



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

©

## أستخدام برنامج حاسبة (All pile) في تقييم قابلية تحمل الركائز

مشروع سنوي مقدم الى

الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات فرع هندسة الطرق والجسور وهو جزء  
من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم هندسة البناء والانشاءات

من قبل

طيبة سمير عبد الكريم

ورود طالب صبيح

بأشراف

أ. محمد فائق

أ. د. محمد يوسف

٢٠١٠/٥/٢٠

قسم هندسة  
البناء والانشاءات  
١٤٣١ هـ

٢٠١٠ م

**بسم الله الرحمن الرحيم**

**" انزل من السماء ماء فسالت اودية بقدرها فاحتمل السيل زبدا "**

**رابيا " ومما يوقدون عليه في النار ابتغاء حلية او متاع زبد مثله**

**كذلك يضرب الله الحق والباطل فأما الزبد فيذهب جفاء واما**

**ما ينفع الناس فيمكث في الارض كذلك يضرب الله الامثال "**

**صدق الله العظيم**

**سورة الرعد ، الآية ( 17 )**



## الاهداء

الى الغد المشرق في عيوني الى بسمه الحنان وعنوان وجودي الى زهرة قلبي  
ونور حياتي الى امي

الى من علمني معنى الحياة فكان نبراس المرتجى الى الذي اودع في عزة النفس  
والكبرياء الى من انحني له اجلالا الى ابي

الى من تقاسمت معهم الحياة وسرنا معا" في ظلمة الدهر حتى بلغنا النجاة الى من  
كانوا معي في السراء والضراء الى اخوتي واخواتي واصدقائي

الى الذي كاد ان يكون رسولا الى استاذي المبجل

الى كل من اضاء شمعة بدل ان يلعن الضلام الى اساتذتي الافاضل

الى تراب ارضي الطاهرة بلدي الجريح ... العراق



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله الذي هدانا لهذا الذي كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله

والصلاة والسلام على خير الانام وعلى اله الطيبين الطاهرين وعلى صحبه الغر

## شكر وتقدير

الحمد لله ذي الملكوت والجبروت والكبرياء والعظمة ....

الحمد لله خالق الانسان من سلالة من طين ....

الحمد لله الذي يسر لنا هذا الامر ووفقنا لأتجازه على هذا النحو....

والصلاة والسلام على خير الانام وعلى اله الطيبين الطاهرين وعلى صحبه الغر

الميامين ....

نتقدم بفائق الشكر والامتنان الى الدكتور محمد يوسف لاشرافه على المشروع المرسوم

ومتابعته لمفردات المشروع وايضا لما قدمه من عون وتوجيه وندعو من الله له بالخير

والسلامة ....

ونتقدم بالشكر الجزيل الى رئاسة قسم هندسة البناء والانشاءات ....

كما ونتقدم بالشكر الى مكتبة قسم هندسة البناء والانشاءات ....

سائلين الله عز وجل التوفيق ....



## المحتويات

<u>رقم الصفحة</u>	<u>الموضوع</u>
١	المقدمة
٢	الفصل الاول / الركائز
٣	استخدام الركائز
٥	تصنيف الركائز
٨	انواع الركائز المستعملة في العراق
١١	الفصل الثاني / فحوص تحميل الركائز
١٥	انواع الفحوص
١٦	فحوص مداومة التحميل
١٧	فحص المعدل الثابت للاختراق
١٨	طريقة التوازن
١٩	يفسير تقارير فحص الانضغاط
	قابلية التحمل القصوى للركائز المنفردة
٢٠	الطريقة الاستاتيكية
٢٧	الطريقة الديناميكية
٢٨	الفصل الثالث / برنامج تصميم الركائز ( All Pile )
٣٧	الفصل الرابع / استخدام البرنامج ( All Pile ) في بعض التطبيقات العملية
٣٧	الحالة الاولى
٤٤	الحالة الثانية
٤٩	الحالة الثالثة
٥٦	الفصل الخامس / الاستنتاجات والتوصيات
٥٦	الاستنتاجات
٥٦	التوصيات
٥٧	المصادر



## الخلاصة

يعتبر تخمين قابلية تحمل الركائز من نتائج فحص التحميل الموقعية من المسائل المهمة التي تحدد عدد وتوزيع الركائز في المشاريع التي تحتوي اسس ركائز حيث تشير الادبيات الى وجود العشرات من المعايير التصميمية المعتمدة لانواع مختلفة من الركائز قد يصلح بعضها لنوع معين من الركائز ولا يصلح للأنواع الأخرى .

في هذا المشروع تم استخدام برنامج حاسبة ( All Pile ) للوصول الى علاقة الحمل - الهبوط لركائز مختلفة اعتمادا" على خواص التربة من الفحوصات الحقلية او المختبرية ومن ثم حساب قابلية تحمل الركائز باستخدام معايير مختلفة واجراء مقارنة بينها .

وتم التوصل ان البرنامج له القابلية على تخمين قابلية تحمل الركائز ذات انواع مختلفة وبقيم مقارنة لنتائج الفحوص الحقلية وله القابلية على تخمين علاقة الحمل - الهبوط بالاعتماد على خواص التربة المأخوذة من تحريات التربة وبالتالي معرفة قابلية تحمل الركيزة قبل اجراء الفحص الموقعي عليها .



## المقدمة

في مشاريع الركائز من الضروري تحقيق قابلية التحمل المطلوبة للركائز وضمان ان سلوك الركائز عند التحميل يتوافق مع الفرضيات التصميمية مثل هذا الاجراء يتم من خلال اجراء فحص تحمل ستاتيكي ويكون من الطبيعي ان الهدف الرئيسي للفحص ايجاد قابلية التحمل.

ويمكن تعريف قابلية التحمل بأنها مقاومة التربة القصوى محسوبة من سلوك العلاقة بين الحمل والهبوط والمقاسة في فحص تحمل الركيزة. ويمكن ان تعرف بشكل بدائي بأنها الحمل الذي تحصل عنده ازاحات كبيرة تحت تأثير زيادة محدودة او قليلة من الحمل المسلط. ان هذا التعريف غير مناسب بسبب الحاجة الى ازاحات كبيرة لأيصال الركيزة الى الاختراق السريع ( plunge ) وان الحمل الاقصى غالباً ما يتأثر بشكل اقل بقابلية تحمل منظومة الركيزة - التربة .

في جميع الحالات لا يمكن الوصول الى حمل الاختراق السريع الاقصى خلال الفحص وعليه يتم ايجاد قابلية تحمل الركيزة او الحمل الاقصى بتعريف ما مبني على معلومات الحمل-الازاحة المسجلة خلال الفحص .

ان الاعتماد على التقريب يعتبر مهمة لا معنى لها اذا لم يستند الى تعريف صحيح . ولكي يكون تعريف قابلية تحمل الركيزة قابلاً للتطبيق يجب ان يتم ايجاده من منحني الحمل-الهبوط بناءً على بعض القواعد الرياضية وتكوين قيمة قابلة للتكرار بدون الاعتماد على علاقات مقياس الرسم او الحكم بالنظر للشخص الذي يفسر النتائج.



# الفصل الأول

## الر كائن

## الفصل الأول

### الركائز

#### الركائز:-

هي وحدات انشائية من الخشب او الخرسانة او الفولاذ التي تستعمل لنقل الاحمال السطحية الى مستويات مختلفة في كتلة التربة . وهذا النقل قد يكون توزيعاً عمودياً على طول محور الركيزة او حملاً مباشراً على اسفل الركيزة من خلال نقطة الارتكاز. التوزيع العمودي للحمل يكون عن طريق احتكاك وقد ينتقل الحمل مباشرة الى اسفل الركيزة (قاعدة الركيزة) .

طريقة ادخال الركائز في التربة وكذلك طريقة نقل احمال الركائز والطبقات والمرونة في اختيار وتنفيذ اطوال الركائز يجعل اختيار الركائز في اساس التطبيق مناسباً لمعظم الحالات التي تحتم اللجوء للاساس العميق .

#### الحالات التي تستعمل فيها اساس الركائز :

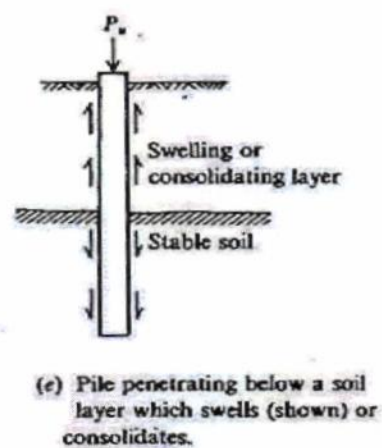
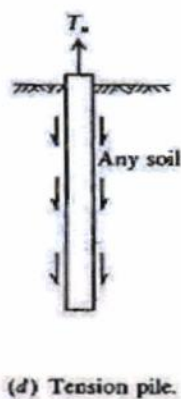
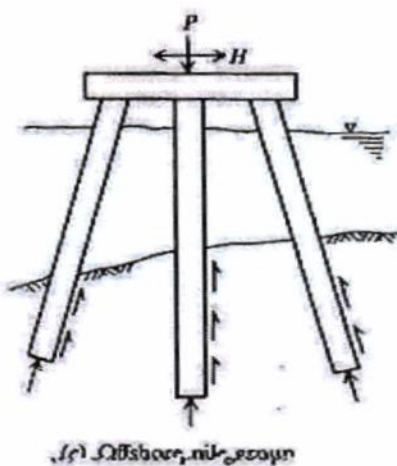
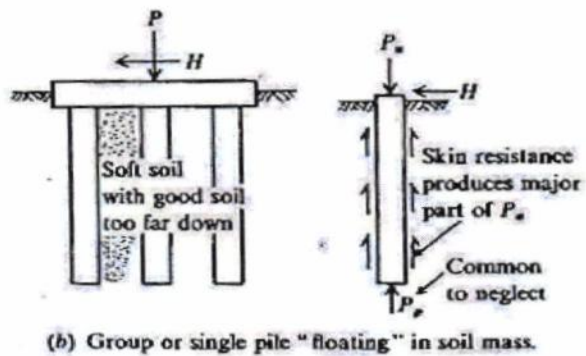
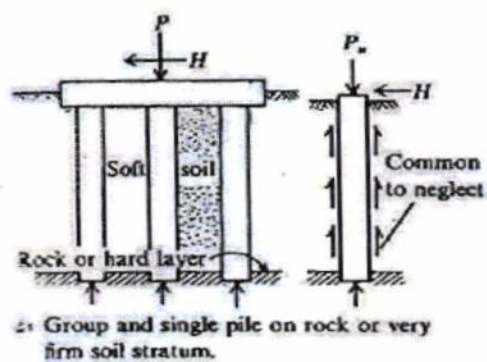
- ١- في حالة ما لم يكن للتربة تحت اساس المنشأ القدرة الكافية على حمل المنشأ
- ٢- اذا كانت كلفة استعمال اساس الركائز اقل من كلفة اي نوع من الاساسات الناتجة عن تحسين خواص التربة تحت الاسس مثل رص التربة او تبديلها أو خلطها مع مواد اخرى .



## استخدام الركائز :-

- ١- لنقل احمال المنشأ العمودية او الجانبية خلال طبقات التربة .
- ٢- لمقاومة قوى الازعاج و قوى الانقلاب كما في الاسس تحت الابراج .
- ٣- لرص التربة الرملية المفككة من خلال العمل المشترك بين ازاحة حجم الركيزة للتربة واهتزاز الحفر .
- ٤- للسيطرة على الهبوط الذي يمكن ان يصاحب الاساسات السطحية .
- ٥- كعامل امان اضافي تحت المساند الطرفية او المساند الوسطية للجسور خاصة اذا حصلت عملية ازالة او انجراف للتربة نتيجة جريان المياه .
- ٦- لتقوية التربة تحت اساس المكنن للسيطرة على كل من الاهتزاز المسلط من التشغيل و الاهتزاز الطبيعي لمنظومة المكنن .
- ٧- لنقل الاحمال السطحية للمنشآت البحرية الى التربة وذلك باستخدام ركائز مدفونة جزئيا" حيث تكون معرضة لاحمال عمودية ( رأسية ) ومائلة .
- ٨- تستخدم الركائز للسيطرة على حركة التربة الجانبية باستخدام ركائز مائلة بحيث تكون عمودية على مستوى الفشل .

كما نلاحظ في الشكل (١-١) بعض اشكال الركائز النموذجية .



