تحسين التربة الطينية الضعيفة بأستخدام أعمدة الركام المثبتة بالنورة والسمنت

نمير خورشيد سعيد محمد مصطفى محمود و مكي كامل محسن

تاريخ التسلم :2007/10/24
تاريخ القبول :2008/3/9

الخلاصة :

إن الأعمدة الرملية او الركامية تعتبر من الاساليب الناجحة لتحسين الترب الطينية الضعيفة من ناحية زيادة قوة تحملها وتقليل انضغاطيتها , وان سبب نجاحها يعود الى سهولة تنفيذها ورخص تكاليفها وقد أنتشر استعمالها في السنوات الاخيرة في مناطق متعددة من العالم مثل انكلترا واليابان. في هذا البحث تم اجراء سلسلة من التجارب المختبرية باستخدام نماذج صغيرة من الاعمدة بقطر (38 ملم) وبعمق (180 ملم) غرزت في طبقة طينية ضعيفة تم تحضيرها داخل حاويات حديدية. لقد استخدمت نسب مختلفة من النورة او السمنت, او كلاهما معا لتثبيت الاعمدة لغرض زيادة كفائتها. اجري فحص التحميل على كل عمود لغرض معرفة قوة التحمل القصوى وقد تم تحديد كفاءة كل مضاف عن طريق مقارنة قوة التحميل القصوى للترب المعالجة مع الترب غير المعالجة (q_t/q_u) وكانت هذ النسب بحدود (2.7) للترب المعالجة بالحجر المكسر , و(5 , 4) للترب المعالجة بالحجر المكسر المثبت مع (5%) و (10%) نورة على التوالي. كذلك كانت النسبة بحدود (4 , 3.5) للترب المعالجة بالحجر المكسر المثبت مع (5%) و (10%) سمنت , وكانت النسبة حوالي (3.7 , 3.3) للترب المعالجة بالحجر المكسر المثبت مع (5%) [2.5% نورة + 2.5% سمنت] و (10%) [5% نورة + 5% سمنت] على التوالي.

الكلمات المرشدة : تربة طينية ضعيفة , تثبيت التربة , أعمدة الركام

Abstract

Sand or stone columns are considered one of the efficient methods of improving soft clayey soils. They are cheap, easy to use, and results in increasing the bearing capacity of the soil and decreasing its compressibility. In this research, a series of laboratory tests were performed using small scale columns (Dia. = 38 mm, Depth = 180 mm) inserted in a soft clay layer which was prepared inside steel containers. Different amounts of lime and / or cement were used to stabilize the stone columns to increase its efficiency. Loading tests were performed on each column in order to determine its max. bearing capacity, the efficiency of each additive was determined by comparing the results obtained of treated to untreated columns (q_t / q_u). The results were (2.7) for soils treated with crushed stone only, and (4, 5) for soils treated with crushed stone stabilized with (5%) and (10%) lime respectively. The results also showed (3.5, 4) for soils treated with crushed stone stabilized with (5%) and (10%) cement respectively. The results of stabilizing stone columns with lime and cement showed that (q_t / q_u) were (3.3, 3.7) for soils treated with crushed stone stabilized with (2.5% lime + 2.5% cement) and (5% lime + 5% cement) respectively.

• قسم هندسة البناء والأنشاءات – الجامعة التكنولوجية

https://doi.org/10.30684/ etj.26.9.13
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758

1. المقدمة :

