مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (6) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (6) 2013

دراسة العوامل المؤثرة في سلوكية الرص للترب الرملية الضيقة التدرج

الدكتور منذر عمران الزاوي*

(تاريخ الإيداع 2 / 4 / 2013. قُبِل للنشر في 17/ 7 / 2013)

∇ ملخّص ∇

الترب الرملية ولاسيما منها ضيقة التدرج هي ترب لها خصوصيتها عند الرص , ولهذا السبب فإن منحنيات الرص النظامية لهذه الترب قد لا يكون لها شكل منحني الرص التقليدي المتعارف عليه نفسه في الحالة العادية للترب الأخرى؛ لأن قابلية الترب الرملية للرص بسبب نفاذيتها العالية قليلة التأثر بنسبة الرطوبة .

يهتم هذا البحث بسلوكية الترب الرملية عند الرص عن طريق دراسة قيم كثافات بروكتور وعلاقاتها بالعوامل المستخدمة في تصنيف هذه الترب مثل : عامل عدم الانتظام – القطر الأعظمي للحبات – نسبة الفراغ الدنيا والعظمى – مقاومة القص للتربة .. الخ , وقد تبين بنتيجة البحث أن قيم كثافة بروكتور الموافقة للرطوبة المثالية ترتبط مع البارامترات المدروسة بعلاقات تقريبية مبسطة يمكن بوساطتها حسابها مباشرة , والاستغناء في كثير من الحالات عن إجراء تجربة الرص .

الكلمات المفتاحية : تربة رملية – رص – كثافة بروكتور – تصنيف التربة

* **استاذ – قسم الهندسة الجيوتكنيكية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية .**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (6) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (6) 2013

Study of the Factors that make influence on compaction behavior of non-wide graded sands

Dr.Mounzer Omran Alzawi*

(Received 2 / 4 / 2013. Accepted 17 / 7 / 2013)

∇ ABSTRACT ∇

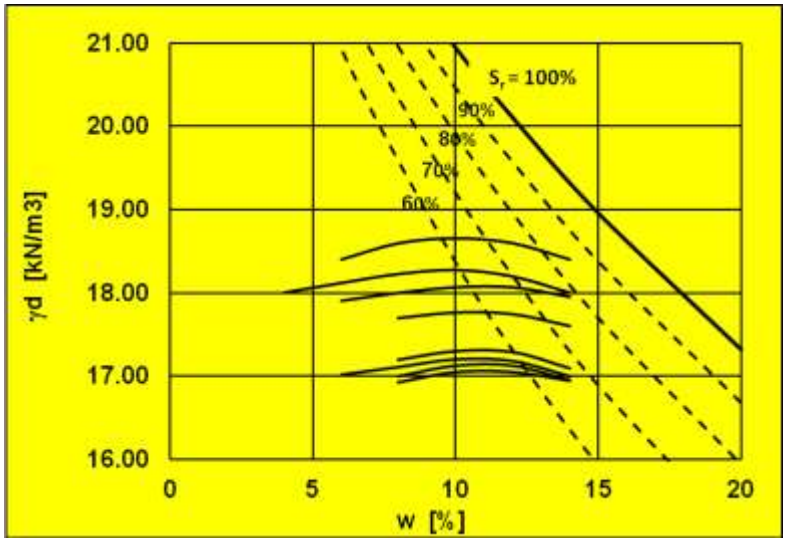
Coarse-grained soils, especially non-wide graded sands show a special behavior when they are compacted. The Proctor compaction curves of such soils usually take specific forms which differ from the traditional compaction curves, since due to their high permeability sand hardly lack of water influence . This research deals with the behavior of sandy soils under compaction prozess by a detailed study of the relationship Proctor-density (the maximum dry unit weight at which the optimum moisture content is attained) with the factors that are commonly used for soil classification such as : coefficient of uniformity , maximum diameter of soil particles , maximum and minimum void ratio and not least shear strength of the soil. The obtained results showed that the relationship between Proctor-density with the examined parameters can be printed by approximate relationships from which the values of the Proctor-density can be calculated directly and waivers in many cases for compaction tests .

Keyword : sand soil , compaction , Proctor-density , soil classification

* **Professor ,Department of Geotechnical engineering ,Tichreen University , Lattakia, Syria.**

مقدمة :

