع بشكل متجانس من خلال المطرقة التي تسقط سقوطاً حراً من ارتفاع (٨,٥) سم، و يجب التأكيد على تثبيت الطوق فوق القالب للطبقة الأخيرة ليكون ارتفاع التربة أعلى من مستوى القالب بحدود ٦ ملم.
٥. بعد انتهاء الطرقات للطبقة الثالثة يزال الطوق و يسوى سطح التربة بواسطة سكين.
٦. يوزن القالب مع التربة التي بداخله و يثبت الوزن W_2 .
٧. تحسب الكثافة الرطبة للتربة من العلاقة:

$$\gamma_{wet} = \frac{W_2 - W_1}{Vol.} \cdot \gamma_w \quad \dots\dots\dots (8)$$

٨. يتم اخراج التربة من القالب باستعمال المكبس الهيدروليكي و تؤخذ عينة صغيرة من التربة من ارتفاعات مختلفة من قالب التربة لغرض ايجاد محتوى الرطوبة w . ثم تحسب الكثافة الجافة من العلاقة (١).

٩. يعاد خلط التربة بعد تفتيتها ثم تضاف اليها كمية من الماء بنسبة (٣-٥)% ثم تكرر الخطوات ٣-٨ اعلاه ، ويتكرر هذه العملية بحدود خمس مرات للحصول على قيم مختلفة من محتوى الرطوبة و الكثافة للتربة.

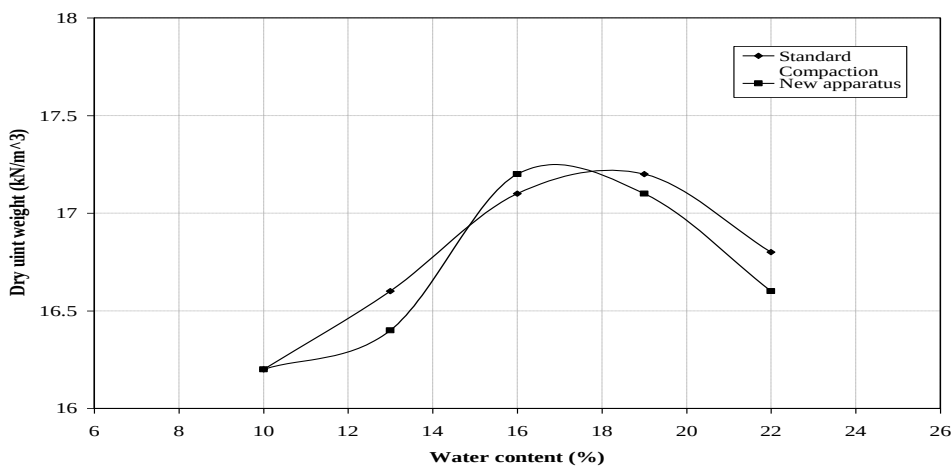
١٠. ترسم علاقة بيانية بين محتوى الرطوبة و الكثافة الجافة لتحديد الكثافة الجافة العظمى ومحتوى الرطوبة الامثل المناظر لها.

نتائج الرص بالجهاز الجديد و مقارنته مع الجهاز القياسي:

