

## تصرف الأساس المربع المستند على تربة جبسية تحت الأحمال المائلة اللامركزية

د. عدنان جايد زيدان، استاذ مساعد مازن علي حسين، مدرس مساعد

قسم الهندسة المدنية- جامعة تكريت

### الخلاصة

تضمن هذا البحث دراسة تصرف الأساس المربع المستند على تربة جبسية والمعرض لأحمال مائلة ولا مركزية من خلال تصنيع نموذج للأساس المربع بأبعاد (100mm x 100mm) وتصنيع جهاز فحص التحميل و وضع التربة في صندوق بأبعاد (900mm x 900mm x 600mm).

أخذت التربة من موقع جامعة تكريت في محافظة صلاح الدين وعلى عمق 3 أمتار من مستوى سطح الأرض وكانت ذات محتوى جبسي عالي (50.48%). اجري فحص التحميل على الأساس عند لامركزية (e/B=0.0, 0.1, 0.2 and 0.3) وزاوية ميل للحمل المسلط مع العمود ( $i=0^0, 5^0, 10^0, 15^0$  and  $20^0$ ). أخذت كثافة التربة الحقلية والرطوبة الحقلية وكذلك الكثافة العظمى والرطوبة المثلى والكثافة العظمى والرطوبة الحقلية إذ وجد أن الهبوط العمودي والإزاحة الأفقية وميلان الأساس تزداد مع زيادة لامركزية وميلان الحمل المسلط وان قابلية تحمل التربة كانت اقل من النتائج النظرية لباحثين سابقين عندما كان الحمل عموديا ونتائج مقارنة من النتائج النظرية عندما كان الحمل مائلا في حالة الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية وتقل قيمة قابلية تحمل التربة مع زيادة لامركزية الحمل المسلط بسبب صغر المساحة الفعالة للأساس.

أما في حالة الكثافة العظمى والرطوبة المثلى فوجد أن قابلية تحمل التربة كانت مقارنة للنتائج النظرية عندما كان الحمل عموديا ونتائج أعلى من النتائج النظرية عندما كان الحمل مائلاً ثم تقل هذه النتائج مع زيادة اللامركزية للحمل المسلط. وعند استخدام الكثافة العظمى والرطوبة الحقلية كان تأثير اللامركزية وميلان الحمل قليلا و قابلية تحمل التربة كانت عالية جدا وأعلى من النتائج النظرية. وعند غمر التربة الجبسية بالماء يؤدي إلى حصول هبوط عالٍ في الأساس بسبب تحلل الجبس وتقليل قابلية تحمل التربة كثيرا بسبب تحطم الأصرة الكيميائية بين الجبس والتربة.

**الكلمات الدالة:** أساس مربع، حمل مائل، حمل لا مركزي، هبوط ، إزاحة جانبية، ميل الأساس، تربة جبسية

## *Behavior of Square Footing Subjected to Gypseous Soil under Eccentricity-Inclined Load*

### Abstract

In this study the behavior of square footing on gypsum soil is studied under inclined and eccentric loads via fabrication of a simulator of square footing (100 mm \* 100 mm), fabrication of load tester and putting the soil in a box having a dimensions of (900 mm \* 900 mm \* 600 mm).

A sample of soil is taken from Tikrit University in Salah Al Din province under 3 m depth which has a gypsum content of (50.48 %). The load test is performed on square footing at eccentricity of (e/B= 0, 0.1, 0.2 and 0.3) and an angle of inclination of the impacted load with the column ( $i=0^0, 5^0, 10^0, 15^0$  and  $20^0$ ). The local specifications of the soil are measured (density, moisture, maximum density and ideal moisture), it is found that that the vertical falling, horizontal displacement, and base inclination increases with the increasing of eccentricity and inclination of impacted load, the soil

resistance is less than the theoretical results for previous researchers in vertical load whereas it is approaching the theoretical results in inclined load. It is also observed that soil resistance decreases with the increasing of eccentricity of impacted load at local density and humidity, whereas it approaches the theoretical results at maximum density, ideal moisture and vertical load conditions and gives results higher than that of theoretical analysis in inclined load where it decreases with increasing the eccentricity of impacted load.

It is found that a high settlement occur in footing when a water (unsaturated with gypsum salts) diffuses through the soil, then gypsum become soluble thereby the soil resistance decreases because of rupturing of chemical bond between gypsum and soil.

Key Words: square footing, inclined load, eccentric load, settlement, horizontal displacement, footing tilt and gypsum soil.

## المقدمة

رملية لكي يأخذ بنظر الاعتبار حساب تأثير الشكل الهندسي للأساس أو شكل المنطقة الجالس عليها الأساس.

(Kumar) [6] أجرى نموذج فحص لأساس شريطي وأساس مربع خاضعة لحمل مائل لامركزي وجالس على رمل من نوع (Amanatgrh) كثافته النسبية 65%. [7] (Antonino and Settimio) درساً تصرف نموذج أساس شريطي جالس على تربة رملية كثيفة ومشبعة تحت حمل عمودي مركزي أو غير مركزي.

و بسبب المشاكل الكبيرة والخطرة التي تسببها التربة الجبسية ومن أجل فهم تصرف التربة الجبسية غير المعالجة تحت الأسس عندما يكون الحمل المسط بصورة مائلة ولا مركزية كان الهدف من هذا البحث.

## المواد وبرنامج العمل

**التربة:** أخذت التربة الجبسية الطبيعية من مدينة تكريت في محافظة صلاح الدين ومن موقع جامعة تكريت وعلى عمق 3 م تحت مستوى الأرض الطبيعية بعد أن تم قشط طبقة التربة العلوية. تم إجراء عملية قشط التربة وحفرها بواسطة الآلات الميكانيكية وتم اخذ نماذج فحص موقعيه، النماذج

دائماً ما يصادف المهندس المدني منشآت تتعرض لأحمال مائلة ولا مركزية مثال على ذلك الجدران الساندة والدعامات والهياكل البابية. درس (Meyerhof) [1] نموذج فحص لدراسة سلوك الأساس الضحل الذي يتعرض إلى حمل مائل غير مركزي. أجرى (Agrawal) [2] نموذج فحص ثنائي الأبعاد وثلاثي الأبعاد على تربة Rainpur الرملية (الكثافة النسبية = 84%) لدراسة قابلية التحمل القصوى وسلوك الهبوط بتأثير الأحمال على الأساسات في حالة اللامركزية وميلان الحمل.