إن البارمترات المؤثرة التي تتحكم بتجربة الرص على التربة عموما وعلى التربة المفككة خصوصاً كثيرة ومتعددة وهي متعلقة أصلا بالخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة المراد رصها منها : عدم انتظام منحني التوزع الحبي للتربة , خشونة الحبيبات , القطر الأعظمي للحبيبات، نسبة الفراغ العظمى والصغرى ..الخ , أما درجة الرص التي تمثل نسبة الكثافة الجافة للتربة المرصوصة مقسومة على الكثافة الجافة العظمى عند الرطوبة المثالية (كثافة بروكتور) $\gamma_{d,p}$, فهي مقياس نجاح الرص في التربة , وبما أن قابلية الرص في الترب المفككة لا تتأثر كثيراً بنسبة الرطوبة كما بين MÖLLER [1] , و STRIEGLER [2] فقد استبعدنا من هذا البحث تأثير نسبة الرطوبة حيث إن منحني بروكتور في التربة المفككة ضيقة التدرج يأخذ شكلا منبسطاً مع تحدب خفيف مقترباً من الشكل الخطي , وهو ما يدل على ضعف تأثير تغير نسبة الرطوبة في قيمة الكثافة الجافة , وهذا ما دلت عليه التجارب التي أجريناها على أنواع مختلفة من الرمل والمبين بعضها على الشكل (1) .



الشكل 1 : بعض منحنيات الرص للترب الرملية المجربة في البحث

أهمية البحث وأهدافه :

يختلف سلوك الأتربة الرملية الضيقة التدرج عن أنواع الترب الأخرى عند تجريبها على الرص سواء في شكل منحني الرص أم في العوامل المؤثرة في قيمة كثافة بروكتور المقابلة للرطوبة المثالية في تجربة الرص .

تتركز أهمية البحث في تحديد البارامترات المؤثرة في رص الترب الرملية الضيقة التدرج وبالتالي المؤثرة في قيمة كثافة بروكتور باعتبارها ضرورية لحساب درجة الرص للتربة المرصوصة في مواقع رصها والتأكد من مدى ارتصاص هذه التربة ومدى تحقيق الرص للغاية المطلوبة منه .

يهدف هذا البحث إلى إيجاد علاقات تقريبية مبسطة بين كثافة بروكتور والعوامل التي تؤثر فيها (وهي عموماً بعض البارامترات والخواص الفيزيائية والميكانيكية المهمة في تصنيف التربة المفككة والتي يكون تحديدها أسهل من تحديد كثافة بروكتور نفسها) , وذلك حتى يمكن من خلال هذه العوامل نفسها تصنيف التربة واستنتاج كثافة بروكتور من دون الحاجة إلى إجراء تجربة الرص النظامية وبالتالي توفير الوقت والكلفة .

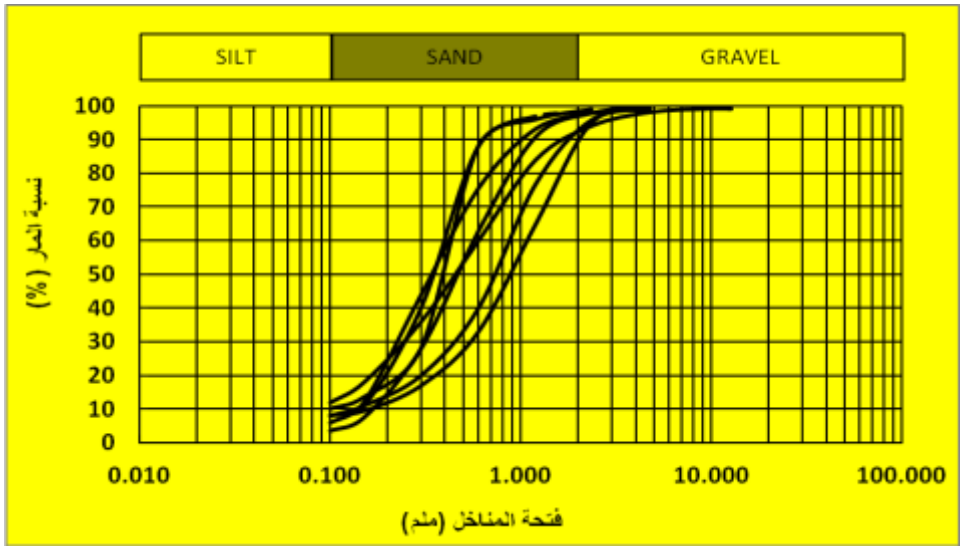
طرائق البحث ومواده :

من أجل استنباط وصياغة علاقات تابعية بين كثافة بروكتور والبارامترات الأخرى المطلوبة من الشكل $\gamma_{d,p} = f(x_1 ; x_2 ; .....)$ فقد اختيرت البارامترات التي تؤثر أكثر من غيرها في قيمة كثافة بروكتور في التربة الرملية وهي :

- **قرينة التدرج (Gradation Index) :** $GI = \frac{d_{90}}{d_{10}}$.
- **شكل منحني التحليل الحبي للتربة الرملية (درجة عدم الانتظام U) :** $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$.
- **شكل الحبات وخشونتها : r .**
- **عمل الرص : W أو طاقة الرص .**
- **نسبة الفراغ العظمى والصغرى :** e_{max} ; e_{min} .
- **مقاومة القص في التربة .**