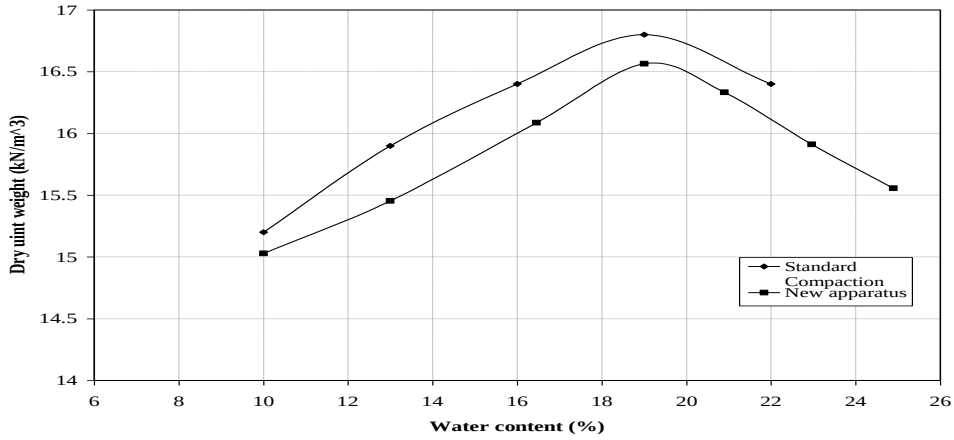
تم اختيار (٦) نماذج أخذت من مواقع مختلفة و أجريت عليها فحوصات حدود أتيربيرغ و التدرج الحبيبي و كانت النتائج كما في الجدول (٣). ثم أجري فحص الرص عليها بطريقة فحص الرص القياسي (بروكتور) و فحص الرص بالجهاز الجديد. و رسمت العلاقة بين محتوى الرطوبة و الكثافة الجافة وكما موضح في الأشكال (٩) الى (١٤).

جدول (٣): الخواص التعريفية للترب المستخدمة.

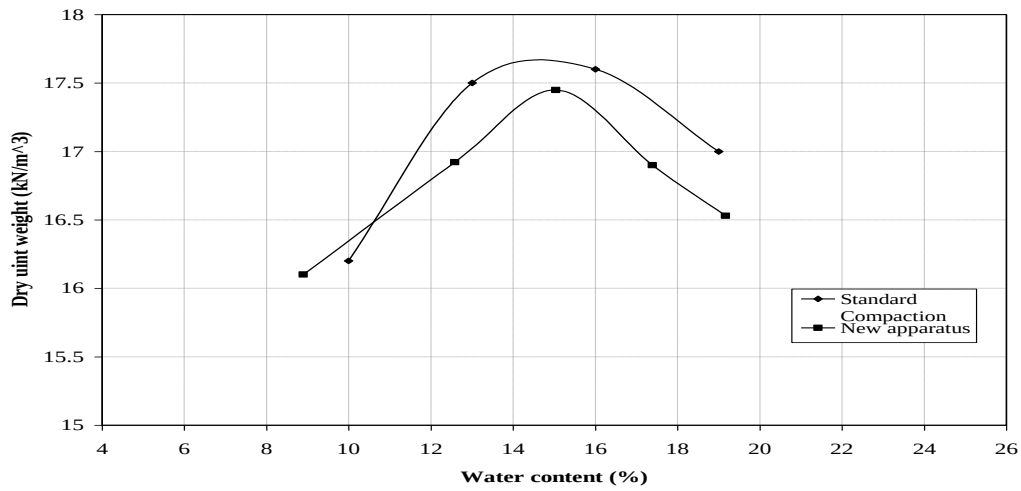
رقم النموذج	الموقع	حد السيولة (%)	حد اللدونة (%)	نسبة المواد الناعمة (%)
١	ديالى (خلف الكراج)	٣٨	١٩	٩٦
٢	الكوت	٥٣	٢٣	٩٧
٣	البصرة	٤٤	٢٢	٩٩
٤	ديالى (بلدروز)	٣٧	٢٠	٩٨
٥	العمارة	٤٨	٢٤	٩٣
٦	السماعة	٥٠	٢٣	٩٥



