

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



# **Experimental Study of Model Piled Raft Foundation Embedded within Partially Saturated Cohesionless Soil**

**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 BUILDING AND CONSTRUCTION  
ENGINEERING (GEOTECHNICAL ENGINEERING)**

**By**

**Ahmed Khairula Abdlazez Kando**

**B.Sc. (Building and Construction Eng., 2011)**

**Supervised by**

**Assist. Prof. Dr. Mahmoud R. Al-Qayssi**

**Dr. Saad Faik Abbas Al-Wakel**

**February 2015**

**Jumada Al-Awwal 1436**

**63-M-2015**

**340**

## **Abstract**

This thesis presents an experimental study to investigate the load carrying capacity of piled raft foundation embedded within partially saturated sandy soil and investigate the effect of matric suction on the load carrying capacity. Piled raft is a geotechnical composite construction consisting of three elements: piles, raft and soil. In the design of piled rafts, the load shared between piles and raft is used up to a level that can be of the same magnitude as the bearing capacity of a comparable single pile or even greater. Therefore, the piled raft foundation allows reduction of settlements in a very economical way as compared to traditional foundation concepts. The influence of matric suction (i.e., capillary stresses) in partially saturated zone is typically not taken into account in the conventional design of both shallow and deep foundations so that the present research study is the determination and contribution of matric suction towards the load carrying capacity of piled raft.

The experimental work consist of 6 models of footing ; single pile, raft only, single piled raft (250 x 50) mm, single piled raft (83 x 50) mm, double piled (166 x 50) mm and triple piled raft (250 x 50) mm. All these models are loaded and tested under both fully saturated condition (i.e., matric suction equals to 0 kPa) and unsaturated conditions (i.e., matric suction value equals to 6 kPa , 8 kPa and 10 kPa), which are achieved by predetermined lowering of water table. The lowering of water table depth from soil surface was changed in to three different depths to achieve different values of matric suction and the relationship between matric suction and depth of ground water table was measured in suction profile set by using three Tensiometers (IRROMETER). The soil water characteristic curve (SWCC) estimated by applying fitting methods through the software (SoilVision) after identifying the

basic properties of the soil such as particle size distribution, specific gravity, void ratio, porosity and wet and dry unit weights.

The loading process was performed by using manual hydraulic jack, the applied load was measured from a digital weighing indicator connected to the load cell and settlement was measured also by using two dial gauges. The piled raft is arranged in different configurations of piles (single, double and triple piled raft with spacing  $3.5D$  c/c) with the same area ratio (raft area to the cross section area of piles) to avoid different contact pressure area and to show the effect of different piles number and its group action.

The results of experimental work demonstrate that matric suction has a significant influence on the load carrying capacity of all tested models and the variation of load carrying capacity with respect to matric suction are similar to that of shear strength of unsaturated soils. The increasing value of the ultimate bearing capacity for raft foundation only under unsaturated conditions is approximately (2.3-3.7) times higher than that at saturated condition. The increasing value of the ultimate load capacity for single pile under unsaturated conditions is approximately (2-3) times higher than that at saturated condition. The ultimate load capacity of the piled raft of different tested configurations under unsaturated conditions was found to be approximately (3.5 to 4.4) times higher than the ultimate load capacity of the same model tested under fully saturated conditions. The results of this experimental program show that the conventional bearing capacity theory used in the engineering practice is highly conservative when it is applied for unsaturated soils.

## الخلاصة

هذه الاطروحة تمثل دراسته تجريبية للتحقق من قابلية التحمل للاساس الحصييري المدعم بالركائز عندما يكون مغروزا في ترابه رملية مشبعة جزئيا ودراسة تاثير ضغط الماء السالب على قابلية التحمل. الاساس الحصييري المدعم بالركائز هو منشأ جيوتكنيكي مركب يشمل ثلاث عناصر : الركائز ، الاساس الحصييري والترابه. تستخدم الركائز لغايه حمل معين الذي عنده تكون قابلية تحملها بنفس الدرجة عند مقارنتها بتحمل ركيزه منفردة او اكثر. لذلك الاساس الحصييري المدعم بالركائز يسمح بتقليل الهطول بطريقه اقتصاديه جداً اذا ما تم مقارنتها مع مفاهيم الاسس الاعتياديه. تاثير ضغط الماء السالب (اجهاد الخاصيه الشعريه) في جزء التربه المشبعة جزئيا عادة لا يؤخذ في الحسابات التصميميه الاعتياديه لكل من الاساسات الضحله والعميقه لذلك هذه الرساله تدرس وبشكل مباشر تاثير ضغط الماء السالب على قابليه التحمل للاساس الحصييري المدعم بالركائز.