قمنا لتحقيق غاية البحث بجلب إحضارات رملية متنوعة من مناطق مختلفة : شاطئ طرطوس , ضواحي محافظة طرطوس , اللاذقية منطقة الرمل الشمالي , بانياس وأخذ عينات مناسبة منها , والبدء أولاً بإجراء التجارب الفيزيائية المعروفة للتربة من أجل تصنيفها , وقد عمدنا إلى اعتماد عينات من الترب الرملية التي لاتحتوى على نسبة حصويات أكبر من 10% وخالية من الغضار وكانت الأفضلية بعد ذلك للعينات ذات نسبة السيلت القليلة وذلك من أجل استبعاد تأثير نسبة السيلت في الرمل على النتائج ولكي تكون النتائج مقتصرة قدر الإمكان على الرمل الضيق التدرج , ومن ثم أجريت عليها تجارب بروكتور النظامية .

وفيما يأتي منحنيات التحليل الحبي لبعض العينات المختبرة المجربة المأخوذة من مواقع مختلفة من المناطق المذكورة أعلاه .



الشكل 2 : منحنيات التحليل الحبي لبعض العينات الرملية المختبرة

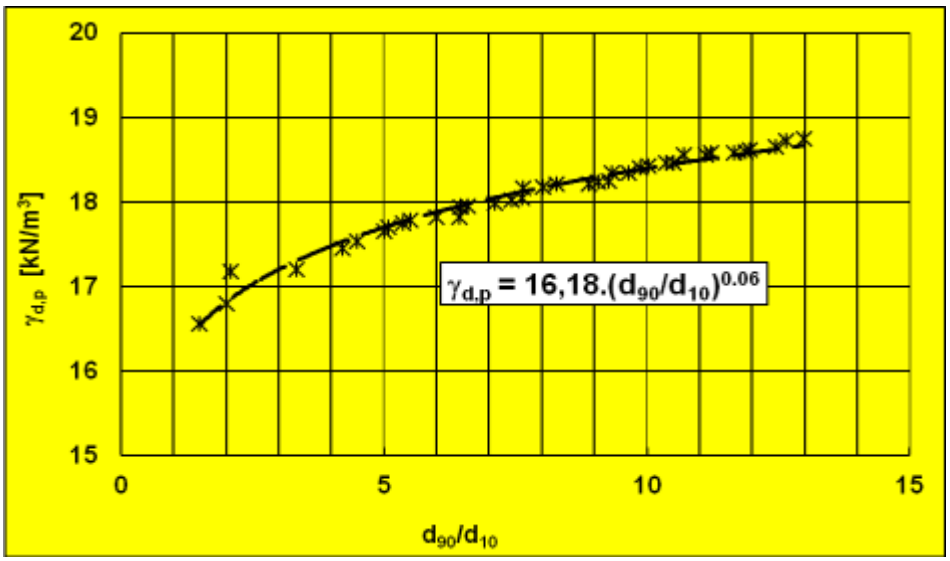
النتائج والمناقشة :

أولاً – تأثير قرينة التدرج في كثافة بروكتور

عرف ADAMS [3] قرينة التدرج $GI = \frac{d_{90}}{d_{10}}$ بأنها قطر الحبيبات الموافق لنسبة مار 90% مقسوما على القطر الموافق لنسبة مار 10% , وهي قرينة خاصة بالترب المفككة من أجل تقييم مدى تدرج منحني التحليل الحبي وامتداده الأفقي .

وجدنا من خلال البحث أن ثمة علاقة ما بين قيم قرائن التدرج للترب الرملية المجربة مع قيم كثافة بروكتور المقابلة لها لكل عينة مجربة , يمكن كتابتها بالصيغة الأسية التقريبية الآتية:

$$\gamma_{d,p} = 16,18 .(d_{90} / d_{10})^{0,06} \qquad (1)$$



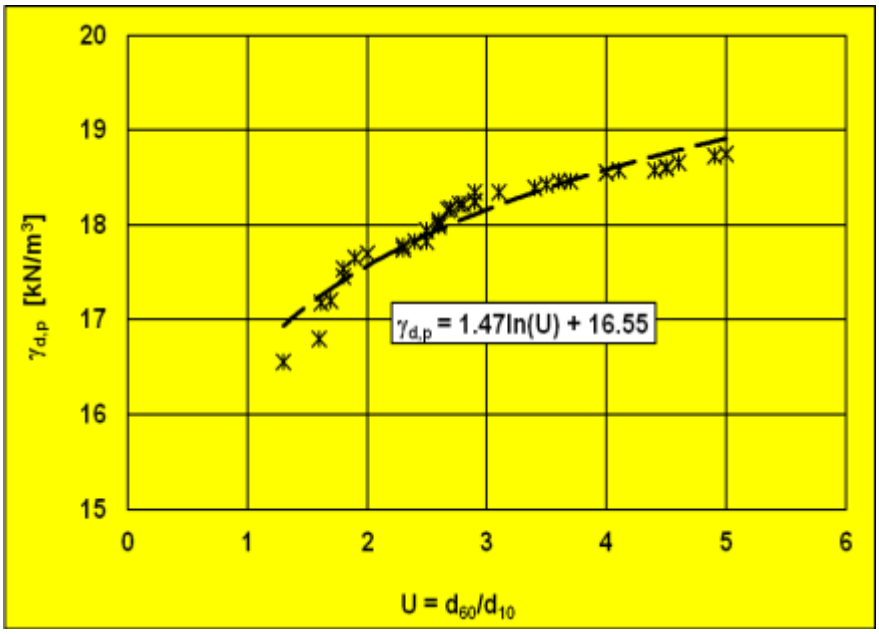
الشكل 3 : علاقة كثافة بروكتور بقرينة التدرج