شكل (١-١) بعض اشكال الركائز النموذجية



## تصنيف الركائز :-

تصنف الركائز من ناحيتين هما :-

- أ- من ناحية الغرض والاستعمال .
- ب- من ناحية مواد الانشاء .

أ- من ناحية الغرض والاستعمال :

تقسم الركائز من ناحية الغرض من استعمالها الى :

### ١- ركائز التقوية :

تستخدم ركائز التقوية لرص التربة وانضغاطها لزيادة قوة تحملها وتنقسم هذه الركائز الى نوعين وهما ركائز تقوية خشبية وركائز تقوية رملية.

ويفضل استعمال الركائز الرملية على الخشبية للأسباب التالية :

- ١- الركائز الرملية ذات ديمومة عالية .
- ٢- قوة الرمل المرصوص على توزيع الضغط كبير .
- ٣- قوة تحمل الرمل اكبر من قوة تحمل الخشب .
- ٤- ارخص كلفة من الركائز الخشبية .

### ٢- ركائز التأسيس :

تستخدم اسس الركائز في نقل احمال المبنى الى طبقات الارض اما عن طريق الاحتكاك على جوانب الركيزة او بارتكازها على احدى طبقات التربة السفلية . وتنقسم ركائز التأسيس الى :

## ١- ركائز التحميل :

عبارة عن ركائز تدق حتى الوصول الى الطبقة الصالحة للتأسيس عليها وهذه الطبقة تقع على عمق كبير من سطح الارض وتستعمل لذلك ركائز طويلة تدق حتى ترتكز قواعدها على طبقة صلبة او صخرية صماء قوة تحملها كبيرة وتعرف الركيزة بركائز التحميل ( bearing piles ) .

## ٢- ركائز الاحتكاك : ( friction piles )

وينقسم هذا النوع من الركائز الى نوعين :

### ١- ركائز الاحتكاك في الترب الغير متماسكة ( friction piles in cohesion less soil ) :

تستمد هذه الركائز قوة تحملها من الاحتكاك الناشيء بين جوانب الركيزة والتربة المحيطة بها ولا يشترط في هذه الحالة الوصول الى طبقة صلبة . ويطلق على هذا النوع في بعض الاحيان بركائز الرص وذلك لما يصاحبها من تقليل المسامية وانضغاط التربة المحيطة بها والمحصورة بين هذه الركائز .

### ٢- ركائز الاحتكاك في الترب المتماسكة ( friction piles in cohesive soil ) :

ويشبه هذا النوع من الركائز النوع السابق من حيث نقل الحمل الواقع عليها الى التربة المحيطة بها بواسطة الاحتكاك السطحي ولكنه لا يؤدي الى رص التربة التي تدق فيها . ويطلق على مجموعة الركائز من هذا النوع والتي تحمل الاساس بالركائز العائمة ( floating piles ) .



ب- من ناحية مواد الانشاء :

#### ١- الركائز الخشبية ( Timber piles ) :

هذا النوع من الركائز هو اول ما عرفه الانسان واستعمله في العصور القديمة وتستعمل هذه الركائز في المنشآت الصغيرة ويكثر استعمالها في البلاد التي تتوفر فيها الاخشاب بكثرة وذات كلفة مادية قليلة وفي البلاد الجبلية.

وهذا النوع من الركائز يعد من ارخص الانواع ويمكن ان تعمر هذه الركائز طويلا اذا كانت مدفونة بكامل طولها اسفل اقل منسوب للمياه الجوفية.

وتتلف هذه الركائز في الاماكن الموجودة فيها المياه وذلك لان ترطيب الخشب وجفافه المتعاقبين ينتج عنهما عفونة الخشب وتلفه لذلك يجب معالجة الركائز قبل استعمالها بالقيير او الزيت.

#### ٢- الركائز الحديدية ( Steel piles )

وهي ركائز سهلة الاستعمال والتعامل وسهلة القطع بالطول المطلوب ويمكن ان تخترق اية طبقة قوية وتتحمل اوزان ثقيلة وتمسك الصخور المائلة بنجاح وبالامكان دقها بأزاحة قليلة بالتربة. ومن مساوئها :

١- قابلية للتآكل او الصدأ.

٢- باهضة الثمن.

٣- ممكن ان تميل خلال عملية نصبها.

### ٣- الركائز الخرسانية ( Concrete piles )

تقسم الركائز الخرسانية الى صنفين اساسيين ،الركائز المصبوبة بالموقع والركائز التي سبق صبها ويمكن تقسيم الركائز التي تصب في الموقع الى ركائز مغلقة ( cased piles ) وركائز غير مغلقة ( uncased piles ) .

وتجدر الاشارة الى ان الركائز الخرسانية المسبقة الصب يمكن ان تسطح اعتياديا او يكون تسليحها مسبق الاجهاد.

ويكون استعمالها اقتصاديا اذا تطلب المشروع عددا كبيرا من الركائز. ولكنها ليست سهلة القطع او الاطالة ولا متلاكها طبيعة مستقصفة ( brittle ) فانها تكون معرضة الى التلف لحد كبير خلال الدق الصعب وعلى الاخص اذا كان المقطع قد تشقق نتيجة عدم العناية في نقله. ان هذا التلف قد يحصل تحت مستوى الارض فيكون من الصعب اكتشافه . وتسليح الخرسانة بالفولاذ طوليا وذلك لمقاومته اجهادات الانحناء خلال النقل والتشيد .

### انواع الركائز المستعملة في العراق :

#### أ . ركائز مسبقة الصب ( Precast piles ) :

وهي ذات مقاطع مربعة او دائرية وتستعمل عندما لا تكون طبقات التربة العليا قوية جداً وبعبارة أخرى تتعرض الركائز الى الدق الشديد الذي قد يؤدي الى تحطيمها او حدوث بعض الاضرار فيها كالتشققات او الانكسار او الازاحة الجانبية عن الموقع المراد دقها فيه ومثل هذه الاضرار خطيرة جداً لعدم امكان رؤيتها وصعوبة التأكد من سلامة الركيزة بعد دقها وفي حالات الدق الشديد يمكن اللجوء الى طريقة الحفر الجزئي وذلك بعمل حفرة اقل من قطر الركيزة او ابعادها الى عمق جزئي فقط ثم تساق الركيزة داخل هذه الحفرة الى العمق المطلوب .

ان استعمال اسلوب الحفر الجزئي سيقول من مخاطر الدق الشديد على الركيزة ولكن في نفس الوقت يقلل من قابلية تحمل الركيزة نتيجة تأثير الحفر على مقاومة الاحتكاك السطحي بين الركيزة والتربة .



#### ب. ركائز الدق والصب الموقعي (Driven and Cast in situ piles) :

تعتبر الركائز المصبوبة في الموقع هي أكثر أنواع الركائز ( والاساسات العميقة عموماً ) استخداماً وذلك للتنوع الكبير المتاح لصب الخرسانة وادخال الركيزة في التربة . ويدخل في هذا النوع الركيزة المدقوقة والمفرغة Driving and Drilling Piles وتنشأ هذه الركائز بسوق انبوب خاص لجدران سميكة ونهاية مغلقة بصفيحة حديدية سميكة تسمى الحذاء وعند الوصول الى العمق المطلوب تتفصل الصفيحة عن الانبوب وتبقى في الارض مكونة قاعدة الركيزة الخرسانية . ينزل حديد التسليح داخل الانبوب ويبدأ بصب الخرسانة في الوقت الذي يسحب فيه الانبوب ببطء الى الاعلى ثم ينزل قليلاً الى الاسفل وذلك لرص الخرسانة وجعلها تملأ الحفرة التي يخلفها الانبوب اثناء سحبه الى الاعلى . ان عملية سحب الانبوب الى الاعلى وانزالها قليلاً الى الاسفل بصورة متعاقبة تحتاج الى خبرة جيدة والا قد تكون الركيزة غير جيدة وتحتوي على فراغات او تضيقات في قطر الركيزة .

#### ج. ركائز الحفر (Bored piles):

لقد زاد استعمال هذا النوع من الركائز في خلال السنوات الاخيرة وتستعمل لتحمل اثقال عالية في الابنية والجسور او عندما تكون في الموقع منشآت قريبة تتأثر بالدق وتتراوح اقطارها بين ( 500mm و 2000mm ) وللتغلب على المياه الجوفية ذات الضغط العالي التي تنتج عند الحفر العميق يتم وضع خبطة جافة من الخرسانة في قاعدة الركيزة ودقها جيداً لتعمل كمانع لتسرب المياه الجوفية داخل الانبوب .

ويبين الجدول (١-١) الانواع الشائعة من الركائز.

الفصل الثاني

فجر ص غيل

الر كائز



## الفصل الثاني فحوص تحميل الركائز

خلال تصميم الركيزة هناك عدة عوامل يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار:

١- سعة تحمل الركيزة للضغط والسحب .

٢- مساحة التشوه للركيزة وقدرة الانحناء الانسيابي .

٣- حالة الركيزة في الاعلى والاسفل .

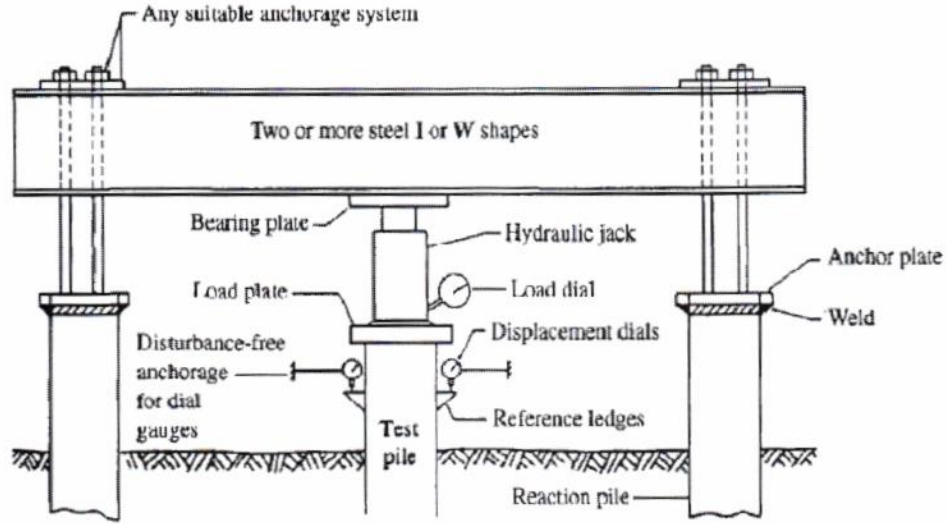
٤- تمركز الثقل المسلط على الركيزة .

٥- خصائص التربة .

٦- مستوى الماء التحتي (تحت الارض) .

وان من اهم الطرق لمعرفة مدى تحمل الركيزة للحمل المسلط عليها هي فحوص التحميل ويتم ذلك بواسطة تجربة عدة انواع من الركائز الى عمق معين وتسلط احمال مختلفة بوسائل معينة وافضل الطرق هو استعمال مجموعة مؤلفة من ركيزتين او اكثر واجراء الفحص والانتباه لرد فعل الركيزة عند تسلط الحمل .

والفحص يكون استنادا للمواصفة الامريكية ASTM D1143 مع تسجيل الوقت والزيادة في الحمل في المكان المطلوب كما مبين في الشكل (١-٢) .



شكل (٢-١): ترتيب الأجهزة في فحص ركيزة نموذجي باستعمال مجموعة ركائز للإسناد.

#### إن فحوص تحميل الركيزة تجري عادة للأسباب التالية :

- ١- تأدية اختبار استدلالي يضمن أن الاختفاق لا يظهر قبل الوصول إلى حمل الصمود المنتقي ويكون حمل الصمود هذا أصغر معامل مطلوب مضروباً في الحمل العملي .
- ٢- تحديد قابلية التحمل القصوى كتنسيق للقيمة المحسوبة من المعادلات الديناميكية أو الاستاتيكية أو للحصول على معلومات عن التربة تمكن من تصميم الركائز الأخرى .
- ٣- تحديد سلوك الحمل والهبوط للركيزة وعلى الأخص عند مناطق الحمل العملي المتوقع .
- ٤- تبيان السلامة الانشائية للركيزة .

والصور التالية تبين فحص تحميل ركائز تجريبية لجسر الهندية الحديث :





### انواع الفحوص :-

تقسم فحوص التحميل الى قسمين :

- ١- فحص اتلافي .
- ٢- فحص غير اتلافي .