وقام (Georgiadis and Butterfield) [3]

بدراسة نموذج لفحص بحثي تجريبي لإزاحة أساس سطحي خاضع لحمل مائل لامركزي ، هذه النتائج حللت وتم تفسيرها باستخدام نظرية المرونة (Elasticity theory) للتنبؤ بإزاحة الأساس باختلاف مراحل الحمل، النتائج بينت بان الإزاحة العمودية للأساس تقل بزيادة ميلان الحمل ولا مركزيته، بينما تزداد الإزاحة الأفقية والدوران.

درس (Zadoga) [4] تحليلات لقابلية التحمل لأساس شريطي سطحي جالس على تربة رملية وخاضع لأحمال محورية ومائلة ولا مركزية. [5]

Montrasio and Nova, وسعوا عملهم السابق للتنبؤ بالهبوط للأساس السطحي الجالس على تربة

أما بقية الفحوصات فقد تم إجراؤها في مختبرات قسم الهندسة الكيماوية في جامعة تكريت وكما موضحة نتائجها في الجدول (2).

الفحوصات الميكانيكية شملت إيجاد قوة التماسك للتربة (c) وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ( $\Phi$ ) وباستخدام جهاز فحص القص المباشر المختبرية لنماذج تربة غير مشوشة (تم الحصول عليها من الموقع مباشرة) ونماذج مشوشة لنفس الكثافة والرطوبة الحقلية والكثافة العظمى والرطوبة المثلى وكانت طريقة الفحص هي طريقة (الانضمام المصروف) (CD) وكما توضحه النتائج في الجدول (3). علماً أن أبعاد الأساس وأبعاد الصندوق تم اختيارها على أساس (Scaling) بحيث تم تجنب حدوث (Boundary Effect).

#### الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث

**جهاز فحص التحميل** : يتكون جهاز فحص التحميل من مسندين عموديين من حديد الزاوية سمك 4 ملم يحملان مسنداً أفقياً يستند عليه جهاز نقل الحمل ومقبض تسليط الحمل على النموذج إذ بالإمكان تحريك المسند الأفقي أفقياً من أجل إبقاء نموذج الفحص في الوسط كما ويمكن تسليط الحمل بصورة مائلة عن طريق رفع المسند الأفقي من جهة واحدة إذ إن كل تدرجة تعطي ميلاناً مقداره  $5^0$  عن الشاقول ويوضع نموذج الفحص في صندوق (0.6m×0.9m×0.9m) يوضع داخله التربة المراد تسليط الحمل عليها وبحسب متطلبات البحث وتوجد اذرع صغيرة يتم تثبيتها على نموذج الفحص لكي توضع عليها عدادات لقياس الحركة الأفقية والعمودية وميلان النموذج والصورة رقم (1) تبين جهاز فحص التحميل.

**الأساس** : الأساس المستخدم على شكل مربع بأبعاد (100mm×100mm) تتكون القاعدة من معدن

المأخوذة من الموقع كانت على نوعين (نماذج مشوشة و نماذج غير مشوشة).

**الماء**: تم استخدام ماء الشرب (ماء الإساله) في عمل التجارب المختبرية (pH= 7.8 – 8.2). إلا بالتجارب التي تنص المواصفات باستخدام الماء المقطر.

#### برنامج الفحوصات

الفحوصات الفيزيائية تشمل الوزن النوعي، حدود اتريك، التحليل المنخلي وإيجاد الكثافة الحقلية والعظمى والجدول (1) يبين نتائج الفحوصات الفيزيائية.

أما الفحوصات الكيماوية فشملت إيجاد نسبة الجبس وإيجاد نسبة الأملاح الذائبة الأخرى. تم إيجاد محتوى الجبس باستخدام طريقة ( Al-Mufty and Nashat )<sup>[8]</sup> وفق العلاقة الآتية:-

$$\chi_{CaSO_4.2H_2O} = \frac{W'_{s,45^{\circ}C} - W_d}{W'_{s,45^{\circ}C}} \times \frac{136 + 18\varepsilon}{36} \times 100 \dots (1)$$

Where

$$\varepsilon = \frac{2(W'_{s,45^{\circ}C} - W_d)}{W'_{s,45^{\circ}C} - W_d} \dots (2)$$

حيث إن :-

$\chi$  = محتوى الجبس %

$\varepsilon$  = عدد جزيئات ماء الترطيب في الكالسيوم الرطب لجزيئات الكبريت

$W'_{s,45^{\circ}C}$  = وزن نموذج التربة بعد تجفيفه مدة 24 ساعة في الفرن بدرجة حرارة  $45^0$  م

$W'_{s,45^{\circ}C}$  = وزن نموذج التربة بعد إذابته في ماء مقطر وتجفيفه في الفرن بدرجة حرارة  $45^0$  م ولمدة 24 ساعة

$W_d$  = وزن نموذج التربة بعد تجفيفه في الفرن لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة  $105^0$  م

تدريجياً (كل عشرة تدريجات لعداد قياس حلقة القياس) بحيث يتم ثبوت الحمل عند التدريجات المطلوبة ويتم تسجيل قراءات كافة العدادات المثبتة على نموذج الأساس وبعد ذلك يتم تسليط حمل إضافي بالطريقة السابقة نفسها ولحين فشل التربة تحت الأساس بعد ذلك يتم رفع النموذج وإخراج التربة من الصندوق وإجراء الفحص التالي بالطريقة السابقة نفسها وتم رسم العلاقة ما بين الضغط المسلط من جهة والهبوط العمودي والإزاحة الأفقية والميلان من جهة أخرى.

**المرحلة الثانية:** تسليط حمل عمودي ومائل بزوايا  $(0^0, 5^0, 10^0)$  عن الشاقول على الأساس وعند لامركزية  $(0.3, 0.2, 0.1, 0.0)$  ( $e/B =$ ) وباستخدام الكثافة العظمى والرطوبة المثلى و بالطريقة نفسها في المرحلة الأولى وتم رسم العلاقة ما بين الضغط المسلط من جهة والهبوط العمودي والإزاحة الأفقية والميلان.