لا ينحصر تواجد الترب الطينية الضعيفة في بلد معين دون آخر فهي متواجدة في معظم بلدان العالم ولكن قد تكون مشاكلها متفاقمة في بلد دون آخر. ففي العراق تتمركز الترب الطينية الرخوة (الضعيفة) في المنطقة الجنوبية لكونها تربة رسوبية تكونت في عصور جيولوجية قديمة. تتميز الترب الطينية بأنضغاطيتها العالية (Compression index = 0.8 – 1.3) ونسبة ضغط الحمل المؤثر الى مقاومة القص (p_o/C_u = 0.2 – 0.3) , ولكون مثل هذه الترب لا تعطي درجة الامان الكافية للمنشآت فقد استنبطت طرق متعددة لتحسين الترب الطينية الضعيفة ومن هذه الطرق الاعمدة الرملية و الركامية التي اخذت في الانتشار في دول كثيرة مثل بريطانيا واليابان وجنوب شرق آسيا [1]. إن فكرة الاعمدة الرملية او الركامية تتلخص في عمل حفر بأقطار مختلفة وملئها ورصها بالرمل أو الحجر المكسرلكي يستند عليها المنشأ. لقد بينت التجارب المختبرية والحقلية نجاح هذه الآلية في التقليل من انضغاط الترب الطينية الضعيفة وزيادة قوة تحملها [2,3,4,5,6,7].

2. هدف البحث :

يهدف البحث الى بيان كفاءة الاعمدة الركامية بعد تثبيتها بالنورة او السمنت او بكليهما في زيادة قابلية تحمل التربة الطينية الضعيفة.

3. البرنامج العملي :

3. 1. أولا" : المواد المستخدمة

3. 1. 1. التربة

أستخدمت تربة غرينية طينية تتكون من (11% رمل , 52% غرين و 37% طين). الجدول رقم (1) يبين الخواص الفيزياوية للتربة المستخدمة .

3. 1. 2. الحجر المكسر

أستخدم الحجر المكسر المتوفر محليا" وتراوح حجم حبيباته بين (10 – 1 ملم).

3. 1. 3. النورة

أستخدمت النورة الصناعية المبين تحليلها الكيمياوي في الجدول رقم (2) وهي من صنف (C) حسب المواصفات AASHTO

3. 1. 4. السمنت

أستخدم السمنت البورتلاندي الأعتيادي (عراقي المنشأ).

3. 2. ثانيا" : تحضير نماذج الاعمدة وفحصها

تم تحضير طبقة الطين الضعيفة داخل حاويات حديدية ذات أبعاد (300X300X500 ملم) أعدت لهذا الغرض. توضع التربة في هذه الحاويات بعد مزجها جيدا" مع الماء بمقدار ضعف حد السيولة , وبعد ملء الحاوية تغطى بطبقة مسامية وبعدها بصفيحة من الحديد . يبدأ بعد ذلك بأجراء عملية الانضمام بوضع الاحمال تدريجيا على الصفيحة. بعد انتهاء عملية الانضمام تحت الحمل المطلوب , تقسم المساحة العليا في كل حاوية الى أربع مناطق تترك واحدة بدون معالجة للمقارنة, ويتم انشاء حفر في مركز كل منطقة باستخدام (38 mm diameter Tube Sampler). تقاس مقاومة التربة للنماذج المسحوبة بواسطة فحص القص ثلاثي المحاور(Triaxial Test - UU test) وبواسطة المخروط السويدي الساقط (Swedish Static Cone). تملأ الحفر بالمادة المطلوبة والتي هي اما الحجر المكسر بدون اي مادة مضافة او الحجر المكسر ممزوجا مع نسب مختلفة من النورة او الحجر المكسر ممزوجا" مع نسب مختلفة من السمنت او الحجر المكسر ممزوجا" مع نسب مختلفة من النورة والسمنت معا". تكون عملية ملء الحفر على شكل ثلاث طبقات مصحوبة بالدق الخفيف . تغطى الحاويات بقطع من النايلون وتترك لمدة اسبوعين وهي فترة كافية لتفاعل المضافات . تسجل خلال هذه الفترة درجات الحرارة. بعد انقضاء الفترة , تبدأ عملية فحص التحميل بواسطة اساس حديدي بأبعاد (80X80X6 mm) مع بعض الملحقات صممت وصنعت لتسهيل اسلوب التحميل وقراءة الهبوط [8]. يوضع الاساس

بحيث يتطابق مركزه مع مركز العمود المنشأ في كل منطقة ويبدأ التحميل تدريجيا" ويسجل مقدار الهبوط لكل تحميله الى ان يحصل الفشل في التربة السائدة (تم تحديد الفشل عند بدء قراءة مقياس حلقة قياس القوة بالتراجع). ان تفاصيل المعالجات لكل فحص هي :