تمثل العلاقة المقترحة أعلاه ربطا منطقيا للنتائج المبينة في الشكل (3) , وتبين أن الزيادة في قرينة تدرج التربة الرملية يقابلها زيادة في كثافة بروكتور الموافقة للرطوبة المثالية في تجربة الرص .

ثانياً – تأثير درجة عدم الانتظام U في كثافة بروكتور :

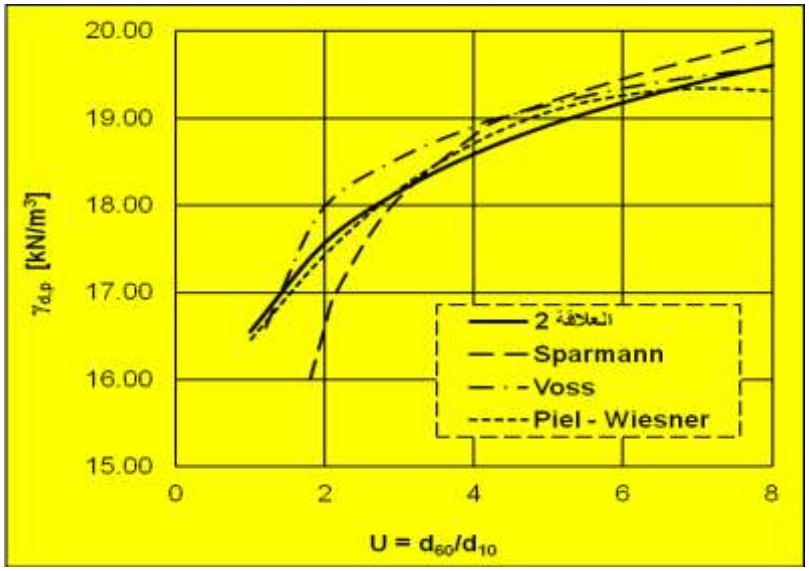
دلت النتائج على أن كثافة بروكتور للترب المجربة تزداد كلما ازدادت درجة عدم الانتظام , وتبين عند رسم النتائج في الشكل (4) وجود علاقة تابعية بين كثافة بروكتور عند الرطوبة المثالية ودرجة عدم الانتظام للترب الرملية المجربة وأن أفضل تقريب يضم النقاط المبعثرة يمكن أن تعبر عنه العلاقة (2) الآتية :

$$\gamma_{d,p} = 1,47 . \ln(d_{60} / d_{10}) + 16 .55 \qquad (2)$$



الشكل 4 : علاقة كثافة بروكتور بمعامل عدم الانتظام U

بمقارنة العلاقة (2) مع النتائج التي توصل إليها كل من SPARMANN [4] , و VOSS [5] , و PIEL-WIESNER [6] نجد أنها تحقق تقارباً مقبولاً معها ولاسيما في المجال الذي تكون فيه U **بين 3 و 7** وفقاً لما هو مبين على الشكل (5) .

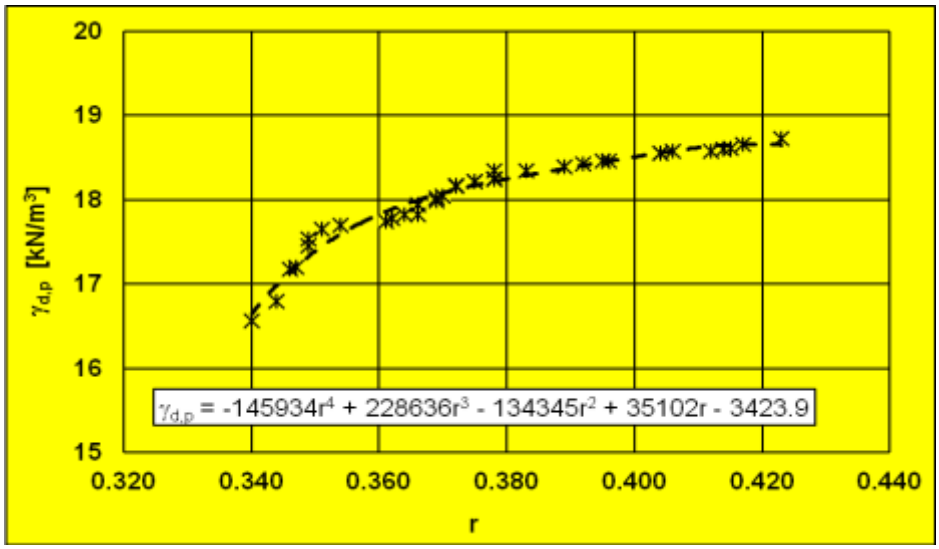


الشكل 5 : مقارنة العلاقة (2) مع نتائج Sparmann,Voss,Piel-Wiesner

ثالثاً – تأثير خشونة الحبات الرملية r في كثافة بروكتور :