**المرحلة الثالثة:** تسليط حمل عمودي ومائل بزوايا  $(0^0, 5^0, 10^0)$  عن الشاقول على الأساس وعند لامركزية  $(0.3, 0.2, 0.1, 0.0)$  ( $e/B =$ ) وباستخدام الكثافة العظمى والرطوبة الحقلية حيث تم رص التربة داخل صندوق الفحص بنفس طريقة المرحلة الأولى وباستخدام الكثافة العظمى والرطوبة المثلى غير أنّ حالة التحميل على نموذج الأساس لم يتم إجراؤها بل تم ترك التربة المرصوصة لتجف ولحين وصول رطوبتها إلى الرطوبة الحقلية (من 1.5% إلى 4.3%) وبعد ذلك تم إجراء فحص التحميل على التربة بنفس الطريقة السابقة.

**المرحلة الرابعة:** تم تسليط حمل عمودي على الأساس وعند لامركزية  $(0.3, 0.2, 0.1, 0.0)$  ( $e/B =$ ) وباستخدام الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية ومن ثم غمر صندوق جهاز الفحص بالماء إلى حين التشبع ومن دون جريان بعد أن تم رص التربة داخل

الحديد بسمك (12.5mm) تثبت فوقها حافات بشكل صندوقي بارتفاع (120mm) وبسمك (6mm) تم عمل حفرة بقطر (3mm) في مركز القاعدة وثلاث حفر أخرى وبالقطر نفسه على بعد (10mm) و (20mm) و (30mm) عن المركز على التوالي وتم تثبيت مساند لوضع عدادات القياس العمودية والأفقية وجهاز قياس الميلان وتحزيز وعمل نتوءات على قاعدة النموذج من أجل إعطائه خشونة لزيادة الاحتكاك بين التربة ونموذج الأساس وكما موضح في الشكل (1).

### طريقة العمل

تم إجراء الفحوصات المطلوبة في هذا البحث على عدة مراحل من أجل دراسة سلوك الأساس تحت الأحمال اللامركزية المائلة والمستند على تربة جيبسيه نسبة الجبس 50% تقريباً وتتخلص مراحل العمل كما يأتي:-

**المرحلة الأولى:** تسليط حمل عمودي ومائل بزوايا  $(0^0, 5^0, 10^0, 15^0, 20^0)$  على الأساس وعند لامركزية  $(0.3, 0.2, 0.1, 0.0)$  ( $e/B =$ ) باستخدام تربة معاد تشكيلها بالكثافة والرطوبة الحقلية، إذ تم وضع التربة داخل صندوق الفحص على شكل طبقات بسمك (150mm) لكل طبقة وتم رصها باستخدام مطرقة يدوية صممت لهذا الغرض تحوي قرص دائري من الحديد بقطر 200ملم وسمك 12.5ملم مرتبطة بأنبوب معدني قطر 25ملم يبلغ وزن المطرقة الكلي 5 كغم وتم الاستدلال على الكثافة المطلوبة عن طريق وضع حاويات صغيرة عند أركان الصندوق تم قياس كثافة التربة فيها لغرض التأكد من الكثافة المطلوبة وبعد إكمال رص التربة داخل الصندوق تم وضع نموذج الأساس فوق التربة وتم تثبيت عدادات القياس لقياس الهبوط والإزاحة الأفقية وميلان الأساس وتم تسليط الحمل

العظمى و مقدار اللامركزية ( $e/B=0.0$ ) و ( $e/B=0.1$ ) و ( $e/B=0.2$ ) كانت قيمة الإزاحة الأفقية متقاربة وهي حوالي (7mm) ولكن قابلية تحمل التربة تقل كلما زادت اللامركزية أي أنّ تأثير اللامركزية على الإزاحة الأفقية قليل جدا يمكن إهماله لكن كلما زاد ميل الحمل المسلط على الأساس زادت قيمة الإزاحة الأفقية لنفس الضغط المسلط شكل(3) وهذا ما توصل إليه<sup>[2]</sup> Agrawal.

الجدول رقم (5) يبين الهبوط تحت نقطة الحمل ( $S_e$ ) وأعلى هبوط للأساس ( $S_m$ ) وقيمة الإزاحة الأفقية للأساس (H.D) لحالة الأساس السطحي والأساس المدفون ( $D_f/B=0.5$ ) و لامركزية ( $e/B=0.0, 0.1, 0.2$  and  $0.3$ ) وكذلك ميلان الحمل ( $i=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$  and  $20^\circ$ ) وقيمة عامل أمان (1) عند قيمة التحمل الأقصى و 2 أي نصف التحمل الأقصى و 3 أي بقسمة قابلية التحمل الأقصى على (3) ويلاحظ أن الفرق بين  $S_m$  و  $S_e$  يكاد يكون معدوما بسبب الأبعاد المتقاربة لنموذج الأساس المستخدم.

أما بالنسبة للعلاقة بين الضغط المسلط على الأساس والميل للأساس تم إيجاد أعلى قيمة لقابلية تحمل التربة والميل و يلاحظ أنه عندما كان الحمل مركزيا ( $e/B=0.0$ ) كان ميل الأساس متقارباً عند الفشل لكن ضمن قابلية تحمل أقل للتربة كلما زادت اللامركزية لكن كلما زاد ميل الحمل المسلط على الأساس زادت قيمة ميل الأساس لنفس الضغط المسلط شكل (4) وهذا ما توصل إليه<sup>[10]</sup> (Georgiadis).