عمود من الحجر المكسر

عمود من الحجر المكسر + 5% نورة

عمود من الحجر المكسر + 10% نورة

عمود من الحجر المكسر + 5% سمنت

عمود من الحجر المكسر + 10% سمنت

عمود من الحجر المكسر + 2.5% نورة + 2.5% سمنت (5% مضافات)

عمود من الحجر المكسر + 5% نورة + 5% سمنت (10% مضافات)

4. عرض وتحليل النتائج

لغرض تحليل النتائج بطريقة تبين الوضوح في كفاءة كل نوع من انواع المعالجات , فقد تم عرض النتائج اولا" عن طريق رسم العلاقة بين نسبة الاجهاد المسلط الى مقاومة القص للتربة (q/C_u) وبين نسبة الهبوط الى عرض الاساس (S/B) , وثانيا" عن طريق رسم العلاقة بين نسبة قابلية تحمل التربة المعالجة الى غير المعالجة(q_t/q_u) والنسبة (S/B).

4. 1. فحوصات التحميل للأعمدة المثبتة بالنورة

الشكل (1) يبين العلاقة بين (q/C_u) و (S/B) للمنطقة بدون معالجة وللمناطق المعالجة بحجر مكسر و بحجر مكسر مع (5%) نورة وبحجر مكسر مع (10%) نورة.إن الترب المتروكة بدون معالجة قد بينت زيادة ملحوظة وكبيرة في مقدار الهبوط مع كل زيادة في التحميل , وفي هذه الحالات يصعب تحديد مقدار الحمل عند الفشل لأن معدل الهبوط يتزايد بصورة مستمرة. أن اعلى قيمة لنسبة (q/C_u) هي بحدود (10) عند نسبة (S/B= 17) للحجر المكسر و بحدود (13) عند (S/B= 13) للحجر المكسر مع (5%) نورة, و (14) عند (S/B= 18) للحجر المكسر مع (10%) نورة. أن هذه القيم تبين بأن إضافة النورة الى الحجر قد أعطت ترابطا" بين جزيئات الحجر مما ساهم في زيادة قوة تحمل التربة, وفي دراسات مماثلة [1,7] بينت النورة فائدة كبيرة في السيطرة والتقليل من الحركة الجانبية لجزيئات الحجر وبذلك تحول نمط الفشل من (Bulging Failure) الى (Punching Failure). الشكل (2) يبين العلاقة بين (q_t/q_u) والنسبة(S/B) حيث تبين بأن أعلى قوة لتحمل التربة المعالجة بالحجر والحجر المثبت مع (5%) نورة والحجر المثبت مع (10%) نورة قد أصبحت (4.5 , 2.7) على التوالي بقدر قوة تحمل التربة غير المعالجة وهذا يدل على كفاءة النورة لما تتمتع به من قابلية على أمتصاص الماء من التربة المجاورة والمصحوب بزيادة في حجمها.

4. 2. فحوصات التحميل للأعمدة المثبتة بالسمنت

في هذه المجموعة من الفحوصات تم أستبدال النورة بالسمنت وأستخدم نفس أسلوب التحضير والفحص. الشكل (3) يبين العلاقة بين (q/C_u) و (S/B) والذي أعطى القيم (q/C_u = 10.5 , 12.5) عند (S/B= 12 , 19) على التوالي لـ (5%) و(10%) سمنت على التوالي. أن هذه القيم أقل من القيم التي تم الحصول عليها من فحوصات الأعمدة المثبتة بالنورة وهذا يبدوا واضحا" في الشكل (4) الذي يبين العلاقة بين (q_t/q_u) والنسبة(S/B) حيث أصبحت أعلى قيمة هي (4 , 3.5 = q_t/q_u) بحدود (S/B= 5) للترب المعالجة بالحجر المكسر مع (5%) سمنت والحجر المكسر مع (10%) سمنت على التوالي. إن الحجر المكسر مع (10%) سمنت قد أعطى نتائج تقل عن الفحص المناظر بأستخدام (10%) نورة وهذا يعني إن التوجه يجب أن يكون بأستخدام النورة لأنها أفضل أقتصاديا".