وضع SCHNOCK سلما لقياس خشونة التربة الرملية مكوناً من خمس درجات وسلما لتصنيف شكل الحبات مكوناً من ست درجات وبناء على هذا السلم واعتماداً على العلاقات التقريبية والأباكات التي اقترحها JÄNKE [7] الذي ربط خشونة الحبات الرملية بمعامل عدم الانتظام U , و d_{50} القطر المقابل لنسبة المار 50% ونسبة الفراغ

العظمى والصغرى للرمل e_{min} , e_{max} , فقد تم تقدير خشونة الحبات الرملية r لكل نوع من الترب الرملية التي جربت ورسمت العلاقة بينها وبين كثافة بروكتور في تجربة الرص . شكل (6) .



الشكل 5 : العلاقة بين خشونة الحبيبات الرملية r و كثافة بروكتور

وقد تبين لنا من خلال الشكل السابق وبمساعدة برنامج اكسل أن أفضل ما يمكن أن يربط النتائج بشكل مقبول هو كثير حدود من الشكل الآتي :

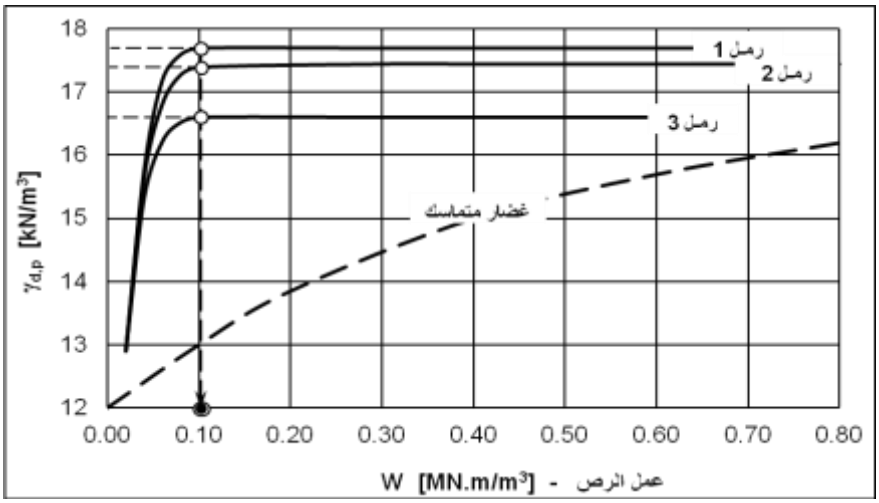
$$\gamma_{d,p} = -145934 \ .r^4 + 228636 \ .r^3 - 134345 \ .r^2 + 35102 \ .r - 3423 \ .9 \qquad (3)$$

ويبدو من الشكل (5) السابق أن كثافة بروكتور للرمل ذي الحبيبات الأخشن أكبر منها للرمل ذي الحبيبات الأقل خشونة .

رابعاً – تاثير عمل الرص W المطبق في كثافة بروكتور :

يمثل عمل الرص الطاقة المصروفة بالصدم من أجل رص الطبقة المراد رصها , واعتمدت كثير من الدراسات عليه كمتحول (بارامتر) في تقييم نتائج تجارب الرص , وقد قمنا بإجراء سلسلة من تجارب الرص على عدة أنواع من الرمل مع تغيير قيمة عمل الرص المطبق في كل حالة ويبين الشكل (6) تغير كثافة بروكتور بدلالة تغير عمل الرص ويبدو من الشكل أن المنحنيات الناتجة **(الخطوط المستمرة)** تتصاعد بشكل حاد في بداية الأمر ثم تثبت عند قيمة ثابتة لكثافة بروكتور مهما كان عمل الرص المطبق , ومن ثم تأخذ مسارا مستقيما بدءاً من قيمة عمل الرص المساوية 0,1 $MN.m/m^3$ تقريباً .

ومن أجل **المقارنة وتبيان الفرق بين الترب الرملية والترب الغضارية في تأثرها بعمل الرص** أجريت تجربة الرص على عينات من تربة غضارية مع تغيير منتظم لقيم عمل الرص المطبق في كل حالة وأعطت النتائج شكلا للعلاقة بين عمل الرص وكثافة بروكتور **(الخط المنقط)** يختلف في شكله عن الترب الرملية الضيقة . انظر الشكل (6) .