### الفحص الاتلافي :

عادة تحمل الركيزة في هذا النوع من التحميل الى ثلاثة اضعاف الحمل المسموح به بمقدار عامل امان او تفشل الركيزة ويتم تنفيذ هذه الفحوصات بطرق عديدة ومن فوائده الحصول على قيمة التحميل الحقيقية التي سوف تفشل عندها الركيزة فعلاً .

### الفحص غير الاتلافي :

عادة تحمل الركيزة في هذا النوع من التحميل الى (١.٥-٢) بقدر الحمل المسموح به . من فوائد هذا التحميل بالاضافة الى تدقيق الحمل الذي تتصرف خلاله الركيزة بشكل امن فان الركيزة في هذا النوع من التحميل تبقى عاملة وتدخل في حسابات الركائز التي تسند المنشأ .  
عادة تنفذ هذه الطريقة بطرق مشابهة الى طرق تنفيذ الفحص الاتلافي بالاضافة الى طرق الفحص بالموجات فوق الصوتية والموجات الزلزالية فهي طرق فحص بدون اجراء التحميل للركيزة المفحوصة .

وان اغلب الفحوص المستعملة هي فحوص الانضغاط ولو ان فحوص الاصعاد والحمل الجانبي وحتى الحمل الالتوائي تقام ايضاً . وهناك طرائق مختلفة تطورت لاجراء فحوص الركيزة. ومن بين الطرائق الشائعة لفحوص التحميل بالانضغاط هي:

- أ- فحوص مداومة التحميل .
- ب- فحوص المعدل الثابت للاختراق .
- ج - طرائق التوازن .

ويعتبر فحص مداومة التحميل وفحص المعدل الثابت للاختراق النوعين الرئيسيين لفحوص تحميل الانضغاط للركائز حيث ان في النوع الاول يتم زيادة الحمل بمراحل الى مضاعفات معينة مثل ١.٥ او

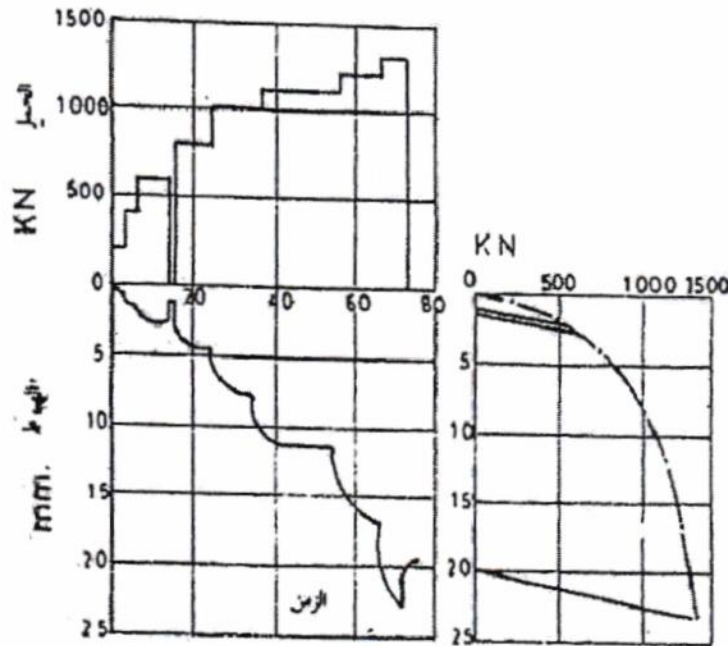
ضعف الحمل التشغيلي مع تسجيل منحني الهبوط-الزمن لكل مرحلة تحميل ورفع التحميل. ويعتبر أكثر ملائمة لأعمال المقاولات وخاصة لفحوص تحميل الركائز العاملة كما انه مناسب للاستعمال عند تطبيق الطرق التجريبية في تخمين التحمل الأقصى .

اما النوع الثاني فيتم من خلاله زيادة قوة الضغط بشكل تدريجي لتؤدي الى اختراق الركيزة للتربة بمعدل ثابت الى ان يحدث الفشل . ويعتبر هذا النوع بشكل عام فحصاً مهماً لأيجاد الحمل الأقصى على الركيزة ولذلك فهو يطبق فقط لفحص الركائز بشكل ابتدائي او للتحريات لأغراض البحوث .

### فحوص مداومة التحميل (Maintained Loading Tests) :

ان فحوص مداومة التحميل هي الطريقة الدارجة لأجراء الفحوص وعلى الأخص اذا كان المطلوب هو العلاقة بين الحمل والهبوط. وفي هذه الطريقة تحمل الركيزة تحمل الركيزة على مراحل (عادة يقسم الحمل الكلي الى خمسة أقسام) ويحافظ على الحمل ثابتاً حتى يصبح الهبوط الناتج للركيزة قليلاً جداً قبل استخدام الزيادة الثانية .

ان الطريقة المعتادة هي زيادة الحمل بمراحل حتى يصل الحمل العملي وبعدئذ تترك الحمولة حتى يتوقف الصعود او الارتداد فعلياً ومن ثم يعاد التحميل الى الحمل الاعظم . وان انزال حمولة الركيزة من الحمل الأعظم غالباً ما يتم بمراحل مع التدقيق عند كل مرحلة حتى يتوقف الارتداد فعلياً قبل انزال الحمولة الى الدرجة الثانية . ويكون الحمل المسلط اما حمل حقيقي او بواسطة رافعة او بواسطة عتبة او ذراع ناتيء. وتجدر الإشارة الى ان ضبط طريقة التحميل وانزال الحمولة يمكن ان يوصف غالباً بواسطة مدونة المنشآت ( Building Codes ) .



شكل رقم (٢-٢): طريقة تمثيل نتائج فحص مداومة التحميل .

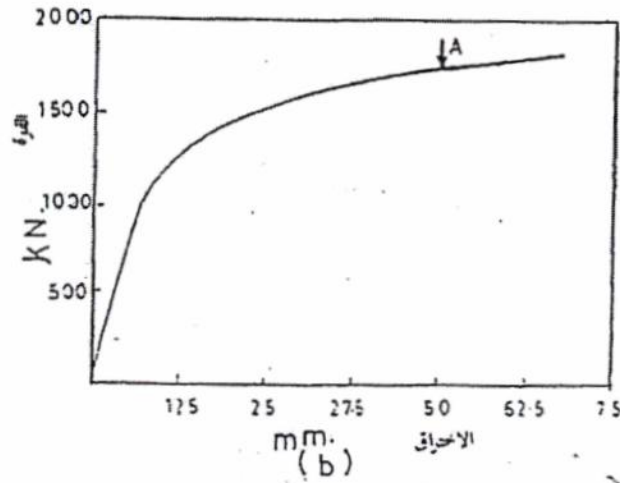
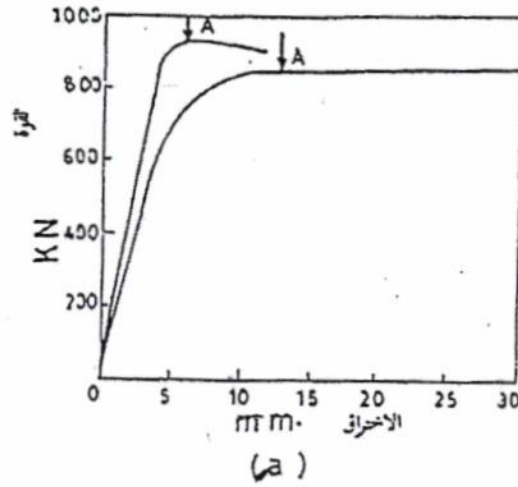
### فحص المعدل الثابت للأختراق (Constant Rate of Penetration Test):

لأجراء فحص المعدل الثابت للأختراق ينظم الحمل المؤثر على أعلى الركيزة بحيث يكون اختراقها في التربة بسرعة ثابتة ويقاس الحمل على الركيزة بصورة مستمرة .

ان الغرض الرئيسي من هذا الفحص يكون عادةً لتحديد قابلية التحمل القصوى ويكون شكل المنحني لحالة ركائز الاحتكاك مشابهاً في احد المنحنيين المبينين بالشكل (٣ - ٢) (a) وتمثل قيمة A الحمل الأقصى لكل حالة . ويكون شكل المنحني لركائز التحمل الطرفي مشابهاً للمنحني المبين بالشكل (٣ - ٢) (b) ويكون الجزء الأعلى من المنحني مستقيماً بالفعل ويبين زيادة ثابتة بالقوة مع الزيادة في الاختراق ، وتؤخذ قابلية التحمل كنقطة A التي تمثل بداية الجزء المستقيم .

ويقترح (Whitaker 1970) ان تكون A ممثلة هبوطاً مساوياً 10% من قطر الركيزة.





- (a) : مخطط نموذجي بين القوة والاختراق لركائز الاحتكاك .  
 (b) : مخطط نموذجي بين القوة والاختراق لركائز التحمل الطرفي .

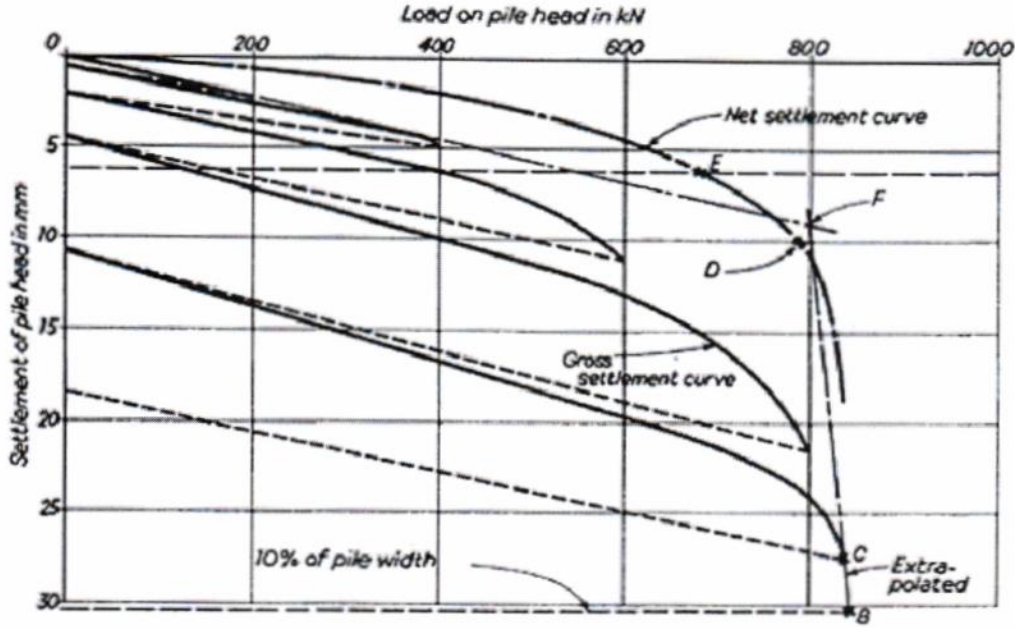
شكل (٢-٣) نتائج فحص لتحميل

### طريقة التوازن ( Method of Equilibrium ) :

تتضمن طريقة التوازن تحديد قابلية التحمل القصوى. واساس هذه الطريقة هو استخدام حمل على الركيزة في كل مرحلة اعلى قليلا من ذلك الحمل المطلوب وبعدئذ يقلل الحمل الى القيمة المرغوب فيها . وبهذه الطريقة يكون تناقص معدل الهبوط اسرع منه في طريقة مداومة التحميل ويحصل التوازن في حدود دقائق

## تفسير تقارير فحص الأتضاغط ( Interpretation of Compression Test Record ) :

- يبين الشكل رقم ( ٢-٤ ) علاقة ( حمل - هبوط ) نموذجية لفحص المعدل الثابت للاختراق (CRP) وعلاقة أخرى لفحص مداومة التحميل (ML) ويمكن تخمين الحمل الأقصى بعدة طرق .
- مما لا شك فيه ان الفشل من وجهة نظر ميكانيك التربة يحدث عندما تخترق الركيزة التربة بشكل متسارع بدون اي زيادة اضافية في الحمل، بينما ينظر الى الركيزة بأنها فشلت من وجهة نظر التصميم الانشائي عندما يصل هبوط الركيزة مرحلة يتسبب عندها في حدوث تشققات للمنشأ الذي تسنده الركيزة .
- ان الحركة الاخيرة يمكن ان تكون اقل بكثير من الازاحة الناتجة عن الفشل الأقصى بالقص للتربة الساندة . وبالرجوع الى الشكل رقم (٢-٤) يمكن ادراج بعض المعايير المعتمدة لتعريف احمال الفشل :
- ١- الحمل الذي عنده يستمر الهبوط بالزيادة بدون اي زيادة في الحمل .
  - ٢- الحمل الذي يسبب هبوطاً كلياً يمثل 10% من البعد الاصغر للركيزة (نقطة B) .
  - ٣- الحمل الذي بعده تحصل زيادة في الهبوط الكلي غير متناسبة مع الزيادة في الحمل (نقطة C) .
  - ٤- الحمل الذي بعده تحصل زيادة في الهبوط الصافي غير متناسبة مع الزيادة في الحمل (نقطة D) .
  - ٥- الحمل الذي ينتج عنه خضوع لدن او هبوط صافي مقداره 6 ملم (نقطة E) .
  - ٦- الحمل المؤشر بتقاطع خطين مماسين مرسومين خلال الجزء الابتدائي والجزء المستوي (flat) من الهبوط الكلي .
  - ٧- الحمل الذي عنده يصبح ميل الهبوط الصافي مساوياً الى 0.25 ملم لكل 10 كيلونيوتن من حمل الفحص .