وعندما كانت اللامركزية ( $e/B=0.1$ ) كانت قيمة معدل ميلان الأساس عند الفشل اكبر قليلاً وسبب هذه الزيادة يعود إلى زيادة قيمة اللامركزية و انه كلما زاد ميل الحمل المسلط على الأساس زادت قيمة ميل الأساس لنفس الضغط المسلط بسبب قلة

الصندوق تم وضع نموذج الأساس فوق التربة وتم تسليط حمل على نموذج الأساس (100kPa) وبعد ذلك تم غمر الصندوق بالماء وتم إبقاء الضغط ثابتا والى حين وصول ضغط الماء داخل البيزوميتر بما يساوي ضغط الماء في الصندوق (حالة التشبع التام) وتم تسجيل كافة القراءات على العدادات ومن ثم تم تسليط حمل إضافي على نموذج الأساس ولحين وصول النموذج إلى حالة الفشل مع ملاحظة عدم السماح للماء بالجريان خارج صندوق الفحص.

### النتائج والمناقشة

#### سلوك التربة تحت الأساس عند الكثافة الحقلية

#### والرطوبة الحقلية

سلط حمل على الأساس المربع وسجلت البيانات بين الضغط المسلط والهبوط العمودي للأساس ولحين فشل التربة وكان نوع الفشل هو إخفاق القص الشامل (General Shear Failure) في الجانب الذي يحوي اللامركزية صورة (2) (وبعد رسم العلاقة مابين الضغط المسلط على الأساس والهبوط العمودي للأساس تم إيجاد أعلى قيمة لقابلية تحمل التربة (أعلى قيمة للمنحني) والهبوط العمودي المقابل لأعلى قيمة لقابلية تحمل التربة) و كانت القيم عند الحمل المركزي ( $e/B=0$ ) وزاوية ميل الحمل المسلط ( $i=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ ) هي ( $q_u = 530, 440, 370, 284, 240$ ) kPa على التوالي وهذه النتائج هي مقارنة للنتائج النظرية التي تم الحصول عليها باستخدام (Meyerhof Eq.)<sup>[11]</sup> وخاصة عند ( $i>0$ ) ولكن النتائج النظرية التي تم الحصول عليها باستخدام (Hansen Eq.)<sup>[9]</sup> كانت أعلى نسبيا من النتائج المخبرية التي تم الحصول عليها شكل (2) و جدول (4).

أما العلاقة بين الضغط المسلط والإزاحة الأفقية للأساس المربع فيلاحظ عند قابلية تحمل التربة

**سلوك التربة تحت الأساس عند الكثافة الحقلية****والرطوبة الحقلية وفي حالة الغمر بالماء**

شكل رقم (6) يبين العلاقة بين الضغط-الهبوط للأساس المربع عندما يكون الحمل عمودياً وعلى السطح ( $D_f/B = 0$ ) وعند لامركزية للحمل مختلفة وباستخدام الكثافة والرطوبة الحقلية وغمر التربة بالماء لمدة ثلاثة أيام (لحين وصول التربة لحالة التشبع) مع تسليط حمل ثابت على الأساس (100 kPa) وتم إبقاؤه ثابتاً لحين الوصول إلى حالة التشبع للتربة وبعد ذلك تم زيادة الحمل تدريجياً ولحين فشل التربة.

الجدول رقم (10) يبين قيمة قابلية تحمل التربة العظمى في هذه الحالة مقارنة مع الحالة الجافة (أي بدون غمر). ومن ملاحظة الجدول (10) يرى نقص في قابلية تحمل التربة في هذه الحالة وذلك بان الماء عمل على إذابة الجبس وتفكيك الأواصر الكيميائية بين الجبس وجزيئات التربة مما أدى إلى سهولة انزلاق جزيئات التربة فوق بعضها عند تسليط حمل على الأساس وزيادة قيمة الهبوط العمودي بسبب تحلل الجبس في الماء كما يلاحظ أن قيمة قابلية تحمل التربة عند ( $e/B=0.3$ ) بقيت متقاربة بسبب الفشل السريع للتربة عند حمل قليل نسبياً.

**الاستنتاجات**

من خلال التجارب المختبرية التي أجريت على الأساس المربع تحت تأثير الأحمال المائلة واللامركزية والمستندة على تربة جبسية يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:-  
1. وجد أن قابلية تحمل التربة الجبسية تزداد باستخدام الكثافة العظمى والرطوبة المثلى بسبب زيادة تماسك التربة وعودة الأصرة الكيميائية بين الجبس والتربة وزيادة قابلية تحمل التربة.

المساحة السطحية الفعالة للأساس الملامسة للتربة ( $B' = B - 2e$ ) مما يؤدي إلى قلة مساحة الاحتكاك بين الأساس والتربة شكل (5).

حيث:

H.D: الإزاحة الأفقية للأساس.

$S_m$ : أقصى هبوط للأساس.

$S_e$ : هبوط الأساس عند مركز تسليط الحمل.

**سلوك التربة تحت الأساس عند الكثافة العظمى****والرطوبة المثلى**

جدول رقم (6) يبين قيمة تحمل التربة العظمى التي تم الحصول عليها مختبرياً مقارنة مع بعض النتائج النظرية لباحثين سابقين ومن خلال مقارنة هذه النتائج مع التي تم الحصول عليها عند استخدام الكثافة والرطوبة الحقلية يلاحظ بان قيمة تحمل التربة عند استخدام الكثافة والرطوبة العظمى أعلى بكثير إذا ما قورنت مع النتائج التي تم الحصول عليها في (الجدول (5)) لان التربة بقيت متماسكة بسبب زيادة قوة التماسك ما بين جزيئات التربة والجبس أي عودة الأصرة الكيميائية للجبس وزيادة قيمة (c) جدول (3).

الجدول رقم (7) يبين النتائج التي تم الحصول عليها عملياً وكذلك من خلال العلاقة بين (pressure-settlement) ومن (pressure-horizontal displacement) وكذلك من العلاقة (pressure-tilt) ولثلاثة عوامل امان (1، 2، 3).

