

**Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Technology
Building and Construction Engineering Department**



Sand Columns Stabilized with Cement / Lime Mixture Embedded in Soft Clay

A THESIS

**SUBMITTED TO THE BUILDING AND CONSTRUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN GEOTECHNICAL ENGINEERING**

By

**Nour Safa Al-Din Al-Hassnawi
B.Sc. (Civil Engineering, 2009)**

Supervised by

**Prof. Dr. Namir K. S. Al-Saoudi
Asst. Prof. Dr. Falah H. Rahil**

May 2013

1434

ABSTRACT

Sand columns or sand compacted piles are an alternative technique to the widely used stone columns. The primary functions of these inclusions in soft saturated soil are to improve the carrying capacity, control the settlement within tolerable limits and accelerate the consolidation process. Geotechnical engineers working in the field of soil improvement are more familiar and have more experienced with stone columns as this technique proved to be successful worldwide for more than four decades. One of the main defects of stone columns is the limited stiffness provided by the large crushed stone particles filling the holes during the construction process. The filling process based on gradual throwing of the crushed stone from the ground level into the holes revealing a specific placement unit weight that provide a specific stiffness. Several techniques have been proposed to increase the stiffness of stone columns by inserting special rings along the length of the columns or encasing with geogrid to suppress the material from lateral deformations and increase their stiffness.

Recently sand columns started to get more attention as the sand is easy to compact as compared to the crushed stone and it is more cheaper than stone. A second advantage of sand columns is the availability of different additives that can be mixed with sand to increase the stiffness of the sand columns and hence increase its performance. From this point the idea of the current research started, both cement and lime were mixed with sand in predetermined percentages and were used as backfill material in the construction of columns in soft saturated bed of soil.

A testing program was set for evaluating both floating and bearing sand columns was set. Beds of saturated soft clay of average undrained shear strength 17 kN/m^2 were prepared inside steel containers of dimensions $600 \times 600 \times 500 \text{ mm}$, four holes of diameter 50 mm and length 300 mm and 300 mm c.c were excavated and backfilled with ordinary sand and/ or sand stabilized with different percentages of cement/lime and cured for 7 and 28 days following that a model footing 64.6 mm in diameter was placed on each column and loaded incrementally up to failure.

Best results were obtained with optimum additive content of (6% cement+4% lime) and (10% cement+0% lime) for floating type stabilized sand columns. On the other hand models performed on bearing stabilized columns demonstrated increasing trend with increasing additive content within the limits used in the investigation.

A hypothetical mechanism is also proposed for the analysis of sand columns stabilized with cement/lime mixture. This proposal is listed in the recommendation for future work.

الخلاصة

تعتبر الأعمدة الرملية او الركائز الرملية المرصوفة تقنية بديلة لتقنية الاعمدة الركامية الواسعة الاستخدام حيث ان الوظيفة الاساسية لغرس هذه الاعمدة في الترب الرخوة والمشبعة هي لتحسين قابلية التحمل والسيطرة على الهبوط ضمن الحدود المحتملة وتسريع عملية الأنضمام. مهندساو الجيوتكنيك العاملين في مجال تحسين التربة يملكون الخبرة الأكبر مع الاعمدة الركامية حيث ان هذه التقنية اثبتت نجاحها حول العالم لأكثر من اربع عقود مضت. أحد العيوب الرئيسية في الاعمدة الركامية هي الصلادة المحدودة المجهزة لجزئيات الركام المكسر الكبيرة الحجم التي تملأ الفراغات خلال عملية الانشاء حيث ان عملية الملاء تعتمد على الرمي التدريجي للحجر المكسر من مستوي الارض الطبيعية الذي يعطي كثافة استبدال محددة والتي تعطي صلادة محددة. عدة تقنيات أقرحت لزيادة صلادة الاعمدة الركامية كأدراج حلقة خاصة على طول العمود او التغليف بالمشبك البلاستيكي لمنع التشوهات الجانبية وزيادة صلادتها.

حديثا بدأت تستخدم الاعمدة الرملية لتكون الاكثر اهتماما حيث ان الرمل سهل الرص بالمقارنة مع الركام المكسر والارخص من الركام. الفائدة الثانية للاعمدة الرملية هو امكانية خلط مضافات مختلفة مع الرمل لزيادة صلادة الاعمدة الرملية وبالتالي زيادة ادائها ومن هذه النقطة بدأت فكرة البحث حيث تم خلط كل من السمنت والنورة مع الرمل بنسب محددة مسبقا واستخدمت كمواد ملئ في انشاء الاعمدة في طبقة طينية مشبعة.

تم إعداد برنامج محروس للفحوصات لتقييم كل من الاعمدة الرملية الطافية (floating) والأعمدة التي يصل طولها الى الطبقة الصلدة (end bearing)، حيث تم تحضير طبقة طينية مشبعة بمعدل مقاومة قص غير مبزول 17 kN/m^2 داخل حاويات حديدية بأبعاد (500X600X600mm) بحفر اربع حفر بقطر (50mm) وطول (300mm) وبمسافة (300mm) بين المراكز حيث تم الملئ بالرمل العادي او الرمل المثبت مع نسب مختلفة من السمنت والنورة وتمت معالجتها الى ٢٨ و٧ يوم، بعد ذلك تم وضع الاساس المصمم بقطر (64.6mm) على كل عمود وتم التحميل الى الفشل.

تم الحصول على افضل تحسين في مقدار التحمل وأوطئ قيمة الى الهبوط عند المحتوى المثالي (6% cement+4% lime) و (10% cement +0% lime) لنوع الاعمدة الرملية المثبتة الطافية في حين تم ملاحظة الاتجاه التزايدى مع زيادة محتوى المضاف في نوع الاعمدة الرملية المثبتة المنتهية الى الطبقة الصلدة ضمن الحدود المستخدمة.

ايضا تم اقتراح آلية افتراضية لتحليل الاعمدة الرملية المثبتة مع خليط السمنت / نوره والتي ادرجت ضمن العمل المستقبلي .



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

الجامعة التكنولوجية

قسم هندسة البناء و الإنشاءات

الاعمدة الرملية المثبتة بخليط السمنت/نوره المظموره في تربة طينية ضعيفة

رسالة مقدمة الى قسم هندسة البناء و الإنشاءات

الجامعة التكنولوجية

كجزء من متطلبات نيل درجة الماجستير

في علوم هندسة البناء و الإنشاءات – الهندسة الجيوتكنيكية

من قبل

نور صفاء الدين الحسناوي

(بكالوريوس هندسة مدنية ٢٠٠٩)

بإشراف

أ.د. نعيم خورشيد سعيد السعودي

أ.م.د. فلاح حسن رحيل