شكل ( ٤-٢ ) : منحنيات الحمل-الهبوط و الهبوط-الزمن لركيزة في تربة طينية قوية  
(Tomlinson, 1994)

### قابلية التحمل القصوى للركائز المنفردة :

#### ١- الطريقة الأستاتيكية :

تعتمد الطريقة الأستاتيكية لحساب قابلية التحمل القصوى للركائز على خواص التربة. وتساهي قابلية التحمل القصوى الصافية لركيزة منفردة مجموع مقاومة الجدار القصوى ((مجموع مقاومات الاحتكاك والتماسك على الأسطح الجانبية للركيزة)) ومقاومة القاعدة القصوى ((مقاومة التحميل عند الطرف السفلي للركيزة)).

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

حيث ان :

$Q_u$  = ultimate bearing capacity

$Q_b$  = base resistance

$Q_s$  = shaft resistance



### الركائز في الترب الطينية : ( C-Soil )

يتم حساب مقاومة القاعدة القصوى للركيزة (Qb) من القانون التالي :

$$Q_b = C N_c A_b$$

C = التماسك .

$N_c$  = معامل قابلية التحمل ويعتمد على مقدار طول جزء الركيزة الاخير النافذ داخل تربة قاعدة الركيزة .

$A_b$  = مساحة قاعدة الركيزة .

حيث ان ( $N_c = 9$ ) تقريباً للركائز التي عمقها لا يقل عن اضعاف قطرها.  
فيصبح القانون :

$$Q_b = 9 C A_b$$

وبالنسبة لتحمل الاحتكاك ( $Q_s$ ) هناك طرق عديدة لأستخراجه لباحثين عدة ومن أهمها :

### ١- طريقة ( $\alpha$ ) للباحث ( Tomlinson 1971 ) :

$$Q_s = \alpha C A_s$$

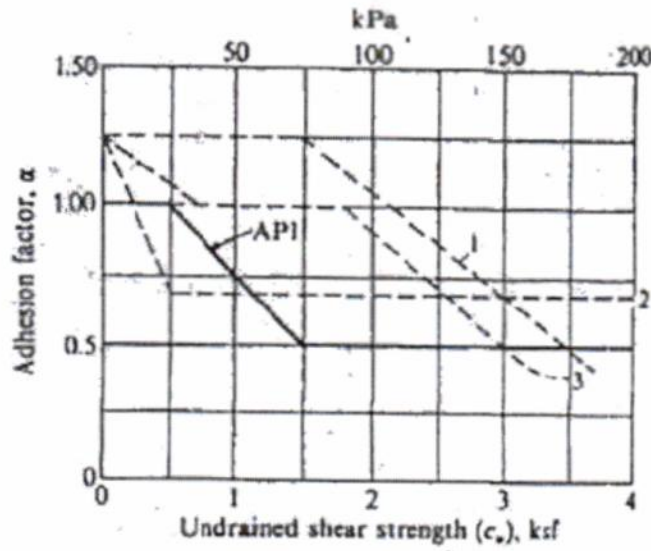
C = التماسك .

$A_s$  = مساحة الاحتكاك الجداري للركيزة .

$\alpha$  = معامل الالتصاق بين الركيزة والتربة الطينية .

$\alpha = 0.45$  لركائز الحفر ( Bored Piles ) .

اما ركائز الدق ( Driven Piles ) يتم الحصول عليها من جدول ( ٢-١ ) مرفق معه شكل (٢-٥).



شكل (٢-٥) معامل الالتصاق .

جدول (٢-١) قيم معامل الالتصاق في ركائز الدق في الترب المتماسكة .

Case	Soil conditions	Penetration ratio:	Adhesion factor, $\alpha$
1	Sands or sandy gravels overlying stiff to very stiff cohesive soil	$< 20$	1.25
		$> 20$	Fig. 16-11a
2	Soft clays or silts overlying stiff to very stiff cohesive soil	$8 < PR \leq 20$	0.40
		$> 20$	Fig. 16-11a
3	Stiff to very stiff cohesive soils without overlying strata	$8 < PR \leq 20$	0.40
		$> 20$	Fig. 16-11a

ومعامل الالتصاق ( $\alpha$ ) يعتمد على عوامل كثيرة منها :

- ١- تماسك التربة .
- ٢- طبيعة التربة .
- ٣- طريقة اقامة (تشييد) الركيزة .

٢- طريقة (λ) للباحث ( Vijayvergiya and Focht 1972 ) :

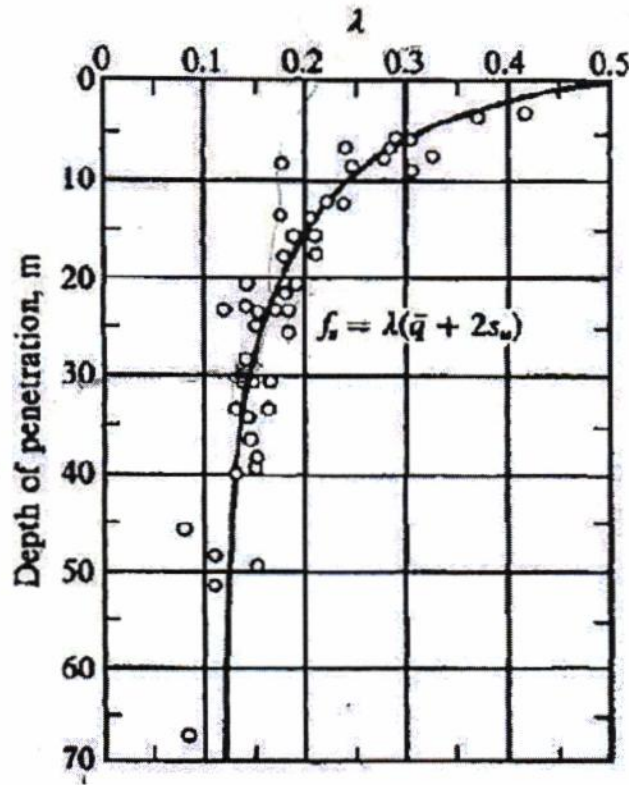
للتنبؤ عن مقدار الاحتكاك السطحي لركائز الدق في الطين تم وضع علاقة وضعية بين الاحتكاك السطحي والضغط الثقيل المؤثر وتماسك الطين وهي :

$$Q_s = \lambda (\sigma_0 + 2 C_u)$$

$\sigma_0$  = متوسط الاجهاد الشاقولي المؤثر بين سطح الأرض ونهاية الركيزة .

$C_u$  = معامل مقاومة القص للحالة غير مبزولة وعلى طول الجدار .

$\lambda$  = معامل تحمل الاحتكاك . ويؤخذ من الشكل (٢-٦) .



شكل (٢-٦) : قيم المعامل (λ) لاعماق مختلفة .



### الركائز في الترب الرملية : (Ø- Soils)

حيث تتساق الركائز خلال تربة ضعيفة الى تربة قوية من الرمل والحصى وبعمق معتدل، يكون الجزء الرئيسي من التحمل عن طريق التحمل الطرقي ويكون التحمل عن طريق الاحتكاك السطحي قليلاً نسبياً .

ومن الجدير بالذكر ان الركائز المسافة في الرمال والحصى تسبب تراصاً مهماً للتربة تحت الركائز بقدر كبير يؤدي الى معاناة صعبة جداً في الدق للركائز الاخيرة في المجموعة اذا كانت الركائز على مسافات متقاربة . ويزيد هذا التراص في التربة عن قابلية تحمل المجموعة التي تكون ضعف قابلية تحمل الركائز المنفردة اذا كانت المسافة مرتين بقدر القطر .

ويتم حساب (Qb) للترب الرملية من المعادلة التالية :

$$Q_b = \sigma_o N_q A_b$$

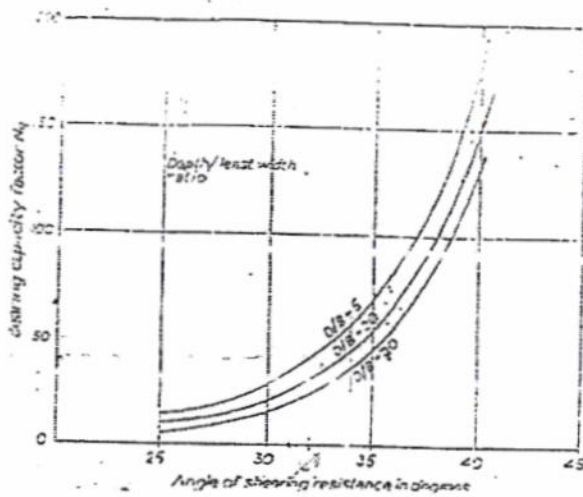
حيث ان :

$$N_q = \text{معامل التخفيض} .$$

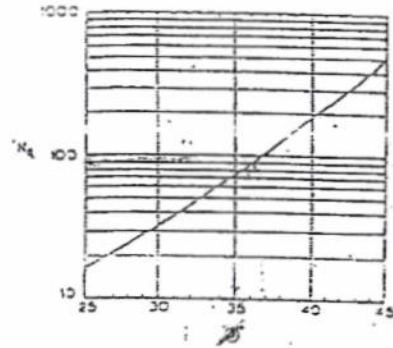
$$\sigma_o = \text{الاجهاد الشاقولي المؤثر عند مستوى قاعدة الركيزة} .$$

$$A_b = \text{مساحة قاعدة الركيزة} .$$

هناك قيم مختلفة لـ  $N_q$  حسب الباحث في حسابها كما موضح في الشكلين ( ٢-٧ ) ، ( ٢-٨ ) .



شكل ( ٢-٨ ) قيم  $N_q$  لركائز ذات اطوال مختلفة



شكل ( ٢-٧ ) قيم  $N_q$

حيث ان الشكل ( ٢ - ٧ ) يعتمد حساب  $N_q$  على قيمة  $\phi$  المصححة للتربة الرملية وحسب نوع الركيزة  
اما الشكل ( ٢ - ٨ ) يعتمد حساب  $N_q$  على قيمة  $\phi$  للتربة الرملية وطول جزء الركيزة النافذ في اخر  
تربة نسبة الى البعد الاقل للركيزة .

اما مقدار مقاومة الاحتكاك السطحي للركيزة الموجودة في الترب الرملية فيتم حسابه كالتالي :

$$Q_s = (\sigma_0)_{av} K_s \tan \delta A_s$$

حيث ان :

$(\sigma_0)_{av}$  = الاجهاد (الضغط) الفعال المسلط من سطح الارض لغاية منتصف الطبقة المراد حساب  
( $Q_s$ )

لها .

$K_s$  = معامل الضغط الجانبي للتربة الرملية ويعتمد مقداره على طريقة تنفيذ الركيزة .

$\tan \delta$  = معامل الاحتكاك بين التربة والركيزة ويعتمد على نوع التربة ونوع مادة الركيزة .