4. 3. فحوصات التحميل للأعمدة المثبتة بالنورة والسمنت معا"

في هذه المجموعة تم أستخدام المضاف من مزيج النورة والسمنت (2.5% نورة + 2.5% سمنت) والذي يمثل (5%) مضاف , و (5% نورة + 5% سمنت) والذي يمثل (10%) مضاف. الشكل (5) أعطى (q/C_u = 12 , 13) عند (S/B= 13). إن هذه القيم كانت أكثر تقاربا" مع القيم المستحصلة من النورة فقط. الشكل (6) يبين العلاقة بين (q_t/q_u) والنسبة (S/B) حيث أن اعلى قيم كانت (3.7 , 3.3 = q_t/q_u) أستحصلت عند

نسبة (S/B= 1.5) للترب المعالجة بالحجر المكسر مع (5%) (سمنت + نورة) والتربة المعالجة بالحجر المكسر مع (10%) (سمنت + نورة) على التوالي. إن هذه النتائج تبين بأن دور السمنت في حالة استخدامه مع النورة لا يختلف كثيرا" عن دور النورة فقط في نسبة التحسن في قوة التحمل ولهذا فيمكن التوصية بأستخدام النورة فقط لكونها أفضل أقتصاديا" من السمنت. كما وأن النورة تعطي تحسنا" ملحوظا" في تقليل مقدار الهبوط.

5. الأستنتاجات

من خلال النتائج المستحصلة من الفحوصات المختبرية والمدرجة خلاصتها ادناه :

- حجر مكسر , تصبح قيمة(q_t/q_u = 2.7)
- حجر مكسرمع 5% نورة , تصبح قيمة (qt/qu = 4)
- حجر مكسر مع 10% نورة , تصبح قيمة (qt/qu = 5)
- حجر مكسرمع 5% سمنت , تصبح قيمة (qt/qu = 3.5)
- حجر مكسرمع 10% سمنت , تصبح قيمة (qt/qu = 4)
- حجر مكسرمع 5% (2.5% نورة + 2.5% سمنت) , تصبح قيمة (qt/qu = 3.3)
- حجر مكسرمع 10% (5% نورة + 5% سمنت) , تصبح قيمة (qt/qu = 3.7)

يمكن استنتاج الأستنتاجات التالية :-

أ- النتائج قد بينت مؤشرات مشجعة لأستخدام المضافات المحلية من النورة أو السمنت أو كلاهما مع أعمدة الحجر المكسر لزيادة قابلية التحمل وتقليل مقدار الهبوط .

ب- الاضافات بنسب متقاربة (نورة او سمنت) يتبين منها بأن النورة أعطت نتائج أفضل من السمنت في قيم qt/qu .

ج- أضافة السمنت فقط (أو مع النورة) وبنسب مختلفة لم يعطي زيادة في قيم qt/qu تتجاوز القيم المستحصلة بأضافة نورة فقط بنسبة 5 % .

د- إن كفاءة استخدام النورة مع اعمدة الحجر المكسر تبدو مشجعة , إضافة الى كونها اقتصادية حيث ان مضاعفة نسبة النورة المضافة من 5% الى 10% أعطى زيادة في قيمة qt/qu لا تتجاوز 25%.

6. المصادر

1. Nayak N., 1987, " ***The Recent Advancs in Indian Practice of Ground Improvement by Stone Columns*** ", 5th Int. Geotech. Seminar Case Histories in Soft Clay, Singapore.

2. Barkasdale R. D., 1987, " ***State of the Art for Design and Construction of Sand Piles*** ", U.S. Army Corps of Eng., Report No. REMR GT4, Washington.

3. Mitchell J. K., 1981, " ***Soil Improvement*** ", State of the Art Report, 10th ICSMFE, Vol. 4, Stockholm, Sweden, pp. 509-565.

4. Craig W. H., and Al-Khafaji Z., 1997," ***Reduction in Soft Clay Settlement by Compacted Sand Columns*** ", 3rd Int. Conf. on Ground Improvement Geosystems, London.