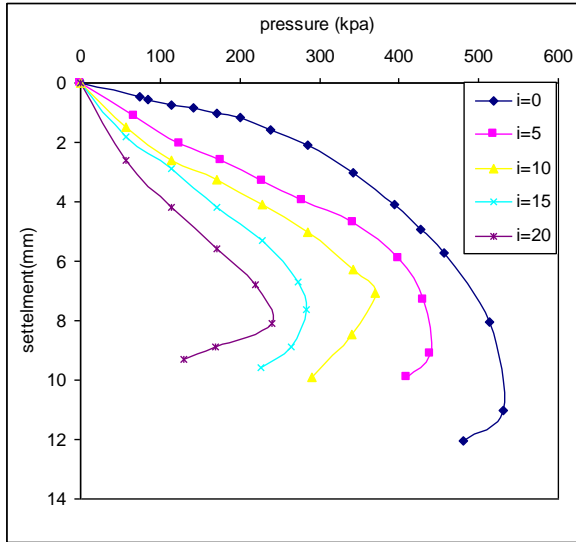
**سلوك التربة تحت الأساس باستخدام الكثافة****العظمى والرطوبة الحقلية**

جدول (8) و جدول (9) يبينان النتائج التي تم الحصول عليها في حالة استخدام الكثافة العظمى والرطوبة الحقلية حيث تبين النتائج زيادة قابلية تحمل التربة وعدم التأثر الكبير بسبب اللامركزية والميل للحمل المسلط بسبب زيادة قوة التماسك بين جزيئات التربة أي زيادة قيمة (c) جدول (3).

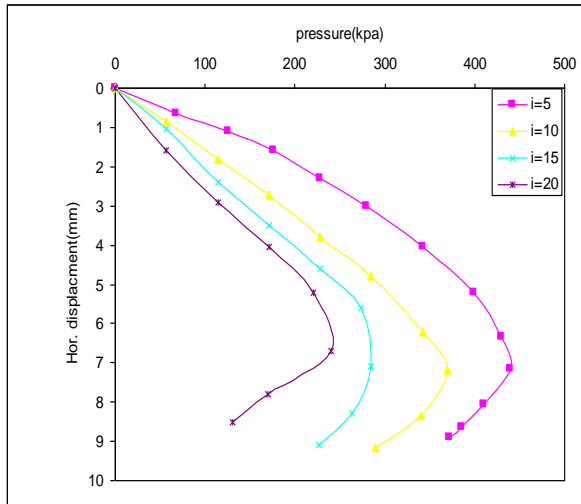
2. Agrawal, R.K (1986), "Behavior of Shallow Foundation Subjected to Eccentric-Inclined Loads", PhD. Thesis, University of Roorkee, (India).
  3. Georgiadis, M. (1993), "Settlement and Rotation of Footing Embedded in Sand", Soil and Foundation, Japan Society of SMFE, vol. 33 (1), pp.169-157.
  4. Zadroga,B, (1994), "Bearing Capacity of Shallow Foundation on Noncohesive soil", Journal of Geotechnical. Engineering. ASCE, vol. (120)GT11, pp. 1991-2008.
  5. Montrasio, L., and Nova, R. (1997), "Settlement of Shallow Foundation on Sand, Geometrical Effect", Geotechniqu, vol. 47(1), pp. 49-60.
  6. Kumar, R. (2001), "Analysis of Eccentrically Obliquely Loaded Square Footing from constitutive Law', M. E. Thesis, Deptt. of Civil Engg., University of Roorkee, Roorkee (India).
  7. Antonino M. and Ferlisis( 2008), " Collapse of a Model Strip Footing on Dense Sand Under Vertical Eccentric Loads", \_ Springer Science+Business Media B.V. 2008
  8. Al-Mufty, A.A. and Nashat, I.H. (2000), "Gypsum Content Determination in Gypseous Soils and Rocks", 3<sup>rd</sup> International Jordanian Conference on Mining, pp. 500-506.
  9. Georgiadis, M.and Butterfield, R. (1988),"Displacement of Footings on Sand under Eccentric and Incline loads", Canadian Geot. Jnl., Vol. 25(2), pp. 199-212.
  10. BS (1975), "Methods of Testing Soils for Civil Engineering
2. إن رص التربة الجبسيه باستخدام الكثافة العظمى والرطوبة المثلى وترك التربة لتجف وتعود إلى رطوبتها الحقلية سوف يعيد الأصرة الكيميائية بين الجبس وجزيئات التربة مثلما كانت في النموذج غير المشوش ويزيد من قابلية تحمل التربة إلى قيمة عالية جدا وأعلى من النتائج النظرية التي تحسب باستخدام معادلة (Meyerhof) و (Hansen).
  3. إن تأثير اللامركزية للحمل المسلط على الأساس المستند على التربة الجبسيه يكون متقاربا عندما تزيد نسبة اللامركزية إلى عرض الأساس عن 0.1 ( $e/B > 0.1$ ) إذ يكون فشل التربة سريعا بسبب تسليط الحمل على مساحة فعالة صغيرة ( $B = B - 2e$ ).
  4. وصول الماء غير المشبع بأملح الجبس إلى التربة الجبسيه يؤدي إلى تحطيم الأصرة الكيميائية بين الجبس وجزيئات التربة ويؤدي إلى تحلل الجبس والذي يؤدي إلى تناقص قابلية تحمل التربة وفشلها تحت أحمال قليلة جدا وزيادة قيمة الهبوط العمودي للتربة إلى قيمة عالية جدا وأعلى من الحدود المسموح بها.
  5. وجود الجبس في التربة وخاصة عند عدم تعرضها إلى المياه لا يؤدي إلى تغير سلوكيتها في حالة الترب التي لا تحوي على جبس وعند تسليط أحمال مائلة ولا مركزية.
- المصادر**
1. Meyerhof ,G.G (1953), "The Bearing Capacity of Foundation under Eccentric-incline Loads", Proceeding Third International Conference on soil Mechanic and Foundation Engg., Zurich, Switzerland , Vol.1, pp.440-445.