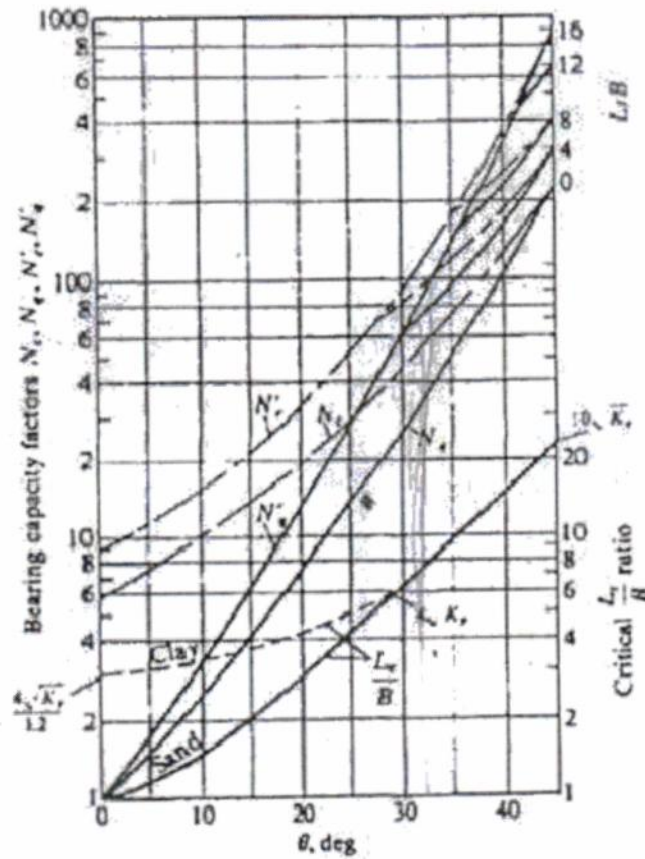
$A_s$  = مساحة الاحتكاك الجداري للركيزة .

### الركائز في الترب المزيجية (الطينية الرملية): (C-Ø Soils)

تستعمل المعادلة الآتية :

$$Q_u = (C N_c + \sigma_0 N_q) A_b + (\alpha C + (\sigma_0)_{av} K_s \tan \delta) A_f$$

حيث يتم الحصول على المعاملات (  $N_q$  ،  $N_c$  ) من الشكل الخاص بالعالم مايرهوف اما المعاملات (  $\tan \delta$  ،  $K_s$  ،  $\alpha$  ) فيتم استخدامها حسب ما مبين سابقاً.



شكل (٩-٢)



## ٢- الطريقة الديناميكية :

هناك عدة طرق للعملية الديناميكية لأقامة الركائز :

### ١- الدق و الاهتزاز:

وتعتبر من اقدم الطرق، وتكون ذات مزايا كبيرة وذلك ان دق الركائز يزيح كتلة حجمها يساوي الركيزة وان هذا يسبب تراصاً حول الركيزة ، وأن الزيادة في مقاومة القص لها تأثير مفيد على قابلية التحمل .

### ٢- السوق :

وهي ميزة مقترنة مع الدق حيث بالأماكن الحصول منه على قابلية التحمل للركيزة وتتم باستخدام المعاملات الديناميكية للركائز وبالأماكن حساب مقاومة السوق ( Driving Res. ) من معادلة :

( Engineering News Formula )

$$R = (166.64E) / (S + 2.54)$$

ومعادلة : ( Boston Building Code )

$$R = (141.64 E) / S + 2.54 \sqrt{Wp/Wr}$$

$R$  = حمل الركيزة المسموح به ( Kn ) .

$E$  = الطاقة بكل ضربة (Kn-meters) .

$S$  = معدل الاختراق (mm) لكل ضربة لآخر (150 mm) من السوق ( القيمة الصغرى المسموح بها ) .

$S = 1.25$  لكل ضربة .

$Wp$  = وزن الركيزة والاجزاء الاخرى المعرضة للسوق .

$Wr$  = وزن الاجزاء الضاربة للمطرقة .

الفصل الثالث

بر نابع تصبیح

الر كائن

( *All Pile* )

### الفصل الثالث

#### برنامج تصميم الركائز ( All Pile )

هو برنامج يستخدم في تصميم وتحليل الركائز ويتميز البرنامج بقدرته لتحليل قابلية تحمل الركائز بكافة انواعها :-

- |                  |                      |          |
|------------------|----------------------|----------|
| ١. ركائز الحفر   | ٢. ركائز الدق        | ٣. ركائز |
| الحديدية         |                      |          |
| ٤. ركائز الخشبية | ٥. ركائز الكونكريتية | ٦. الاسس |
| الضحلة           |                      |          |

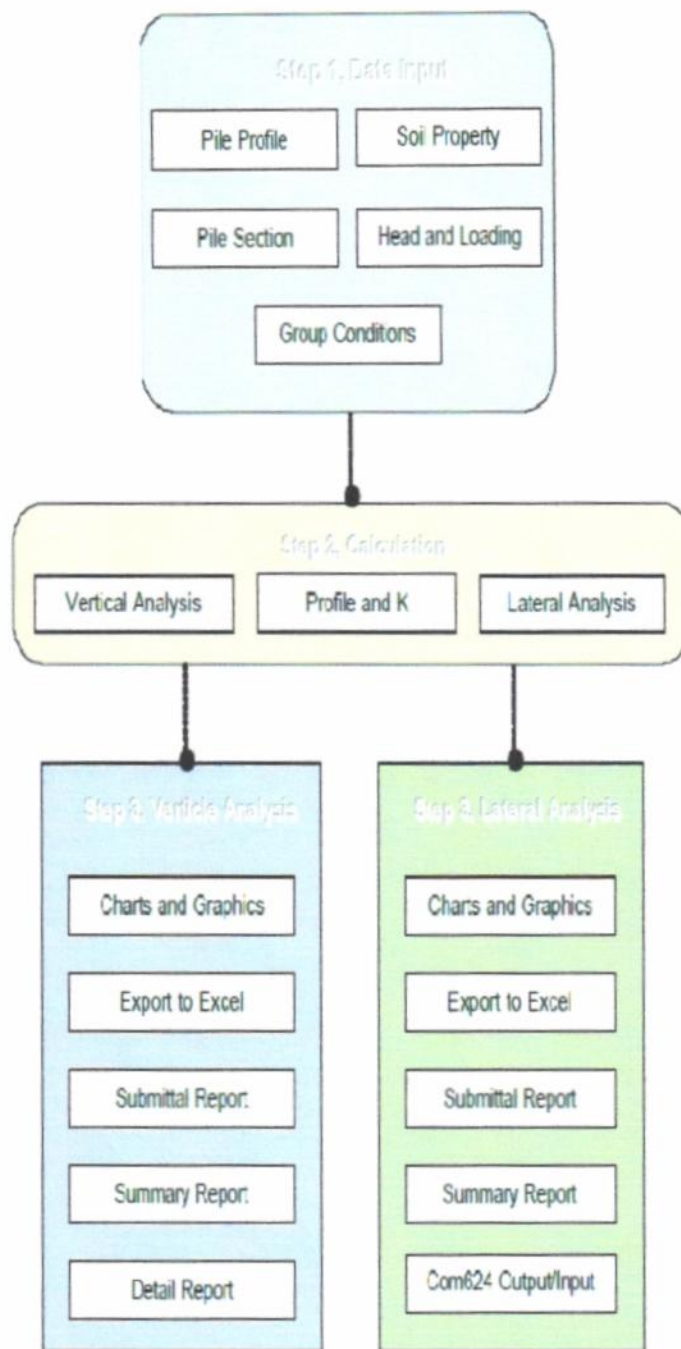
كذلك يتمكن البرنامج من تحليل الركائز المعرضة الى احمال ساكنة او احمال دورية وايضا بحسب قابلية التحمل القصوى (Qult) والمسموح بها (Qall) .

#### الهدف من البحث :

الهدف من البحث هو اختبار امكانية البرنامج (All Pile) في تقييم قابلية تحمل ركائز مختلفة اعتمادا" على خواص التربة المأخوذة من تقارير فحص التربة وتخمين علاقة الحمل مع الهبوط .

والعمليات الرئيسية بالبرنامج يمكن تقسيمها الى ثلاث خطوات كما موضح بالمخطط شكل (٣-١) .





شكل (٣-١) : مخطط العمليات الرئيسية للبرنامج

كما ان واجهات البرنامج الرئيسية هي :-

١- واجهة ادخال نوع الركيزة شكل (٣-٢) :

تستخدم هذه الواجهة بصورة رئيسية لتحديد نوع وطريقة تنفيذ الركيزة مع تحديد الوحدات المستخدمة في الحسابات واطافة عنوان المشروع .

Alpile - file name: [ ]

File Edit Run Setup Help

[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Profile [ ] Vertical [ ] +Lateral Sample: [Pull Down to View Sample Files: ]

Pile Type | Pile Profile | Pile Properties | Pile No. and Loading | Soil Properties | Advanced

Pile Type

- ☒ Drilled Pile (dia <= 24 in. or 61 cm)
- ☐ Drilled Shaft (dia > 24 in. or 61 cm)
- ☐ SHAFT (US, FHWA Methods)
- ☐ Driving Steel Pile (Open end)
- ☐ Driving Steel Pile (Close end)
- ☐ Driving Concrete Pile
- ☐ Driving Timber Pile
- ☐ Driving Jetted
- ☐ Micropile (MiniPile)
- ☐ Uplift Anchor
- ☐ Uplift Plate
- ☐ Shallow Footing

Project Title 1: [ ]

Project Title 2: [ ]

Memo: ☒ Shown Memo in Profile

Concrete poured into drilled hole.  
Diameter is limited to 24 in (61 cm).

Units: ☒ English ☐ Metric

Auger

< 2 feet

شكل (٣-٢) : واجهة ادخال نوع الركيزة.

## ٢- واجهة طول الركيزة شكل (٣-٣) :

هذه الواجهة تعرض معلومات عن مقطع الركيزة و المخطط الظاهر على الجانب اليسري يظهر التكيف الحقيقي للركيزة اعتمادا على المدخلات في هذه الصفحة .

The screenshot shows the 'Allpile' software window with the 'Pile Properties' tab selected. The interface includes a diagram of a pile with forces Q, M, and P, and input fields for Pile Length (L), Top Height (H), Surface Angle (As), and Batter Angle (Ab). The 'Sample' dropdown is set to 'List of Sample: (E-English, M-Metric)'. The 'Pile Length (L) -ft' is set to 30, 'Top Height (H) -ft' is set to 0, 'Surface Angle (As) = 0', and 'Batter Angle (Ab) = 0'. The 'Surface Angle' and 'Batter Angle' fields have sliders ranging from -30 to 30 degrees.

شكل (٣-٣) : واجهة طول الركيزة .



### ٣- واجهة خواص الركيزة شكل (٣-٤) :

تستخدم هذه الواجهة لعرض مواصفات الركيزة مع العمق من حيث مساحة المقطع ومواصفات المادة الداخلة في الركيزة .

Allpile - file name: ex3.a6p

File Edit Run Setup Help

Sample: E3. Drilled Shaft with Bell

A. Pile Type | B. Pile Profile | C. Pile Properties | D. Load and Group | E. Soil Properties | F. Advanced Page

1. Pile Property Table (Zp - Pile Depth, from pile top to beginning of each section) Total Pile Length=30-ft

Zp-ft	Pile Data Input	Width-in	A'-in <sup>2</sup>	Per.-in	I'-in <sup>4</sup>	E -kp/in <sup>2</sup>	W'-kp/ft	At-in <sup>2</sup>
0	● Concrete (rough)	48	2436.9	150.8	264189.6	3000	2.054	1809.6
70	● Concrete (rough)	48	2123.2	150.8	209183.7	3000	1.970	1809.6
80	● Pile Tip	72	5130.1	226.2	1063565.5	3000	4.53	4071.5
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

2. Add Tip Section

Only if bearing area is different from that of the last section, add a new section then modify the area equal to the bearing area.

شكل (٣-٤) : واجهة خواص الركيزة .

#### ٤- واجهة شكل مقطع الركيزة شكل (٣-٥) :

تستخدم هذه الواجهة لتعيين تغير مساحة مقطع الركيزة مع العمق ، ويتم الدخول الى هذه الواجهة من خلال الواجهة شكل (٣-٤).