5. Zakarya, W.A.S., 2001, " ***Soil Improvement Using Stabilized and Non-Stabilized Stone Columns with Different Reinforcement Configuration***", Ph.D. Thesis, University of Technology, Baghdad, Iraq.

6. Al-Saidi, A.A, 2000, " ***The use of stone columns to improve soft soils*** ", M.Sc. Thesis, College of Engineering, University of Baghdad.

7. Al-Waily, M.J., 2001, " ***Confined compression behavior of stone columns*** ", M.Sc. Thesis, University of Technology, Baghdad, Iraq.

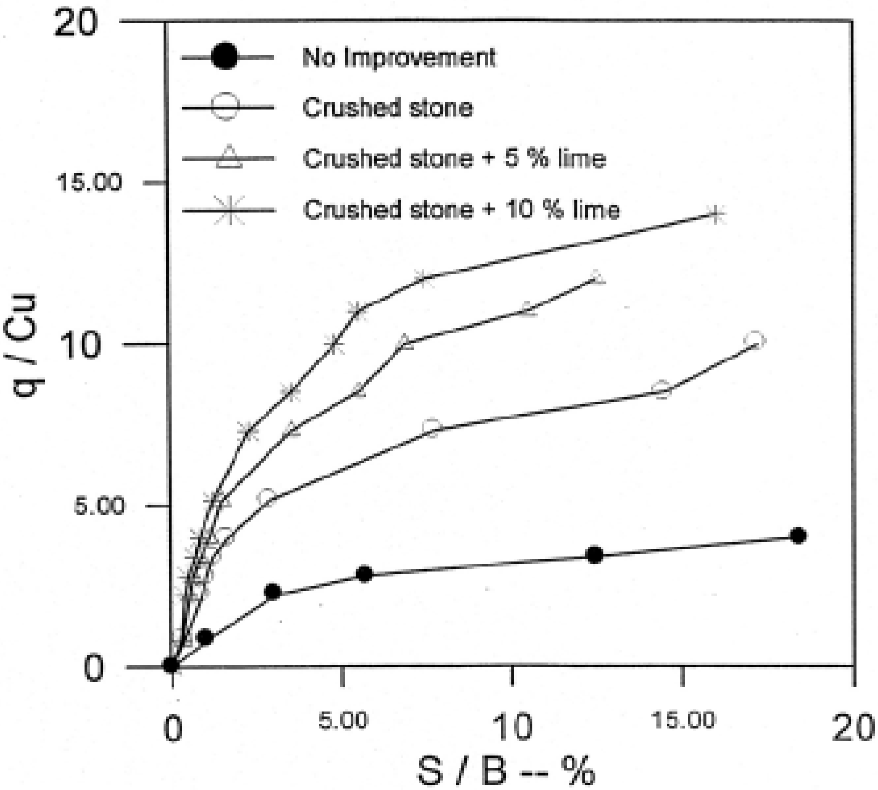
8. Muhsen, M. K., 1999, " ***Stabilized Stone Columns in Soft Clay with New Reinforcing Patterns***", M.Sc. Thesis, University of Technology, Baghdad, Iraq.