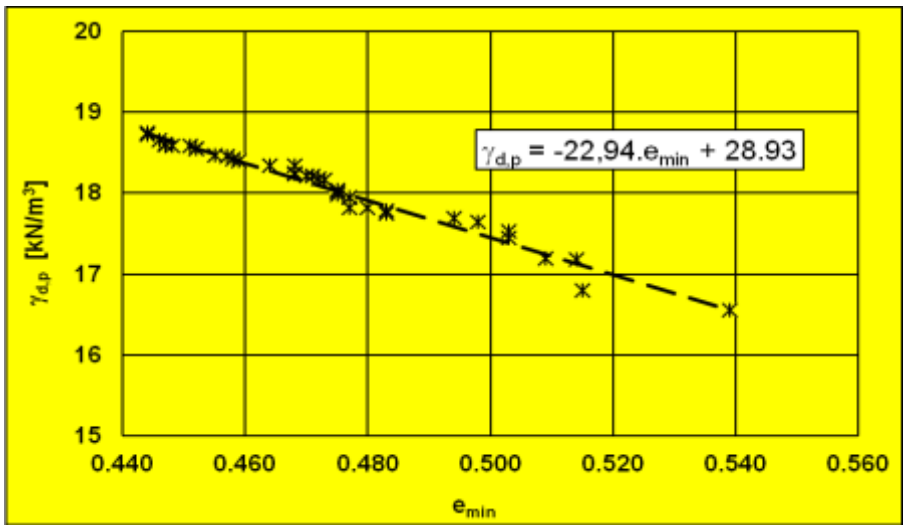
الشكل 6 : العلاقة بين عمل الرص W و كثافة بروكتور

خامساً – تأثير نسبة الفراغ الدنيا e_{min} في كثافة بروكتور :

تبلغ الكثافة الجافة في تجربة الرص قيمتها العظمى (كثافة بروكتور) من الناحية المنطقية عندما تكون التربة الرملية في أكثر أوضاعها ارتصاصا أي عندما تكون نسبة الفراغ أقل ما يمكن , لذلك قمنا بدراسة العلاقة بين نسبة الفراغ الدنيا e_{min} للعينات الرملية وكثافة بروكتور للترب المجربة , ويتضح من خلال رسم قيم e_{min} لأنواع الرمل المختبرة بدلالة كثافة بروكتور عند الرطوبة المثالية – شكل (7) أن كثافة بروكتور تقل مع تزايد نسبة الفراغ الدنيا e_{min} , وأن العلاقة بينهما هي علاقة خطية تقريبية :

$$\gamma_{d,p} = -22,94 . e_{min} + 28.93 \qquad (4)$$

لم نتمكن من إيجاد رابط بين نسبةِ الفراغ العظمى e_{max} , وكثافةِ بروكتور لكن قيم نسبة الفراغ العظمى لأغلب أنواع الرمال المستخدمة كانت **ضمن المجال من 0,78 إلى 0,84** .



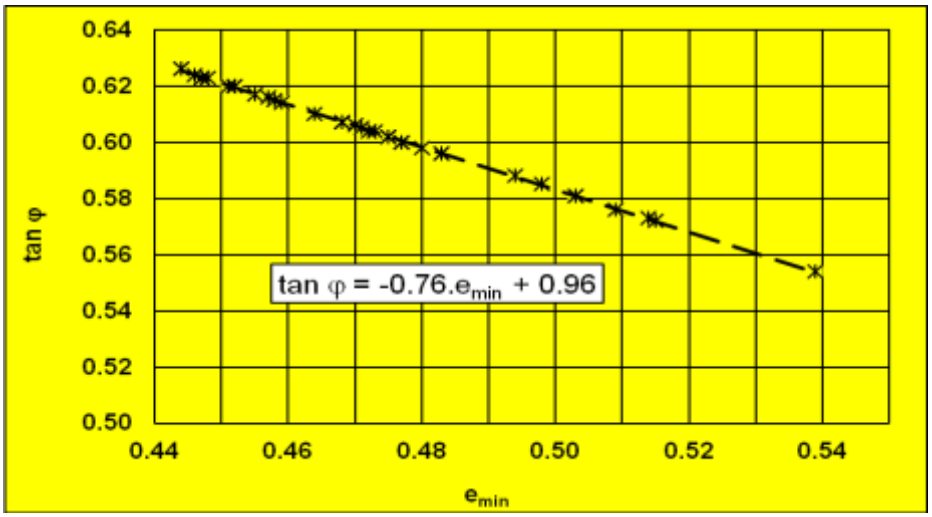
الشكل 7 : تأثر كثافة بروكتور بقيم نسبة الفراغ الصغرى

سادساً – تأثير مقاومة القص للتربة في كثافة بروكتور :

من أجل دراسة العلاقة بين زاويةِ الاحتكاك الداخلي للتربة المرصوصة وكثافةِ بروكتور أجريت تجارب القص المباشر على أنواع الترب الرملية المجربة في هذا البحث في وضعيتها الأكثر ارتصاصاً أي عند نسبة الفراغ الصغرى e_{min} .