**Pile Section Screen**

1. Select Shape

☒ SQUARE ☐ CIRCLE ☐ H-PILE

2. Outside

☐ Steel (rough) ☐ Steel (smooth) ☒ Concrete (rough) ☐ Concrete (smooth) ☐ Grouted ☐ Post-Grouted ☐ Timber ☐ Plastic ☐ Skin=0 ☐ Skin=Soil Cohesion

3. Inside

☐ =Outside ☐ Hollow ☒ Steel ☐ Concrete

4. Diameter Variation

5. Crack Deduction (%)

6. Bar Size  Bar Number

7. 0% Inside Materials in Total Area,  $A_t =$

8. Width - in   $A' - in^2$   Perimeter - in   $I' - in^4$    $E - kip/in^2$   Weight - kip/ft

$A_t$  Total Section Area,  $A'$  Effective Net Area,  $I'$  Effective Moment of Inertia

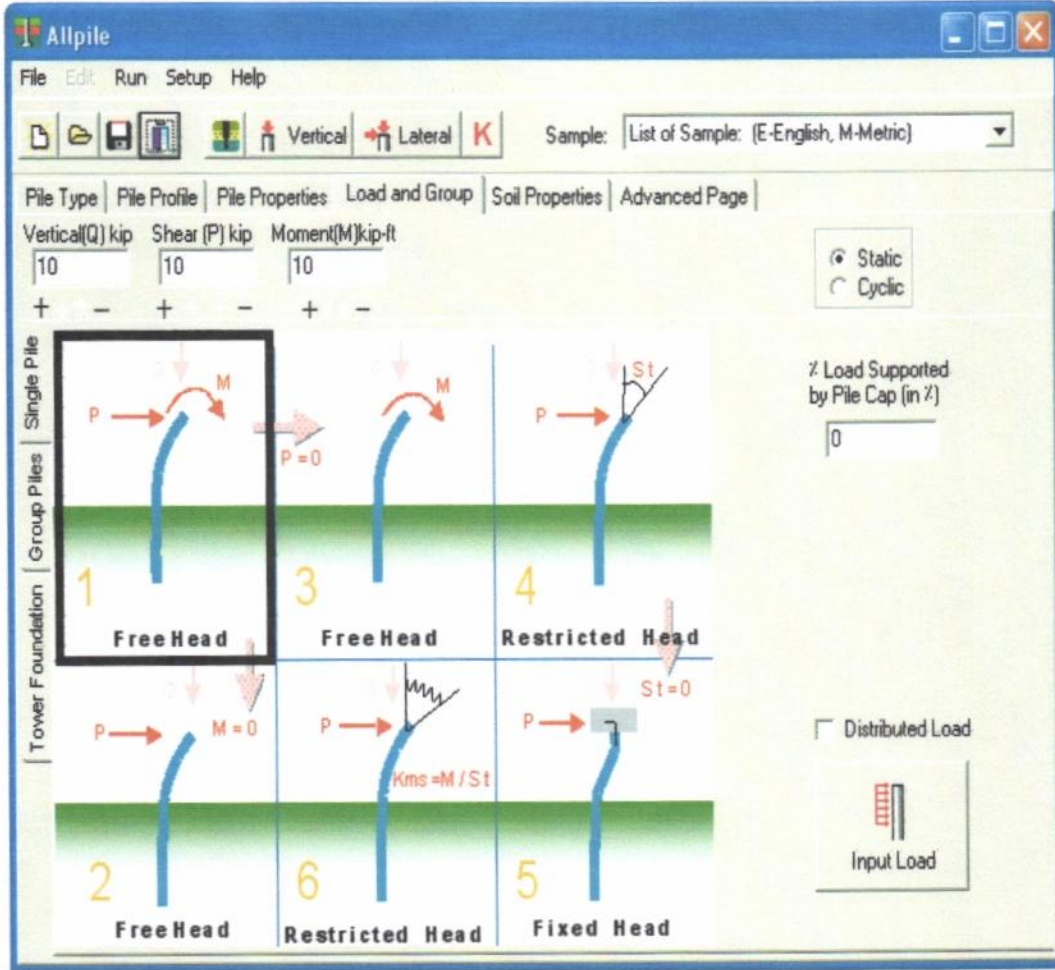
Follow Steps above. Press the Calculation Button to perform Step 6 and 8.

☒ 9 Apply ☐ Cancel

#### شكل (٣-٥) : واجهة شكل مقطع الركيزة .

٥- واجهة نوع الحمل وعدد الركائز شكل (٣-٦) :

تستخدم هذه الواجهة لتحديد نوع الحمل وعدد مجموعة الركائز المستخدمة .



شكل (٣-٦) : واجهة نوع الحمل وعدد الركائز .



## ٦- واجهة خواص التربة شكل (٣-٧) :

تختص هذه الواجهة بعرض مواصفات التربة مع العمق .

Allpile - file name: ex4.a6p

File Edit Run Setup Help

Vertical Lateral K Sample: E4. FHWA SHAFT Method with Bell

A. Pile Type | B. Pile Profile | C. Pile Properties | D. Load and Group | E. Soil Properties | F. Advanced Page

1. Soil Property Table (Zs - Soil Depth, from ground to beginning of each layer) 2. Water Table (An additional layer is required at water table) 15 3. Surface Elevation (Optional input) EL15

Zs-ft	Soil Data Input	G-lb/ft <sup>3</sup>	Phi	C-kp/ft <sup>2</sup>	k-lb/ft <sup>3</sup>	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay	124.2	0.0	0.85	170.7	1.10	7	1
3	Medium dense SAND	121.4	36.4	0.00	107.7	53.92	20	4
7	Dense gravelly SAND	123.4	38.3	0.00	173.4	68.24	33	4
15	Very dense silty SAN[W]	67.7	40.0	0.00	156.4	85.51	50	4
25	Hard CLAY [W]	77.3	0.0	6.26	2461.1	0.33	50	2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

شكل (٣-٧) : واجهة خواص التربة .

الفصل الرابع

استخدام البرنامج

(All Pile) في بعض

التطبيقات العملية



## الفصل الرابع

### استخدام البرنامج (All Pile) في بعض التطبيقات العملية

#### المقدمة :

بأستخدام البرنامج (All Pile) سوف يتم الحصول على العلاقة بين (الحمل - الهبوط) و من خلال هذه العلاقة يتم حساب قابلية تحمل الركائز بطرق مختلفة. الحالات التطبيقية التي تم اختيارها هي حالات تحميل لركائز في مواقع مختلفة من وسط وجنوب العراق.

#### الحالة الاولى :

تم تحليل ركيزة حفر نفذت في مدينة بغداد تم صبها في شهر تموز من عام ٢٠٠١ في احد مشاريع الدولة دائرية المقطع ذات طول ٤٠م وقطر ١.٥م ومسلط عليها قوة عمودية من الاعلى و تبين خلال عملية الحفر ان طبيعة التربة ضمن هذا العمق تتكون من طبقات طينية تتخللها طبقة رملية وظهور طبقة طينية قوية جدا بين العمق ١٢ م والعمق ١٦ م وخلال الحفر لغاية ٣٩ م تواجدت طبقات من تربة رملية يحتوي بعضها على حصى وقد احتوت طبقة التربة عند العمق ٤٠,٧ م تربة طينية حصوية رملية.



والجدول رقم (١-٤) يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الركيزة.

الفحوص الكيميائية			الوزن النوعي Gs	مؤشر اللينة PI	حد اللينة PL	حد الميوعة LL	العمق (m)
cl	المواد العضوية ORG	SO3					
0.03	0.18	0.12	2.78	٢٩	١٨	٤٧	١٦
0.04	0.30	0.10	2.62	غير لدنة	غير لدنة	غير لدنة	٢٠
0.07	0.51	0.10	2.67	غير لدنة	غير لدنة	غير لدنة	٢٤
0.04	0.50	0.07	2.74	غير لدنة	غير لدنة	غير لدنة	٢٨
0.03	0.48	0.10	2.65	غير لدنة	غير لدنة	غير لدنة	٣٤
0.02	0.36	0.01	2.70	غير لدنة	غير لدنة	غير لدنة	٣٧
0.02	0.30	0.31	2.79	٢٢	١٧	٣٩	-

وقد تم استخدام خصائص التربة الموضحة اعلاه لاجاد معامل تماسك التربة من المعادلة التالية :

$$C_u / \sigma_v = 0.129 + 0.00435 PI$$

حيث ان :

$C_u$  = التماسك .

$\sigma_v$  = الضغط (الاجهاد) الفعال المسلط من سطح N.G.L لغاية منتصف الطبقة .

$PI$  = مؤشر اللينة .

ملاحظة:-

هذه المعادلة تم استخدامها في هذه الحالة في ايجاد معامل تماسك التربة على فرض  
ان التربة لدنة بكل الاعماق .

عملية فحص الركيزة تمت بموجب المواصفة الامريكية ( ASTM D1143 ) والتي تنص على تحميل الركيزة لحمل كلي مقداره ٢٠٠% من الحمل التشغيلي المتوقع وزيادات مقدارها ٢٥% من حمل التشغيل المتوقع وعلى ان يبقى التحميل في كل فترة من الزمن الى ان يصل فيها المعدل الزمني للهبوط ٢٥ ملم / ساعة وعلى ان لا يزيد عن ساعتين . وبعد الوصول الى ٢٠٠% من الحمل التشغيل المتوقع يبدأ التخفيض بالحمولات بعد مرور ١٢ ساعة اذا كان مقدار الهبوط في الساعة الاخيرة لا يتجاوز ٠.٢٥ ملم وبخلافه يترك الحمل لمدة ٢٤ ساعة وعندها تبدأ عملية تخفيض الحمولات كل ساعة بمراحل مساوية الى ٢٥% من الحمل الكلي. كما ان نتائج الفحص الموقعي مبينة بالجدول (٢-٤) الموضح ادناه.

جدول (٢-٤) نتائج الفحص للركيزة .

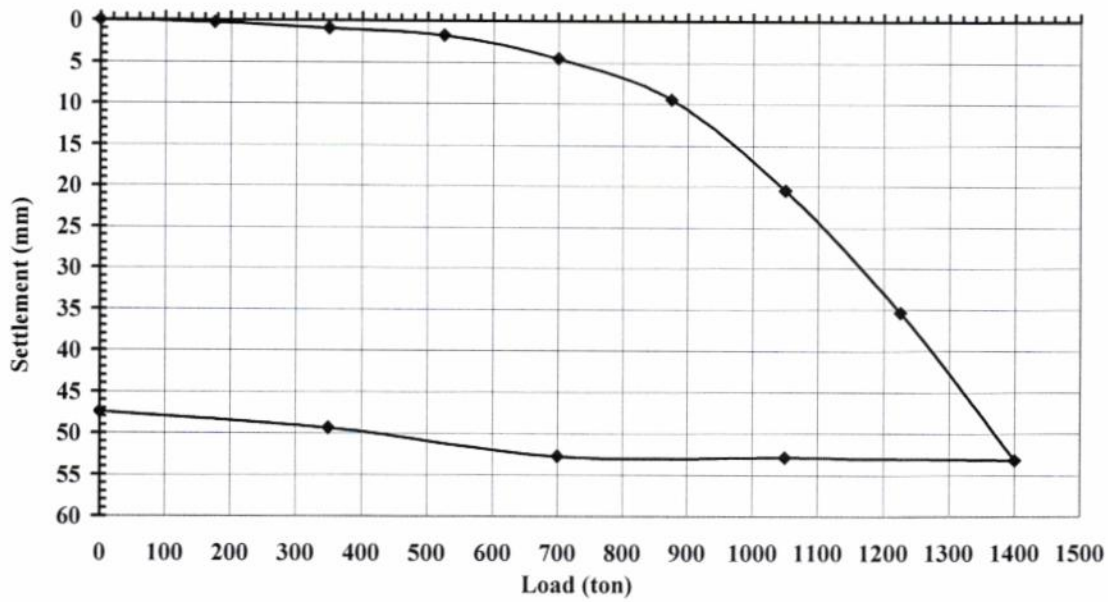
الهبوط (ملم)	الحمل (طن)
0	0
0.24	175
0.92	350
1.75	525
4.50	700
9.42	875
20.48	1050
35.36	1225
53.20	1400
52.90	1050
52.75	700
49.38	350
47.42	0

وقد تم تقييم الركيزة بمعايير مختلفة منها :

١- طريقة رسم المماسات :

في هذه الطريقة يتم رسم مماسين لأوطأ و أعلى جزء من منحنى الحمل-الهبوط (elastic and plastic tangent) ويلاحظ مقدار الحمل عند تقاطع المماسين فيمثل قابلية التحمل القصوى كما في الشكل رقم (١-٤). و عند تطبيق هذا المعيار على منحنى الحمل-الهبوط يتبين أن تقاطع المماسين يعطي قيمة للحمل بحدود ٨٨٥ طن و عليه فان الحمل المسموح به  $(٨٨٥/١.٥ = ٥٩٠ \text{ طن})$ .