جدول رقم (1) : خواص التربة المستخدمة

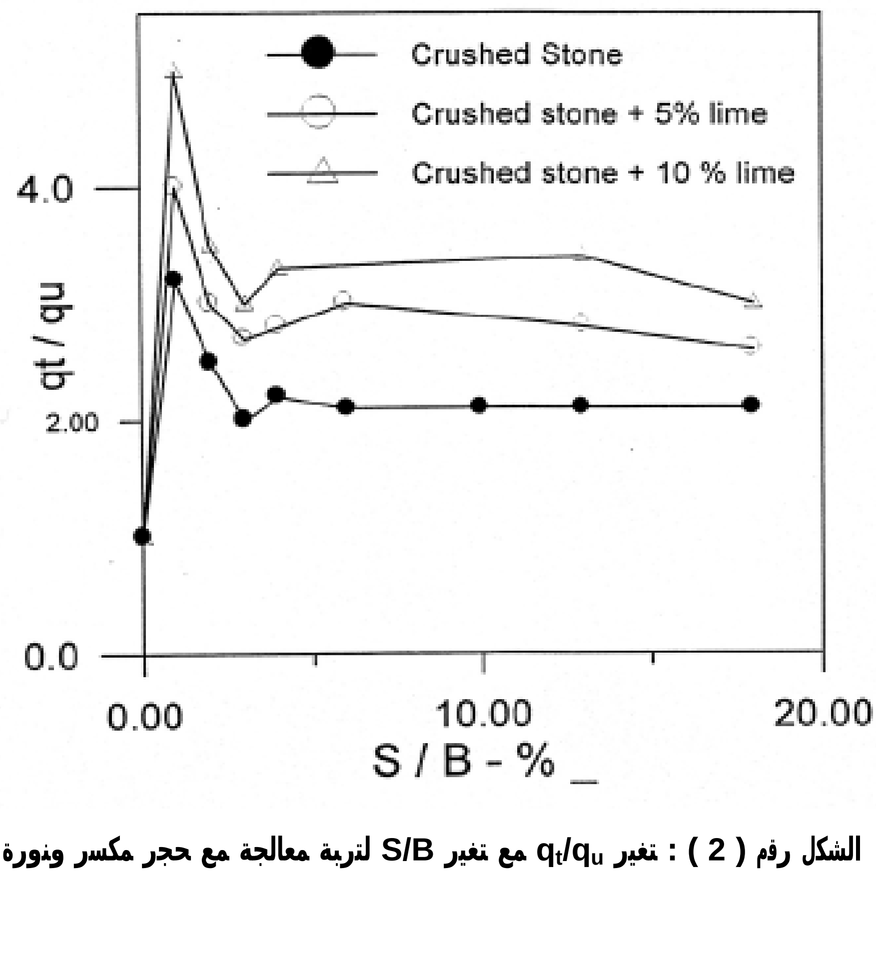
الخاصية	القيمة
حد السيولة	44 %
حد اللدونة	27 %
مؤشر (دليل) اللدونة	17 %
الوزن النوعي	2.71
نسبة الرمل	11
نسبة الغرين	52
نسبة الطين	37

جدول رقم (2) : الخواص الكيمياوية للنورة

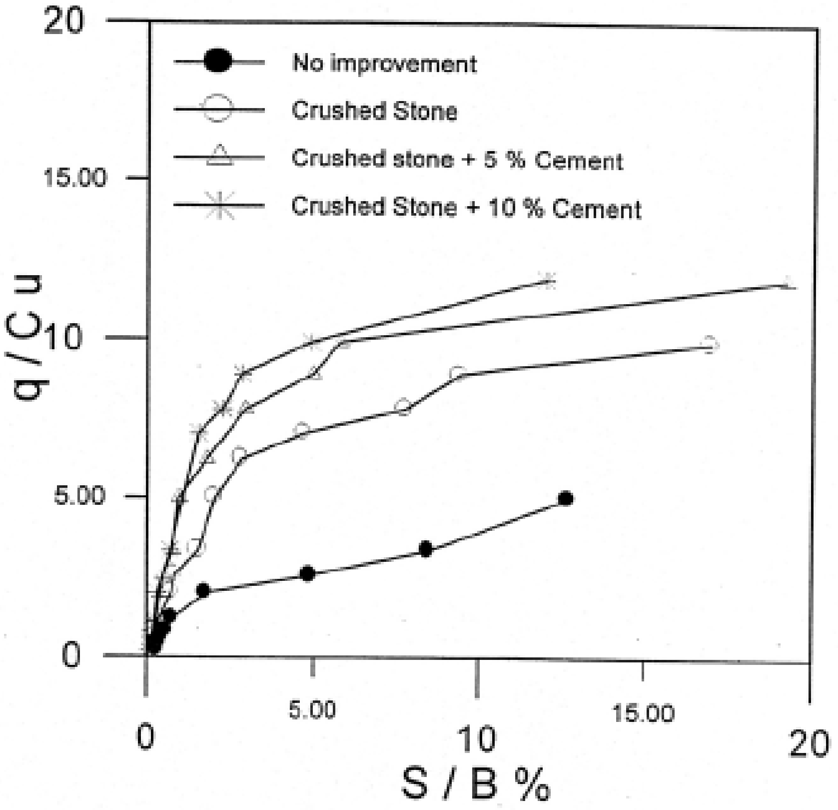
Chemical Analysis	Lime	Grade C
Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$) by weight%	78	75
Unhydrated Lime(CaO) %	9	9
Free Water	10	2