11. Earth Manual, U.S. (1998),  
"Department of the Interior Bureau  
of Reclamation", 3rd Edition, 313p.

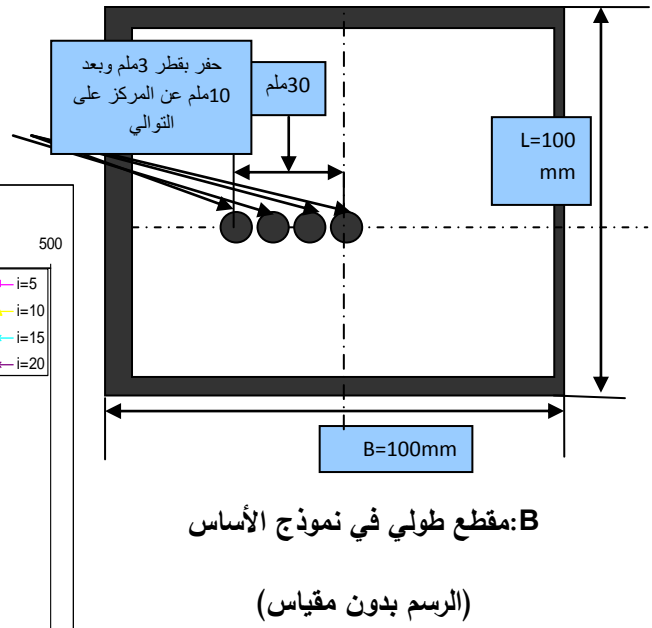
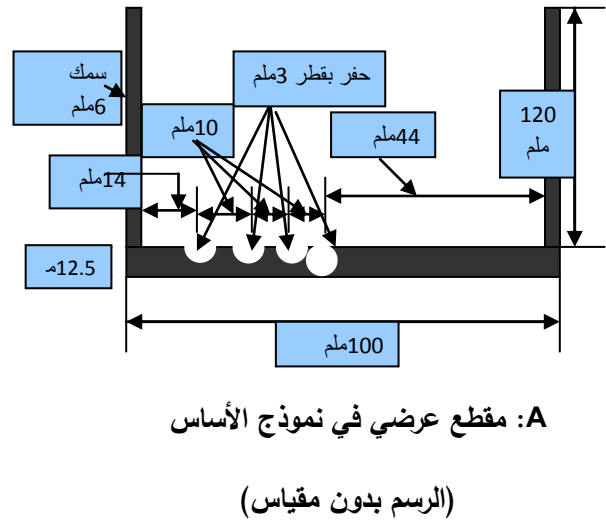
Purposes" British Standards  
Institution.



شكل (2) العلاقة بين الضغط المسلط والهبوط  
العمودي للأساس المربع عند  $(e/B=0)$  باستخدام  
الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية



شكل (3) العلاقة بين الضغط المسلط والإزاحة الأفقية  
للأساس المربع عند  $(e/B=0)$  فوق تربة عند الكثافة  
الحقلية والرطوبة الحقلية

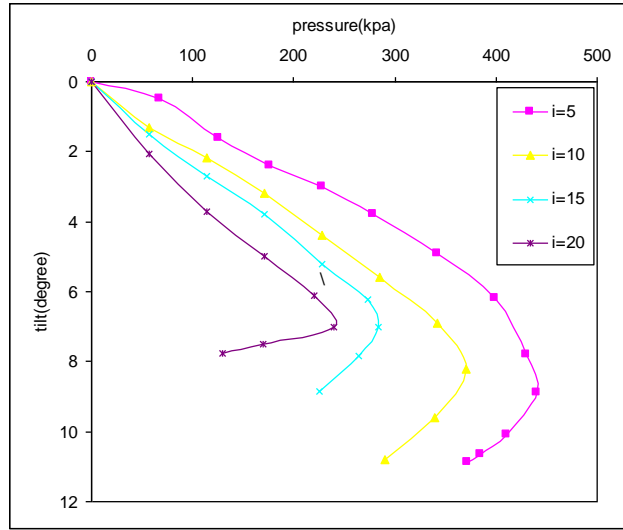
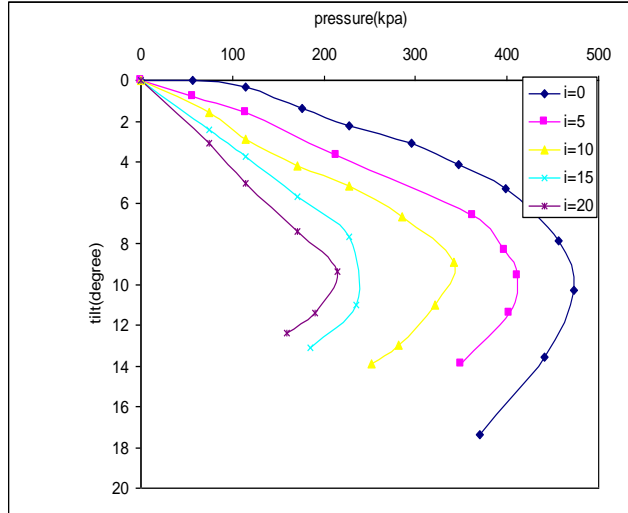
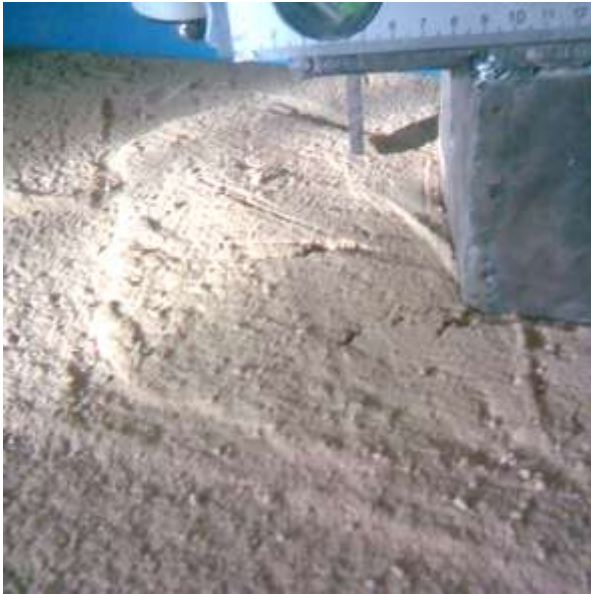