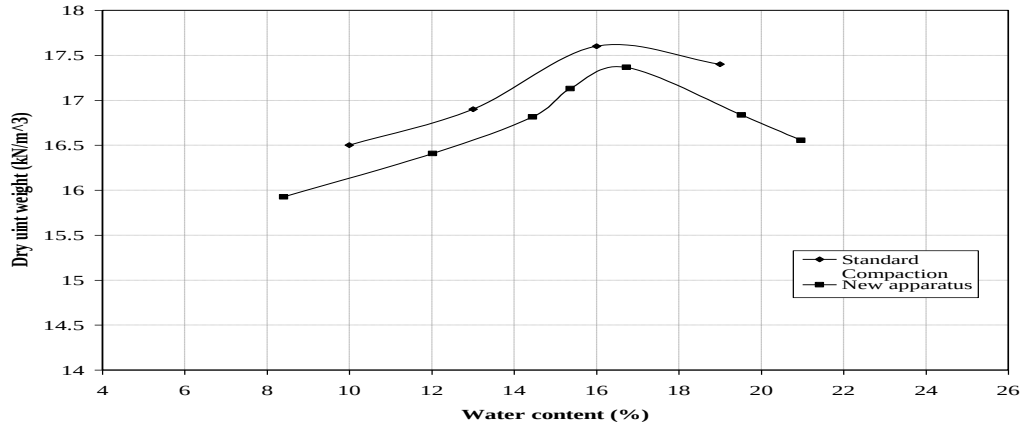
شكل (9): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في ديالى.



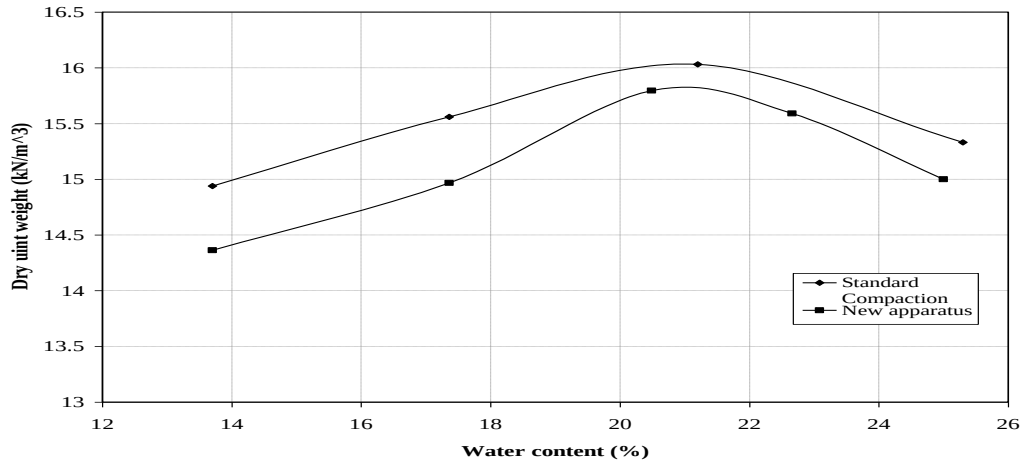
شكل (10): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في الكوت.



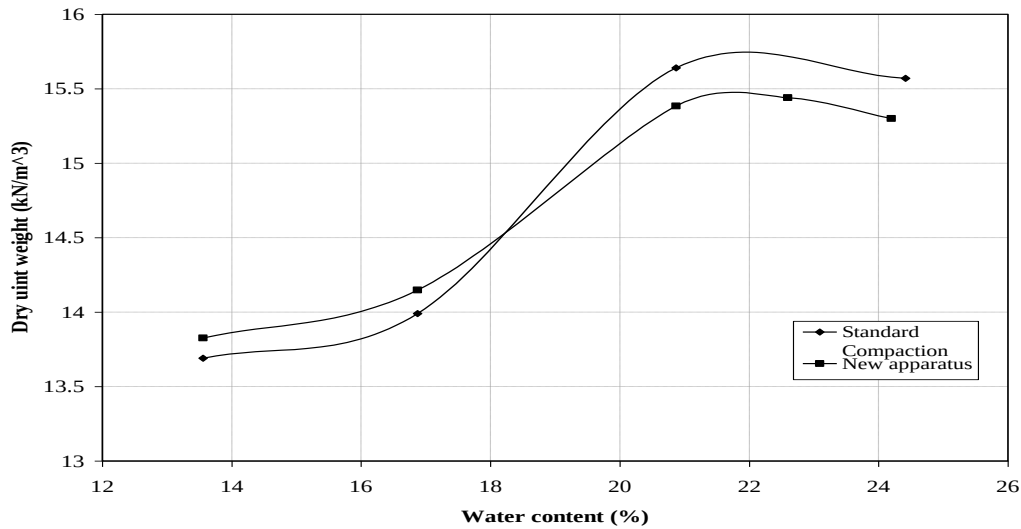
شكل (11): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في البصرة.