وقد بينت النتائج المرسومة على الشكل (8) أن العلاقة بين قيم tanφ وقيم e_{min} هي علاقة خطية يمكن التعبير عنها بالصيغة التقريبية الآتية :

$$\tan \varphi = 0,96 - 0,76 \cdot e_{min} \qquad (5)$$



الشكل 8 : العلاقة بين ظل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة المرصوصة ونسبة الفراغ الصغرى

تقودنا هذه النتيجة المهمة إلى نتيجة مهمة أخرى، قد لا تكون متعلقة بالرص فقط، إنما بمقاومة القص في الترب الرملية المرصوصة عموماً , وقد قمنا بحساب المسامية الصغرى n_{min} ومن ثم ضرب قيم المسامية المحسوبة بظل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة الرملية لكل تربة من الترب المجربة على حدة ووجدنا أن هذا الجداء **ثابت لجميع الترب الرملية المستخدمة من دون استثناء ويساوي 0,20** تقريباً :

$$\tan \varphi \times n_{min} \cong 0,20 \qquad (6)$$

ومنه :

$$\varphi = \tan^{-1}(0,20 / n_{min}) \qquad (7)$$

تسمح هذه النتيجة التقريبية بحساب زوايا الاحتكاك الداخلي للتربة الرملية المرصوصة بمعرفة مساميتها الصغرى أو نسبة فراغها الصغرى من دون الحاجة إلى إجراء تجربة القص .

و بما أن $e_{min} = n_{min}/(1-n_{min})$ يمكن ايجاد قيمة e_{min} من المعادلة (6) أعلاه :

$$e_{min} = \frac{0,2}{\tan \varphi - 0,2} \qquad (8)$$

وبتعويض المعادلة (8) في المعادلة (4) نحصل على علاقة بين كثافة بروكتور وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة المرصوصة :

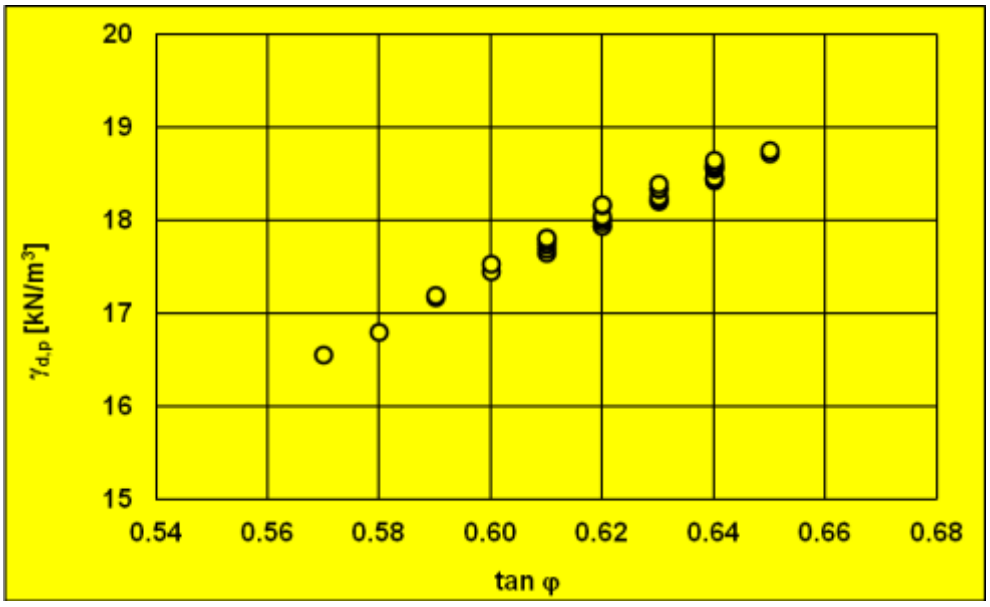
$$\tan \varphi \cong \frac{0,2.\gamma_{d,p} - 10,4}{\gamma_{d,p} - 29} \qquad \text{أو} \qquad \gamma_{d,p} \cong \frac{-4,6}{\tan \varphi - 0,2} + 29 \qquad (9)$$

طُبقت العلاقة التقريبية (9) لحساب قيم $\tan(\varphi)$ المقابلة لقيم كثافات بروكتور $\gamma_{d,p}$ للترب المختبرة ورسم العلاقة النهائية بينهما . انظر شكل (9) .