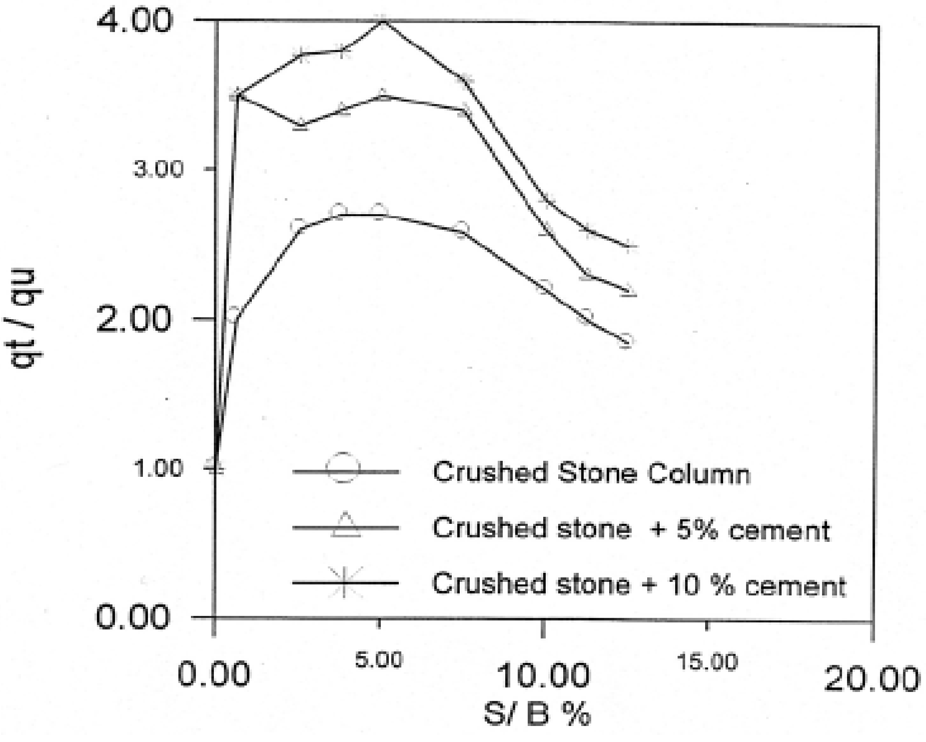
الشكل رقم (1) : تغير q/C_u مع S/B لتربة معالجة مع حجر مكسر ونورة