شكل (12): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في بلدروز.



شكل (13): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في العمارة.



شكل (14): مقارنة بين نتائج الرص لتربة موقع في السماوة.

يبين الجدول رقم (٤) مقارنة بين نتائج فحص الرص بطريقة بروكتور القياسي ونتائج فحص الرص بالجهاز المصنع ، حيث نلاحظ بان الاختلاف في محتوى الرطوبة الأمثل يتراوح ما بين ٠,٥ – ٧ %.

جدول (٤): مقارنة بين نتائج فحص الرص بالطريقتين.

رقم النموذج	الموقع	محتوى الرطوبة الأمثل (%)		الكثافة الجافة (kN/m³)		الاختلاف في محتوى الرطوبة الأمثل (%)	الاختلاف في الكثافة الجافة العظمى (%)
		بجهاز الرص القياسي	بجهاز الرص القياسي	بجهاز الرص القياسي	بجهاز الرص القياسي		
١	ديالى (خلف الكراج)	١٨	١٦,٨	١٧,٢١	١٧,٢٦	٧,١	٠,٣٠
٢	الكوت	١٨,٩	١٩,١	١٦,٧٧	١٦,٥٣	١,١	١,٥٠
٣	البصرة	١٤,٥	١٤,٣	١٧,٦٥	١٧,٤٨	١,٤	١,٠
٤	ديالى (بلدروز)	١٦,٢	١٦,١٥	١٧,٥٨	١٧,٤٠	٠,٣	١,٠٣
٥	العمارة	٢١,١	٢١,٠	١٦,٠٢	١٥,٧٨	٠,٥	١,٥٢
٦	السماوة	٢١,٨	٢١,٧	١٥,٧٢	١٥,٤٨	٠,٥	١,٦٠

الاستنتاجات

١. تصنيع جهاز ميكانيكي مبسط للقيام بوظائف متعددة. الوظيفة الأولى للجهاز هي محاكاة جهاز فحص الرص القياسي (بروكتور) من خلال تسهيل الية الطرق و الحصول على طاقة رص مكافئة بطريقة أبسط. و بعد تصنيع الجهاز، تم اجراء عدد من الفحوصات المختبرية و الحقلية على ترب مختلفة.
٢. عند مقارنة نتائج فحوصات الرص بالجهاز الجديد مع جهاز الرص القياسي (بروكتور) وجد أن هناك تقاربا جيدا بين منحنيات العلاقة بين محتوى الرطوبة و الكثافة الجافة، ووجد أن أكبر اختلاف في الكثافة الجافة العظمى هو ١,٦% و في محتوى الرطوبة الأمثل هو ٧,١%.

References

- [1]. Head, K.H. (1986), "Manual of Soil Laboratory Testing". Vol. 1, Prentch, press, London.
- [2]. ASTM D 698 (2004) - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbs/ft³ (600 kN-m/m³)).
- [3]. ASTM D 1557 (2004) - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbs/ft³ (2,700 kN-m/m³)).
- [4]. Charles M. Burt; Sierra Orivis ; Nadya Alexander (2009) "Canal Seepage Reduction by Soil Compaction" ASCE journal of irrigation and drainage.
- [5]. Bowels, J. E., (1996)," Foundation Analysis and Design", 5th edition, McGraw Hill Book Company.
- [6]. British Standards, 1377, (1967), "Methods of Testing Soils for Civil Engineering Purposes".