ويمكن أيضا الاستفادة من العلاقة (9) أعلاه في معرفة مقاومة التربة الرملية المرصوصة على القص لأنه بعد معرفة قيمة $\tan(\varphi)$ يمكن بسهولة حساب قيمة مقاومة القص في التربة الرملية المعدومة التماسك بدلالة الإجهاد الشاقولي باستخدام العلاقة المعروفة الآتية :

$$\tau = \sigma_n . \tan \varphi \qquad (10)$$

حيث σ_n هي الاجهادات الناظمية .



الشكل 9 : العلاقة بين ظل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة المرصوصة وكثافة بروكتور (الحساب بالعلاقة التقريبية 9)

الاستنتاجات والتوصيات

مما سبق واستنادا الى تقييم النتائج التي حصلنا عليها، والمعادلات التقريبية التي تلخص هذه النتائج يمكن القول إن رص الترب الرملية الضيقة التدرج يتأثر بعدد من المؤثرات المهمة من مثل : قرينة التدرج , درجة عدم الانتظام , خشونة الحبات الرملية , عمل الرص , نسبة الفراغ الدنيا , مقاومة القص في التربة المرصوصة وقد خلصنا من خلال ذلك إلى النتائج الآتية :

- الترب الرملية ذات التدرج الضيق **قليلة التأثر بنسبة الرطوبة** لذلك يأخذ منحني الرص شكلاً أكثر انبساطاً .
- يمكن من بعض خواص التربة الفيزيائية والميكانيكية ولاسيما من منحني التحليل الحبي استنتاج قيمة كثافة بروكتور من دون الحاجة إلى إجراء تجربة الرص لهذه الترب .
- تزداد قيمة كثافة بروكتور في تجربة الرص **مع زيادة عمل الرص** المطبق بشكل حاد لكن عندما تصبح قيمة عمل الرص تساوي $0,1\ MN.m/m^3$ تثبت قيمة كثافة بروكتور مهما زادت قيمة عمل الرص وهذا يعني أن قيمة عمل الرص السابق كافية لإجراء التجربة بكفاءة مقبولة .
- تكون مسامية الرمل ضيق التدرج أصغر ما يمكن عندما يكون **مرصوصاً** , وإن جداء ظل زاوية الاحتكاك الداخلي في المسامية الصغرى هو **ثابت يساوي 0,2** . (المعادلة 6) , وبالتالي يمكن حساب قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة المرصوصة من (المعادلة 7) . وتعتبر هذه النتيجة أكثر تطوراً من الفكرة التي استنتجها LANG/HUDER [8] على التربة **الرملية غير المرصوصة** لأنه لم يبحث تطبيق هذا الاعتبار على الترب الرملية المرصوصة , ولم يحسب الثابت .
- يمكن استخدام قيمة كثافة بروكتور لحساب قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة الرملية المرصوصة من دون الحاجة إلى إجراء تجربة القص (المعادلة 9) .

يستفاد من المعادلات التقريبية المقترحة في هذا البحث في حساب قيمةِ كثافة بروكتور وتقديرِها من دون الحاجة إلى إجراء تجربة الرص النظامية وبالتالي توفير الوقت والتقييم السريع لمدى نجاح رص الأتربة الرملية، ضيقة التدرج في الموقع بالتحقق من درجة الرص المطلوبة كما يعتبر البحث مدخلاً لدراسة سلوكية الترب الرملية الضيقة التدرج، المرصوصة، ومحاولة لبحث مدى فاعلية رصها وحدها من دون خلطها بترب أخشن منها , وان متابعة البحث في هذا الموضوع قد يكون رديفاً لأبحاث أخرى أكثر توسعاً في هذا الاتجاه .

المراجع

1. MÖLLER,G. : "*Geotechnik-Praxis – Band 1 : Bodenmechanik*" . Bauwerk Verlag GmbH,berlin 2004 , 108.
2. STRIEGLER : "*Erdstoffverdichtung*" , ---------
3. ADAMS, W.A. : *"Some developments in the selection and maintenance of turfgrasses"* . Scientific Horticulture 26,1975 , 22-27.
4. SPARMANN, H. : *"die Untersuchung von erdstoff für Erdbauwerke"* . Fachtagung Grundbau und Baugrundmechanik des VEB Baugrund ,Berlin 1968 .
5. VOSS , R. : *"Lagerungsdichte und Tragwerke von Böden bei Straßenbauten*" . Straße und Autobahn,12 , 1961,4 .
6. PIEL, J. ; WIESNER, H.H. : " Korrelationen yur Standarddichte nichtbindiger Sande". Bauplanung-Bautechnik ,Heft 8, 1983 ,368-370.
7. JÄNKE,S. : *"Zusammendruckbarkeit und Scherfestigkeit von Erdstoffen in Abhängigkeit einfacher Kennwerte"*. Heft Nr.77 ,Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts , 2000 .
8. LAND,H. ; HUDER, H. : *"Bodenmechanik u. Grundbau"* . Springer-verlag Gmbh,Wien 2010 , 76 .