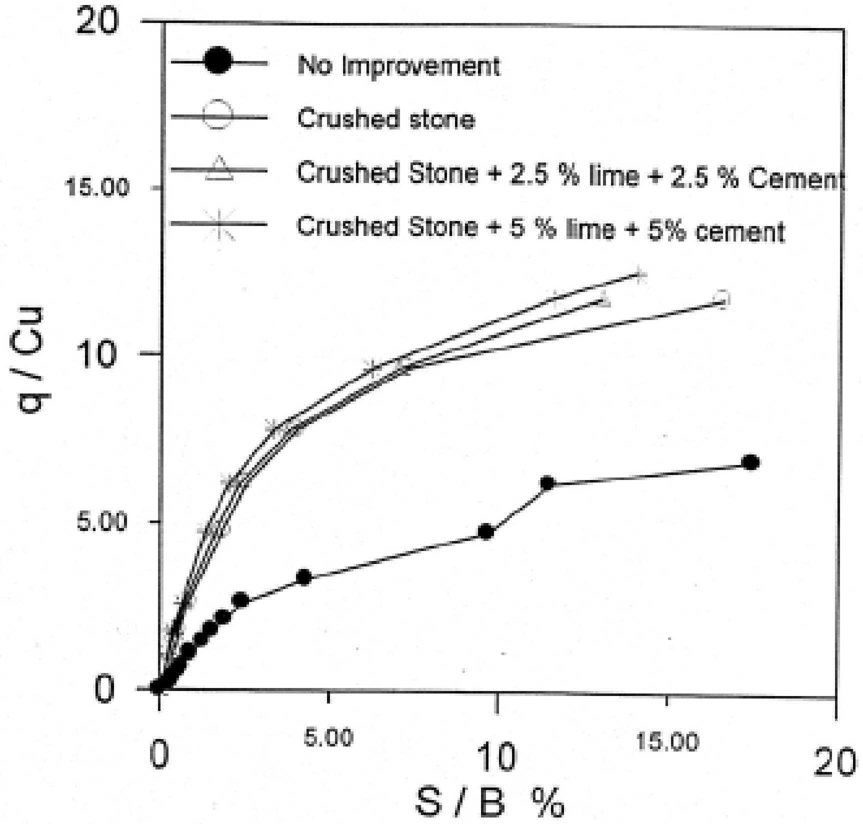
الشكل رقم (2) : تغير q_t/q_u مع تغير S/B لتربة معالجة مع حجر مكسر ونورة



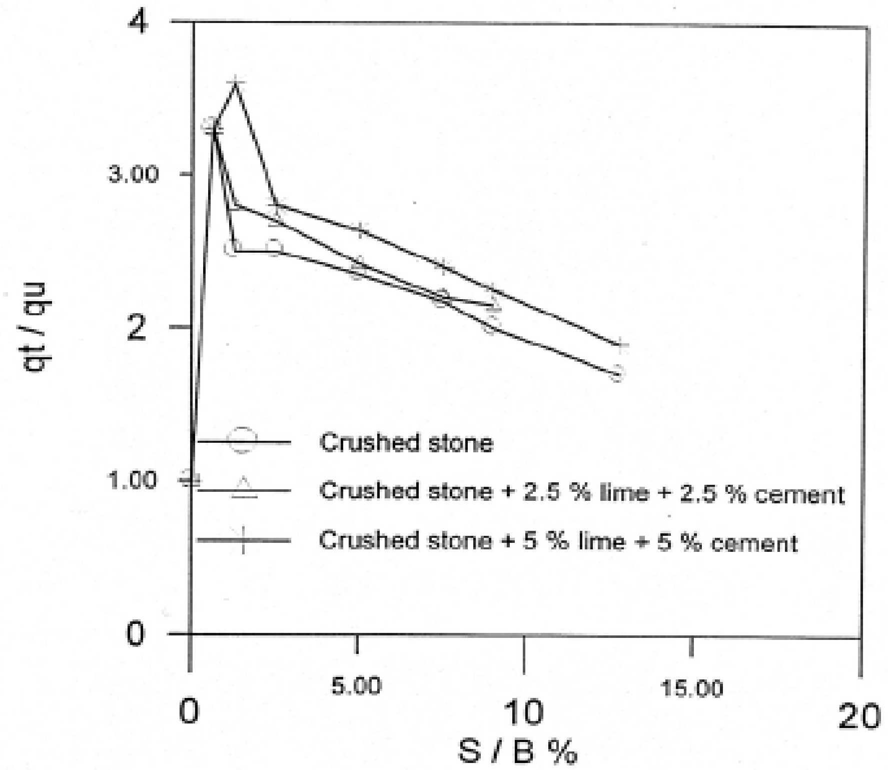
الشكل رقم (3) : تغير q/C_u مع S/B لتربة معالجة مع حجر مكسر وسمنت



الشكل رقم (4) : تغير q_t/q_u مع تغير S/B لتربة معالجة مع حجر مكسر وسمنت



الشكل رقم (5) : تغير q/C_u مع S/B لتربة معالجة مع نورة وسمنت



الشكل رقم (6) : تغير q_t/q_u مع تغير S/B لتربة معالجة مع نورة وسمنت