شكل (1) (A, B) نموذج الأساس

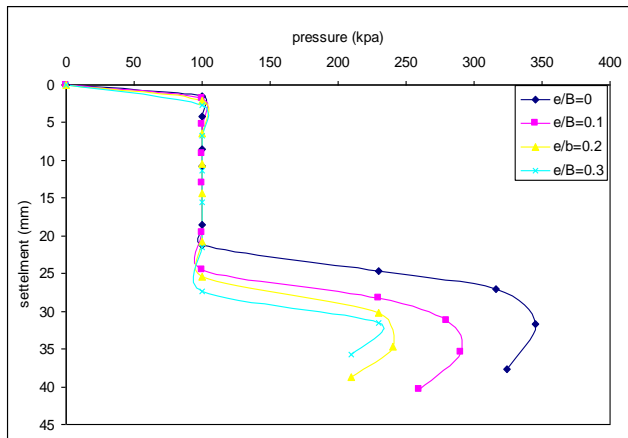




الصورة رقم (1) تبين جهاز فحص التحميل أثناء الفحص

شكل (4) العلاقة بين الضغط المسلط وميلان الأساس المربع عند الحمل المركزي ( $e/B=0$ ) باستخدام الكثافة الحقلية والرطوبة الحقليةشكل (5) العلاقة بين الضغط المسلط وميلان الأساس المربع عن الجانب واحد باستخدام الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية ( $e/B=0.1$ )

صورة (2) شكل فشل التربة عن طريق الانزلاق من جانب واحد باستخدام الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية

شكل (6) العلاقة بين الضغط المسلط والهبوط العمودي الأساس المربع عند ( $i=0^\circ$ ) وباستخدام الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية عند الغمر بالماء

جدول (1). نتائج الفحوصات الفيزيائية للتربة على عمق 3م

القيمة	نوع الفحص
2.643	الوزن النوعي %
24	حد السيولة %
Non plastic	حد اللدونة %
2.5	الحصى %
93.5	الرمل %
4	الغرين والطين %
SP	التصنيف الموحد للتربة
14	الكثافة الحقلية الجافة ( $\text{kN/m}^3$ )
19	الكثافة العظمى الجافة ( $\text{kN/m}^3$ ) باستخدام الطريقة القياسية للفحص
4.3	الرطوبة الحقلية %
15	الرطوبة المتلى %
0.91	( $C_c$ ) معامل تقعر شكل توزيع الحبيبات
5.33	( $C_u$ ) معامل انتظام الحبيبات

جدول (2) نتائج الفحوصات الكيماوية

الموصفة	القيمة	نوع الفحص
Al-Mufty and Nashat 2000	50.48	نسبة الجبس %
[10] (Earth manual (1998))	61	نسبة الأملاح الذائبة الكلية %
B.S. (1377-1975) test (11)A	7.4	قيمة عامل التعادل (pH)
[11] (B.S. (1377-1975))	24.15	محتوى الكبريت ( $\text{SO}_3$ ) %
B.S. (1377-1975)	0.14	نسبة المواد العضوية (O.M) %
Earth manual (1998)	0.07	نسبة أملاح الكلوريد (Mg/L)(CL)

جدول (3) نتائج الفحوصات الميكانيكية

$\Phi$	c (kPa)	نوع نموذج التربة
40	39	نموذج غير مشوش
35	6	نموذج مشوش بنفس الكثافة والرطوبة الحقلية
28	26	نموذج مشوش بالكثافة العظمى والرطوبة المتلى باستخدام الطريقة القياسية
29	38	نموذج مشوش بالكثافة العظمى والرطوبة الحقلية

جدول (4) مقارنة بين النتائج العملية والنتائج النظرية لنموذج الأساس المربع فوق تربة عند الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية

s	e/B	النتائج المختبرية		النتائج النظرية	
		$i^0$	$q_u$ (kPa)	$q_u$ (kPa) Meyerhof	$q_u$ (kPa) Hansen
1	0.0	0	530	887	789
2		5	440	406	709
3		10	370	353	633
4		15	284	304	562
5		20	240	260	496
6	0.1	0	473	836	713
7		5	411	434	640
8		10	342	378	571
9		15	235	327	506
10		20	215	280	446
11	0.2	0	401	812	636
12		5	362	463	571
13		10	285	405	509
14		15	215	352	450
15		20	171	302	396
16	0.3	0	250	771	560
17		5	228	494	501
18		10	198	434	446
19		15	171	378	394
20		20	142	326	346

جدول (5) العلاقة بين الهبوط تحت مركز تسليط الحمل وأعظم هبوط للأساس المربع فوق تربة عند الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية

No.	D <sub>f</sub> /B	e/B	i°	Factor of safety=1			Factor of safety=2			Factor of safety=3		
				S <sub>e</sub> mm	S <sub>m</sub> mm	H.D mm	S <sub>e</sub> mm	S <sub>m</sub> mm	H.D mm	S <sub>e</sub> mm	S <sub>m</sub> mm	H.D mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	0.0	0.0	0	11.03	11.03	0.0	1.8	1.8	0.0	1	1.0	0.0
3			5	9.1	9.23	7.14	2.6	2.65	3.0	2.1	2.11	1.2
4			10	7.05	7.3	7.3	3.2	3.3	3.7	2.7	2.72	1.9
5			15	7.65	7.8	7.1	3.8	3.9	3.5	3.0	3.05	1.8
6			20	8.1	8.2	6.7	4.2	4.3	2.9	3.5	3.52	2.5
7			0	12.58	12.6	0.0	4.7	4.8	0.0	3.4	3.43	0.0
8		0.1	5	13.4	12.86	7.2	5.8	5.9	2.6	4.1	4.14	1.4
9			10	12.7	12.85	6.37	6.0	6.2	2.8	5.3	5.33	1.7
10			15	11.7	13.5	7.3	5.3	5.4	2.7	4.5	4.53	1.9
11			20	11.4	11.5	7.13	6.0	6.23	4.0	4.2	4.25	3.1
12			0	11.95	12.00	0.0	5.1	5.04	0.0	3.6	3.63	0.0
13		0.2	5	10.87	10.91	5.92	5.4	5.42	2.8	4.2	4.25	1.6
14			10	10.7	10.8	7.14	5.6	5.62	3.2	5.4	5.43	2.1
15			15	10.4	10.5	7.2	5.8	5.82	3.5	3.5	3.52	2.4
16			20	10.5	10.65	6.57	5.0	5.03	3.4	3.2	3.23	3.0
17		0.3	0	9.1	9.2	0.0	4.1	4.14	0.0	2.3	2.34	0.0
18			5	9.6	9.7	4.8	5.3	5.33	1.8	3.2	3.23	1.2
19			10	10	10.2	5.1	6.0	6.03	2.4	4.1	4.15	1.4
20			15	10.4	10.6	4.8	6.4	6.42	2.4	4.8	4.84	1.8
21			20	10.8	10.93	4.4	7.3	7.33	3.2	5.4	5.44	2.2
22		0.5	0.0	0	7.47	7.47	0.0	1.92	1.92	0.0	0.9	0.9
23	0.1		0	7.41	7.45	0.0	2.4	2.44	0.0	1.4	1.42	0.0
24	0.2		0	8.02	8.04	0.0	3.1	3.14	0.0	2.3	2.32	0.0
25	0.3		0	8.02	8.05	0.0	3.98	4.01	0.0	2.5	2.52	0.0