وتجدر الإشارة إلى أن عامل الأمان ١.٥ هو الذي تم اختياره وليس ٢ وسبب ذلك هو التدرج في انحناء المنحنى، حيث يتم اختيار عامل أمان ٢ عندما يكون المنحنى شديد الانحدار و الفشل واضحاً .



شكل (١-٤) : طريقة رسم المماسات



## ٢- طريقة (Lambe and Whitman 1979) :

يجب أن لا يزيد الهبوط عند حمل التشغيل عن 9.5 ملم ولا يزيد عن 25.4 ملم عند ضعف حمل التشغيل. و عند تطبيق هذا المعيار على منحنى الحمل-الهبوط يتبين أن حمل التشغيل (نصف الحمل) الذي يكون عنده الهبوط الكلي ٢٥.٤ ملم و لا يزيد عن ٩.٥ ملم هو بحدود ٥٥٣ طن.

## ٣- الطريقة الثالثة :

وتنص على أن التحمل المسموح به هو الأقل من نصف الحمل الذي ينتج عنه ( Goodman an (Karol, 1968):

- (١) هبوط كلي مساو إلى 1 انج (25.4 ملم).
- (٢) هبوط صافي (الهبوط الكلي - الارتداد) مساو إلى 0.01 انج/طن (0.25 ملم/طن) مضروبا في فحص التحميل الكلي بالأطنان.
- (3) ولا يزيد عن حد قوة تحمل الركيزة كعضو إنشائي.

و عند تطبيق هذا المعيار على منحنى (الحمل - الهبوط) (شكل ١-٤) يتبين من الحسابات الخاصة بالمعيار الخامس أن الهبوط الصافي 47.42 ملم يقابل حملا مقداره 1400 طن و هو أكبر من الهبوط الصافي المذكور في المعيار و هو 44.45 ملم. و اعتمادا على هذا الشرط فإن الحمل المسموح به هو 612.5 طن، و لكن عند الرجوع إلى الشرط الثاني في هذا المعيار الذي يوجب أن يكون الحمل المسموح به لا يزيد عن نصف الحمل الذي يكون عنده الهبوط 25.4 ملم نجد أن تطبيق هذا الشرط يعطي حملا مسموحا به مقداره 553 طن. ويمكن تلخيص النتائج في الجدول ادناه :

جدول (٣-٤) خلاصة نتائج المعايير

المعيار	حمل التشغيل (Working Load) (طن)
الأول	590
الثاني	553
الثالث	612.5

أما خواص التربة التي تم استخدامها في البرنامج ( All Pile ) موضحة في الجدول التالي:

جدول (٤-٤) خواص التربة المستخدمة في البرنامج

نوع التربة	التماسك (كيلونيوتن/م <sup>٢</sup> )	الكثافة (كيلونيوتن/م <sup>٣</sup> )	العمق (م)
Soft clay	5.103	20	0
Soft clay	28.07	20	2
Soft clay	51.03	20	16
Soft clay	61.236	20	20
Soft clay	71.442	20	24
Soft clay	84.2	20	28
Soft clay	95.68	20	34
Soft clay	102.24	20	37

حيث تم ايجاد التماسك من المعادلة الموضحة سابقاً مثل :

الطبقة الاولى :

$$\sigma_v = 1 \times 20$$

$$= 20 \text{ KN/m}^2$$

$$C_u / 20 = 0.129 + 0.00435 \times 29$$

$$C_u = 5.103 \text{ KN/m}^2$$

الطبقة الثانية :

$$\sigma_v = 2 \times 20 + 7 \times (20 - 10)$$

$$= 110 \text{ KN/m}^2$$

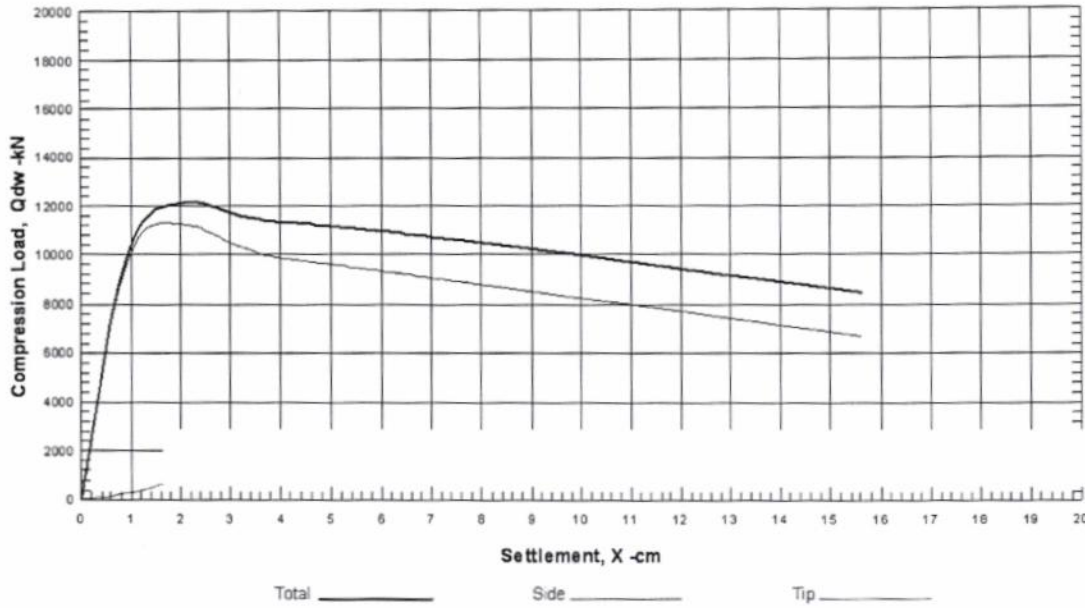
$$C_u / 110 = 0.129 + 0.00435 \times 29$$

$$C_u = 28.07 \text{ KN/m}^2$$

وهكذا الى العمق 50m .

وقام البرنامج ( All Pile ) برسم علاقة (الحمل \_ الهبوط) الظاهرة في شكل (٤-٢) .

Vertical Load vs. Settlement



شكل (٤-٢) علاقة الحمل والهبوط للركيزة من البرنامج.

حيث ان :

Total Ultimate Capacity = 12150.46 kN = 1215.046 Ton

Total Allowable Capacity = 6075.23 kN = 607.523 Ton



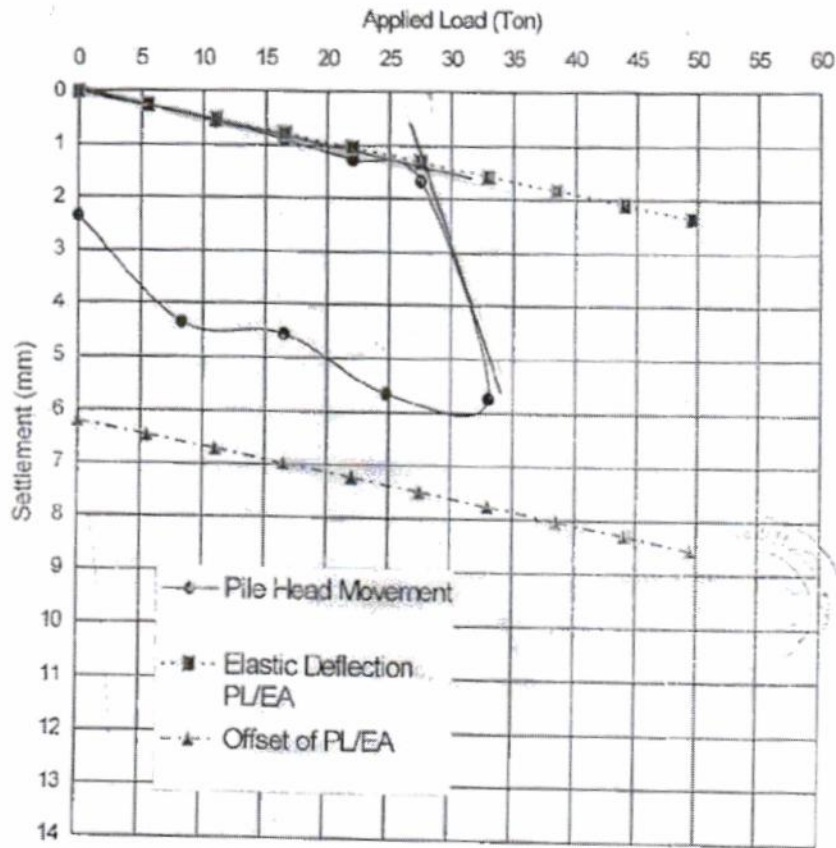
### الحالة الثانية :

تم تحليل ركائز دق كونكريتية مسبقة الصب مربعة ابعادها ( 30 x 30 cm ) وطولها ( 12m ) مسلحة باربع قضبان حديد تسليح قطر القضيب ( 16mm ) وعمق التربة ( 20m ) مسلط عليها قوة محورية (عمودية) نفذت في تربة طينية ذات كثافة  $20 \text{ KN/m}^3$  ومستوى الماء يبلغ ( 1m ) من سطح التربة ومعامل تماسك التربة يساوي (  $30 \text{ KN/m}^2$  ). ومن الجدير بالذكر ان هذه الركائز نفذت موقعيا في ١٨ / ٩ / ٢٠٠٩ في جنوب العراق . والجدول ادناه يوضح نتائج الفحص الموقعي لهذه الحالة .

جدول (٤-٥) نتائج الفحص للركيزة

الهطول (ملم)	الحمل (طن)
0.00	0.00
0.28	5.5
0.56	11.0
0.90	16.5
1.27	22.0
1.66	27.5
5.72	33.0
5.65	24.75
4.56	16.50
4.35	8.25
2.35	0.00

وقد تم رسم علاقة الحمل \_ الهبوط للنتائج اعلاه والموضح في شكل (٤-٣) .



شكل (٤-٣) : علاقة الحمل - الهبوط

والمعايير المستخدمة في تقييم الركيزة هي :

١- طريقة رسم المماسات :

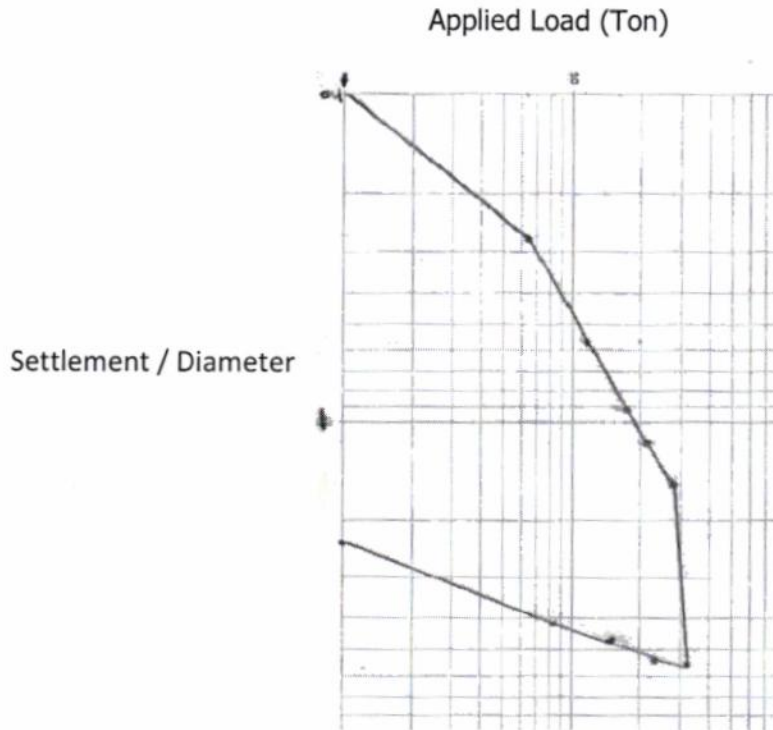
وقد تم شرح هذه الطريقة سابقا حيث ان عند تطبيق هذه الطريقة على منحنى الحمل - الهبوط (٤-٣) المذكور سابقا وجد ان قابلية التحمل المسموح بها تساوي ٢٩ طن .