الجانب العملي يتالف من ٦ نماذج من الاساسات : " ركيزه منفردة، اساس حصييري فقط، اساس حصييري بابعاد (٨٣×٥٠) ملم مدعم بركيزه واحده، اساس حصييري بابعاد (٢٥٠×٥٠) ملم مدعم بركيزه واحده، اساس حصييري بابعاد (١٦٣×٥٠) ملم مدعم بركيزتين، اساس حصييري بابعاد (٢٥٠×٥٠) ملم مدعم بثلاث ركائز". جميع هذه النماذج من الاسس تم تحميلها وفحصها تحت ظروف تربيه مشبعة كليا (الضغط السالب للماء يساوي صفر كيلو باسكال) وتحت ظروف تربيه مشبعة كليا (الضغط السالب للماء يساوي ٨، ٦، و ١٠ كيلو باسكال)، هذه القيم تم تحقيقها من خلال تخفيض منسوب المياه في التربيه . تخفيض منسوب الماء من سطح التربيه تم تغييره الى اعماق مختلفه للوصول الى قيم مختلفه من ضغط الماء السالب وكذلك العلاقه بين ضغط الماء السالب وعمق الماء في التربيه تم قياسها بواسطة ثلاث اجهزة (Tensiometer). منحني خصائص الرطوبه (SWCC) تم قياسه من خلال تطبيق معادلات رياضيه باستخدام برنامج (SoilVison) بعد تعريف المواصفات الاساسيه للتربه مثل : التوزيع الجببي للتربه ، الوزن النوعي ، نسبه الفجوات ، المساميه والكثافه الوزنيه الرطبه والجافه للتربه.

عمليه التحميل تمت باستخدام مكبس هيدروليكي يدوي ، الحمل المسلط تم قياسه باستخدام قارئ حمل مربوط بما يسمى خليه الحمل والهطول تم قياسه بواسطه مقياس ازاحه الاساس. الحصييري المدعم بالركائز تم ترتيبه بتشكيلات مختلفه من الركائز (اساس حصييري منفرد ، مزدوج و ثلاثي ) والمسافه

بين الركائز مساويه الى ٣,٥ بقدر قطر الركيزه ، وبنسبه ثابتة بين مساحه الحصريه الى مساحه المقطع العرضي للركائز وذلك لتجنب اختلاف مساحه ضغط التلامس وكذلك لبحث تاثير اختلاف عدد الركائز وفعل المجموعه للركائز .

نتائج العمل المختبري اثبتت ان الضغط السالب للماء له تاثير واضح على قابليه التحمل لجميع النماذج المفحوصه والتغيير في قابليه التحمل بتاثير الضغط السالب للماء يكون مشابهاً للتغيير في مقاومه القص الحاصل في الترب المشبعه جزئياً. قيمه الزياده في قابليه التحمل لاساس حصيري مفحوص في ظروف تربه مشبعه جزئياً تكون تقريباً (٣,٧-٢,٣) مرات اكبر من قابليه التحمل المفحوصه تحت ظروف تربه مشبعه كلياً . قيمه الزياده في قابليه التحمل لركيزه مفرده مفحوصه في ظروف تربه مشبعه جزئياً تكون تقريباً (٣-٢) مرات اكبر من قابليه التحمل المفحوصه تحت ظروف تربه مشبعه كلياً . قابليه التحمل القصوى للاساس الحصري المدعم بالركائز المفحوص في ظروف تربه مشبعه جزئياً يكون تقريباً (٣,٥ الى ٤,٤) مرات اكبر من قابليه التحمل القصوى لنفس النموذج المفحوص في ظروف تربه مشبعه كلياً. نتائج الفحوصات المختبريه بينت ان معادلات قابليه التحمل النظرية المستخدمه في تطبيقات الهندسيه تكون متحفضه بصوره عاليه عند تطبيقها في التربه المشبعه جزئياً .



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
الجامعة التكنولوجية  
قسم هندسة البناء والانشاءات

## دراسة عملية لنماذج اسس حصيريه مدعمه بالركائز مغروزة في تربة عديمة التماسك مشبعة جزئياً.

رسالة مقدمة إلى  
قسم هندسة البناء والانشاءات في الجامعة التكنولوجية  
كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير  
في علوم هندسة البناء والانشاءات  
(الهندسة الجيوتكنيكية)

من قبل

أحمد خيرالله عبد العزيز كاندو

بكالوريوس هندسة بناء وانشاءات

٢٠١١

بإشراف

الدكتور سعد فايق عباس الوكيل

الاستاذ المساعد الدكتور محمود رشيد القيسي

شباط ٢٠١٥

جمادى الاولى ١٤٣٦