جدول (6) مقارنة بين النتائج العملية والنتائج النظرية لنموذج الأساس المربع فوق تربة عند الكثافة العظمى والرطوبة المثلى

No.	e/B	النتائج المختبرية			النتائج النظرية	
		$i^0$	$q_u$ (kPa)	$q_u$ (kPa) Meyerhof	$q_u$ (kPa) Hansen	
1	0.0	0	1052	1059	1063	
2		5	1040	607	949	
3		10	930	535	842	
4	0.1	0	940	981	985	
5		5	830	605	879	
6		10	710	535	780	
7	0.2	0	862	904	906	
8		5	690	604	809	
9		10	610	534	717	
10	0.3	0	740	826	828	
11		5	560	603	739	
12		10	420	533	655	

جدول (7) العلاقة بين الهبوط تحت مركز تسليط الحمل وأعظم هبوط للأساس المربع باستخدام الكثافة العظمى والرطوبة المثلى

No.	$D_f/B$	e/B	$i^0$	Factor of safety=1			Factor of safety=2			Factor of safety=3		
				$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm	$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm	$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	0.0	0.0	0	11.67	11.67	0.0	3.14	3.14	0.0	1.7	1.7	0.0
3			5	14.4	14.42	1.8	3.88	3.89	0.5	2.3	2.31	0.27
4			10	12.0	12.21	1.65	5.3	5.31	0.78	3.7	3.72	0.55
5		0.1	0	12.69	12.75	0.0	3.5	3.52	0.0	2.41	2.42	0.0
6			5	9.51	9.68	1.37	3.7	3.72	0.39	2.3	2.31	0.28
7			10	10.5	10.67	1.87	3.6	3.63	0.65	2.6	2.62	0.53
8		0.2	0	11.0	11.12	0.0	3.26	3.27	0.0	1.46	1.47	0.0
9			5	10.1	10.21	1.97	3.6	3.62	0.37	2.36	2.37	0.32
10			10	9.62	9.64	1.64	4.5	4.52	0.45	2.58	2.59	0.35
11		0.3	0	11.3	11.51	0.0	3.65	3.66	0.0	1.74	1.75	0.0
12			5	9.2	9.22	1.28	3.25	3.26	0.38	1.88	1.89	0.28
13			10	8.04	8.1	2.26	3.52	3.54	0.88	2.3	2.32	0.64

جدول (8) مقارنة بين النتائج العملية والنتائج النظرية لنموذج الأساس المربع فوق تربة عند الكثافة العظمى والرطوبة الحقلية

No.	e/B	النتائج المختبرية		النتائج النظرية	
		$i^0$	$q_u$ (kPa)	$q_u$ (kPa) Meyerhof	$q_u$ (kPa) Hanson
1	0.0	0	1385	1542	1550
2		5	1310	884	1383
3		10	1262	781	1226
4	0.1	0	1310	1430	1436
5		5	1197	882	1281
6		10	1040	780	1136
7	0.2	0	1197	1318	1322
8		5	1070	881	1180
9		10	930	779	1040
10	0.3	0	1000	1206	1208
11		5	930	880	1078
12		10	820	778	955

جدول (9) العلاقة بين الهبوط تحت مركز تسليط الحمل وأعظم هبوط للأساس المربع فوق تربة عند الكثافة العظمى والرطوبة الحقلية

No.	$D_f/B$	e/B	$i^0$	Factor of safety=1			Factor of safety=2			Factor of safety=3		
				$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm	$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm	$S_e$ mm	$S_m$ mm	H.D mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	0.0	0.0	0	12.6	12.6	0.0	3.6	3.6	0.0	1.8	1.8	0.0
3			5	12.8	12.85	1.6	3.9	3.92	0.4	2.4	2.45	0.3
4			10	12.6	12.66	1.72	5.1	5.16	0.8	3.17	3.2	0.6
5		0.1	0	13.75	13.79	0.0	4.3	4.36	0.0	2.0	2.08	0.0
6			5	12.93	12.97	1.63	5.33	5.38	0.78	2.43	2.5	0.5
7			10	13.4	13.5	2.62	5.5	5.6	1.3	2.4	2.47	0.83
8		0.2	0	13.2	13.27	0.0	5.65	5.7	0.0	3.2	3.27	0.0
9			5	12.69	13	1.08	6.4	6.52	0.46	4.1	4.16	0.39
10			10	12.5	12.9	1.2	7.3	7.4	0.56	4.4	4.45	0.36
11		0.3	0	9.7	9.8	0.0	4.19	4.23	0.0	2.6	2.65	0.0
12			5	10.9	11.04	0.8	4.65	4.71	0.45	3.1	3.16	0.3
13			10	10.9	11.06	0.82	5.0	5.11	0.5	3.6	3.67	0.36

جدول (10) مقارنة بين النتائج المختبرية للحالة الجافة وعند التشبع بالماء لنموذج الأساس المربع فوق تربة عند الكثافة الحقلية والرطوبة الحقلية

No.	e/B	$i^0$	$q_u$ (kPa) (في الحالة الجافة)	$q_u$ (kPa) (عند الغمر بالماء)
1	0.0	0	530	345
2	0.1	0	473	290
3	0.2	0	401	240
4	0.3	0	250	230