

Reliability Based Design of Pile Raft Foundation

By Tania Muhammed Majeed Al-Ani

Abstract

The Combined Piled Raft Foundation (CPRF) is a modern concept in which the total load coming from the superstructure is partly shared by the raft through contact with soil and the remaining load is shared by piles through skin friction and/or base capacities. A CPRF system is economical compared to the traditional piled foundation design where the pile cap is assumed to be sustained by piles only.

A "case study" (Basrah elevated water tank project) is studied thoroughly in this work. The 1365 m³ elevated water tank located at three nearby sites was originally designed as a piled foundation with 25 bored piles for each site. Theoretical analysis of the capacity of the piles according to Soil Investigation Report showed that the piles have an allowable capacity of 2245 kN. After installing all the piles in the three sites, and before commencing the pile cap, different pile tests were performed [Static Load Compression Test, Pile Integrity Test (PIT) and Pile Dynamic Analysis (PDA) Test]. It appeared that the allowable capacity of the piles has erratic values below the pile capacity expected. Four different criteria (Tangent, Davison, Chin and DeBeer Methods) for determining the ultimate capacity of the piles were used.

A re-analysis of the pile raft is performed in this study assuming that the soil under the raft will sustain some of the load, hence establishing the CPRF concepts. The case study was modeled by STAAD Pro computer package to determine the loads on both piles and soil with the corresponding settlement values. This was achieved by dividing the raft into finite plate elements with two types of springs (pile and soil) at their nodes.

The behavior of the system is investigated by assuming simplified load-settlement curves for both cases. The bi-linear model was assumed for the original design as a Piled Foundation and the tri-linear model for the proposed CPRF.

The influence of input parameters represented by the pile stiffness (k_p), soil stiffness (k_s) and the thickness of the raft (t) on the behavior of the system were inspected through a parametric study. A generalized regression equation presenting the percent loading transferred to the piles and soil was established.

The reliability aspects of behavior of both piled foundation and CPRF are investigated. In this approach the influence of autocorrelation for the stiffness modulus (of both piles and soil) and raft thickness are considered. The calculations are made by means of the First Order Reliability Method (FORM) according to Level II of the reliability analysis.

The safety of both systems is obtained in terms of traditional factor of safety (FS) and reliability index (β). The results showed that the piled foundation system is "unsafe" for 3 criteria for both FS and β . On the other hand, the CPRF is "safe" for the 4 criteria for FS concept while it is "unsafe" for 3 criteria for β .

الدراسة المعولية لتصاميم الاسس الحصىرية المسندة بالركائز

بحث ماجستير مقدم من قبل تانيا محمد مجيد العاني

الخلاصة

تعتبر الاسس الحصىرية المسندة بالركائز (Combined Piled Raft Foundation, CPRF) احد المفاهيم الحديثة لتصرف الاسس حيث يفرض توزيع الاحمال المسلطة الاتية من المنشأ بين اساس الحصىرة (خلال تماسها مع التربة) ومجموعة الركائز (اما من خلال قوى الاحتكاك الناتجة من تماسها مع التربة او من خلال قوة تحمل قاعدة الركيزة او كلاهما). يعتبر هذا النوع من الاساسات اكثر اقتصادية مقارنة مع المفهوم السائد لاسس قبعة الركائز (Pile Cap Foundation) والتي تفرض ان الاحمال المسلطة على الاسس تسند من قبل الركائز فقط.

في هذا البحث تم اخذ مشروع خزان مياه البصرة كحالة ميدانية. صممت اسس الخزان سعة 1365 متر مكعب و الذي يقع في ثلاثة مواقع عمل متقاربة على المفهوم المتعارف لاسس قبعة الركائز والتي تتضمن استخدام 25 ركيزة حفر بقطر 0.7 متر و طول 25 متر لكل موقع عمل. اظهرت الحسابات النظرية لقوة تحمل الركائز وفقا لفحوصات التربة الموقعية ان قوة تحمل الركيزة الواحدة المسموح بها هي 2245 كيلونيوتن. بعد تنفيذ جميع الركائز في مواقع العمل و اجراء فحوص الركائز المختلفة (فحص الركائز الستاتيكي، فحص صلابة الركيزة وفحص الركائز الديناميكي) تبين ان قوة تحمل الركيزة المسموح بها متذبذبة القيم وهي اقل من قوة التحمل النظرية المتوقعة. حددت قوة تحمل الركائز الحرجة باريح معايير مختلفة خاصة بتحليل فحوصات الركائز.

تم اعادة تحليل الاسس في مشروع البصرة على مفهوم (الاسس الحصىرية المسندة بالركائز) والذي يوزع الاحمال المسلطة من المنشأ ما بين التربة والركائز بنسبة معينة لكل منهما. لغرض هذه الدراسة تم استحداث نموذج نظري يمثل الحالة بواسطة برنامج STAAD Pro لحساب الاحمال المنقلة لكل من التربة والركائز ومن ثم حساب الهبوط المرافق لهما نتيجة الاحمال. تم تمثيل النموذج النظري للحصىرة باستخدام عناصر لوحية يتم تحليلها باستخدام نظرية العناصر المحددة عن طريق تعريف نوعين من النواض تمثل الركائز و التربة لكل نقطة من نقاط الالواح.

تم تحليل تصرف المنظومة من خلال فرض و دراسة منحنى (الحمل- الهبوط) لكلا الحالتين (الاصالية والمقترحة). تم فرض ان التصميم الاصالي يكون حسب المنحنى الثنائي (bi-linear) و الذي يمثل مبدأ اسس قبعة الركائز بينما تصرف المنظومة سيكون حسب المنحنى الثلاثي (tri-linear) و الذي يمثل مبدأ (الاسس الحصىرية المسندة بالركائز).

تم دراسة مدى تأثير البيانات المدخلة والتي تمثل صلابة نابض الركائز (k_p)، صلابة نابض التربة (k_g) وسمك الحصىرة (t) على تصرف المنظومة وذلك من خلال دراسة ميدانية. تم اقتراح معادلة احصائية تستخرج نسبة الاحمال المنقلة الى الركائز و التربة وحسب قيمة المدخلات وذلك بعد القيام بدراسة 128 حالة.

تم دراسة معولية التصرف للمنظومة بحالتها الاصلية والمقترحة. في هذه الدراسة تم تحديد مدى تأثير دقة البيانات المدخلة للركائز و التربة بالاضافة الى سمك الحصىرة على تصرف المنظومة. الدراسة تمت باستخدام تقنية العزم الثاني للمراتب الاولى (FOSM).

تم تحديد مدى امان المنظومة وذلك بحساب معامل الامان التقليدي (FS) ومؤشر المعولية (β). اظهرت النتائج ان المنظومة الاصلية المصممة على المبدأ التقليدي لاسس قبعة الركائز تعتبر "غير آمنة" حسب ثلاثة معايير من وجهتي نظر معامل الامان التقليدي ومؤشر المعولية بينما اظهرت الدراسة ان الاسس المقترحة و المصممة على مبدأ (الاسس الحصىرية المعندة بالركائز) اعتبرت "آمنة" حسب المعايير الاربعة لحساب قوة تحمل الركائز للمبدأ التقليدي لعامل الامان (FS) و "غير آمنة" لثلاث معايير على اساس مبدأ المعولية.