## ٢- طريقة (Lambe and Whitman 1979) :

وقد تم شرح هذا المعيار سابقاً في التطبيق الأول من الركائز الموضح في بداية هذا الفصل. وعند تطبيق هذا المعيار على منحنى الحمل - الهبوط يتبين أن حمل التشغيل (نصف الحمل) الذي يكون عنده الهبوط الكلي يساوي (٦.١ ملم) ولا يزيد عن ٩.٥ ملم هو (٣٢ طن)

## ٣- طريقة لوغاريتم الحمل - لوغاريتم الهبوط :

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون الركيزة طويلة وذات قطر كبير حيث نرسم العلاقة بين القيمة اللوغاريتمية للهبوط/القطر ( $S/D$ ) مع القيمة اللوغاريتمية للحمل ( $P$ ) ويتم تحديد الحمل الأقصى بالاعتماد على قطر الركيزة وحددت المواصفة القياسية الأمريكية ASTM 322 قيمة التحمل الأقصى عند ( $S/D$ ) ب 0.05. و كما يبدو من الشكل (٤-٤) أن أقصى قيمة للنسبة ( $S/D$ ) هي تقابل حملاً مقداره (31) طن.



شكل (٤-٤) : علاقة لوغارتم الحمل - لوغارتم الهبوط



ويمكن تلخيص النتائج بالجدول ادناه :

جدول (٤-٦) خلاصة نتائج المعايير

المعيار	حمل التشغيل (Working Load) (طن)
الأول	28
الثاني	32
الثالث	31

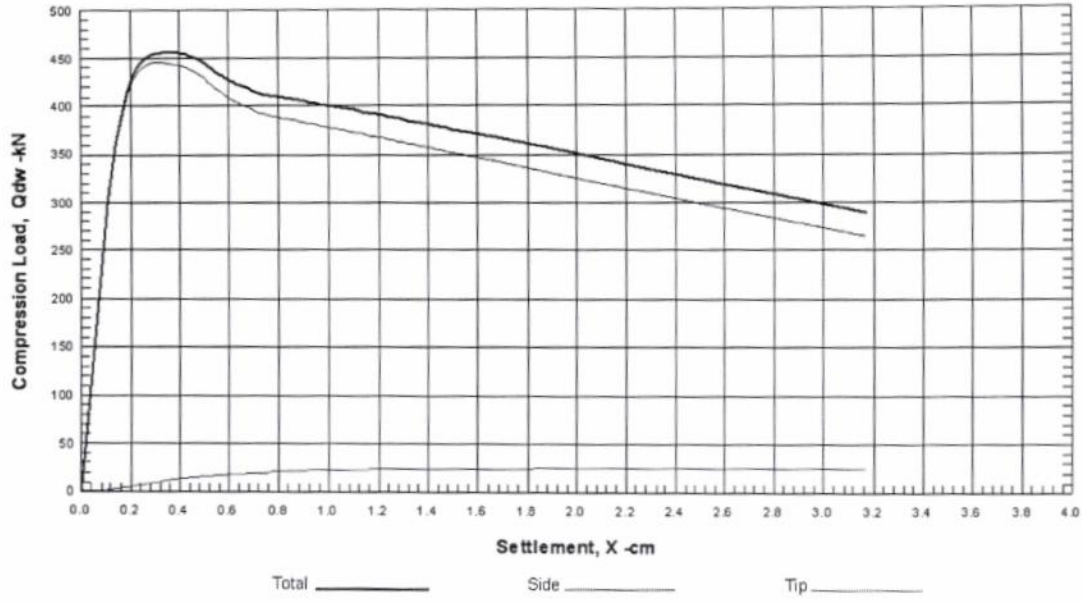
أما المعلومات التي تم استخدامها في البرنامج ( All Pile ) موضحة في الجدول التالي رقم (٤-٧) :

جدول (٤-٧) خواص التربة المستخدمة في البرنامج

العمق (م)	الكثافة (كيلونيوتن/م <sup>٣</sup> )	التماسك (كيلونيوتن/م <sup>٢</sup> )	نوع التربة
0	20	30	Soft clay
1	20	30	Soft clay

والشكل (٤-٥) يوضح علاقة الحمل \_ الهبوط للركيزة التي تم الحصول عليها من البرنامج :

### Vertical Load vs. Settlement



شكل (٥-٤) علاقة الحمل والهطول للركيزة من البرنامج

حيث ان :

Total Ultimate Capacity = 456.30 kN = 45.630 kN

Total Allowable Capacity = 300.15 kN = 30.015 kN

### الحالة الثالثة :

تتضمن هذه الحالة دراسة لخواص التربة في منطقة بلد محزم في أبي الخصيب بمدينة البصرة و ذلك بموجب تقرير المركز الوطني للمختبرات و البحوث الإنشائية / مختبر البصرة الإنشائي ذي الرقم ١٥/١/٢ في كانون الأول ٢٠٠٨. و بناءا على تقييم خواص التربة في الموقع سيتم حساب قابلية تحمل ركائز دق خرسانية مسبقة الصب (Driven precast piles) مقترحة لمشروع الملعب الرياضي بأبعاد (0.285 x 0.285) متر تم طرقها بواسطة مطرقة ركائز مناسبة لغاية عمق (٢٢) متر.

### خواص التربة:

تم عمل تحريات تربة لمعرفة خواص التربة لحساب قابلية تحمل الركائز استاتيكيةا و يمكن تلخيص خواص التربة للأعماق المختلفة للتربة في الجدول التالي:

جدول (٨-٤) خواص التربة

العمق (أمتار)	التماسك (kN/m <sup>2</sup> )(Cohesion)	زاوية الاحتكاك الداخلي (φ°)	الكثافة الوزنية (Unit Weight) (kN/m <sup>3</sup> )	عدد ضربات فحص الاختراق القياسي (N)
2-0	110-55	-	6.20	10-6
9-2	20-5	-	8.18	5-4
19-9	20-10	-	0.19	15-4
25-19	-	37	7.18	75-52

ومن خلال الجدول أعلاه يتبين أن الطبقات العليا من عمق ( ٢ ) متر ولغاية عمق (٢٢) متر مؤلفة من طين ضعيف جدا حيث أن مقاومة القص غير المبزولة لا تتجاوز (٢٠ kN/m<sup>2</sup>)، و أن الطبقة الرملية تبدأ تقريبا عند عمق (٢٢) متر. و عليه يفضل تصميم الركائز لتكون ذات أطوال لا تقل عن (٢٢) متر. و هنا يجب أن نذكر أن قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي المقترحة في التقرير عند العمق (٢٢) متر هي (٣٣°) و هو مقدار صغير لا يتناسب مع قيم الاختراق القياسي N، و عليه تم تعديلها لتكون (٣٧°). علما ان الماء الأرضي يقع عند عمق (١.٧٥) متر من سطح الأرض .



### حساب قابلية تحمل الركيزة:

١- من الفحوص المختبرية:

إن قابلية تحمل الركيزة للأحمال الساكنة يمكن أن يعبر عنها من خلال المعادلة التالية:

$$Qu = Q_b + Q_s$$

ولحساب  $Q_b$  و  $Q_s$  تم استعمال عدة نظريات منها:

#### ١- طريقة Nordlund:

بموجب هذه الطريقة تحسب قابلية تحمل الركيزة في الترب الرملية كالآتي:

$$Qu = \alpha_f . Nq . A_b . \sigma'_L + \sum_{z=0}^{z=L} K . C_f . \sigma'_z . \frac{\sin(\delta + \omega)}{\cos \omega} \quad \text{----- (2)}$$

حيث أن:

$\alpha_f$  = معامل لا بعدي لعلاقة عمق الركيزة و عرضها .

$Nq$  = معامل قابلية تحمل الركيزة .

$A_b$  = مساحة مقطع قاعدة الركيزة .

$\sigma'_L$  = الإجهاد المؤثر عند قاعدة الركيزة .

$K$  = معامل ضغط التراب الجانبي على عمق  $z$  .

$C_f$  = معامل لتصحيح قيم  $K$  عندما تكون  $\phi \neq \delta$  .

$\phi'$  = زاوية الاحتكاك الداخلي المؤثرة للتربة .

$\delta$  = زاوية الاحتكاك بين التربة و الركيزة .

$\omega$  = زاوية ميلان الركيزة (Taper) عن الشاقول .

$\sigma'_z$  = ضغط التثقيب المؤثر عند مركز الزيادة في الطول  $\Delta L$  ،  $0 < z < L$  .

$C_z$  = محيط الركيزة عند العمق  $z$  .

ويلاحظ أن الحد الأول من المعادلة (٢) يستعمل لحساب تحمل قاعدة الركيزة، أما الحد الثاني فيستعمل لحساب تحمل الاحتكاك السطحي. و لما كانت الركيزة تستند على تربة رملية فيحسب تحمل قاعدتها من الحد الأول للمعادلة، أما الاحتكاك السطحي فلا يمكن حسابه من هذه المعادلة نظرا لكون الركيزة تخترق طبقات طينية. و يمكن أن يحسب الاحتكاك السطحي في الترب الطينية باستخدام طريقة  $\alpha$  (Alpha method) بموجب المعادلة التالية:

$$Q_s = \alpha_a \cdot Cu \cdot A_s \quad \text{-----} (3)$$

حيث أن:

$\alpha_a$  = معامل التلاصق.

$Cu$  = مقاومة القص غير المبزولة.

$A_s$  = مساحة السطحية للركيزة.

و لحالة الركيزة المقترحة:

$$L / B = 22 / 0.285 = 77.2$$

من الشكل (٢-٥) والجدول (٢-١). نجد  $\alpha_a$  تساوي ٠.٠٧.

من الشكل (٢-٩) نجد أن  $Nq$  تساوي ٩٠.

$$A_b = 0.285 \times 0.285 = 0.0812 \text{ m}^2$$

$$\sigma_L' = 20.6 \times 1.75 + (20.6 - 10) \times 0.25 + (18.8 - 10) \times 7 + (19 - 10) \times 10 + (18.7 - 10) \times 3 \\ = 216.4 \text{ kN/m}^2$$

وعليه يمكن حساب  $Q_b$  كالآتي:

$$Q_b = 0.7 \times 90 \times 0.0812 \times 216.4 = 1107.0 \text{ kN}$$

ويمكن حساب  $Q_s$  كالآتي:

بأخذ معدل قيم  $Cu$  على طول الركيزة حوالي  $15 \text{ kN/m}^2$  و  $\alpha_a$  تساوي تقريبا ١.٠:

$$Q_s = 1.0 \times 15 \times (4 \times 0.285) = 17.1 \text{ kN}$$

وهو مقدار صغير غير مؤثر.

وعليه تكون قابلية تحمل الركيزة القصوى:

$$Q_u = 1107.0 + 17.1 = 1124 \text{ kN}$$

وبأخذ معامل أمان مقداره (٣) تكون قابلية التحمل المسموح بها للركيزة:

$$Q_{all} = 1124 / 3 = 374.7 \text{ kN}$$

$$\approx 37.5 \text{ ton}$$

#### ب- طريقة NAVFAC DM 7.2 :

بموجب هذه الطريقة تحسب قابلية تحمل الركيزة في الترب الرملية من تحمل قاعدة الركيزة كالآتي:

$$Q_b = \sigma'_L \cdot N_q \cdot A_b \quad \text{----- (4)}$$

وتؤخذ قيم  $N_q$  من الجدول رقم (٩-٤).

جدول رقم (٩-٤): قيم معامل قابلية تحمل التربة  $N_q$  بدلالة زاوية الاحتكاك الداخلي  $\phi$ .

$\phi$	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$N_q$ (for driven piles)	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
$N_q$ (for bored piles)	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

(Source: NAVFAC DM 7.2)

وعليه يمكن حساب  $Q_b$  كالآتي:

$$Q_u = Q_b = 216.4 \times 77 \times 0.0182 = 1353.0 \text{ kN}$$

وبأخذ معامل أمان مقداره (٣) تكون قابلية التحمل المسموح بها للركيزة:

$$Q_{all} = 1353 / 3 = 451.0 \text{ kN}$$

$$= 45.1 \text{ ton}$$

وعليه يمكن اعتماد قابلية التحمل المسموح بها للركيزة لا تقل عن (٣٥) طن.



٢- من الفحوص الحقلية:

و بالتحديد من خلال قيم فحص الاختراق القياسي (N):

أ- طريقة Meyerhoh:

يمكن حساب قيم تحمل قاعدة الركيزة باستعمال المعادلة التالية:

$$Q_b = 0.8 N \times L/B < 8 N \text{ ----- (5)}$$

حيث أن  $Q_b$  بوحدات Ksf

وبأخذ متوسط قراءات فحص الاختراق القياسي (N) عند قاعدة الركيزة مساوية إلى (٥٠)، عليه تكون:

$$Q_b = 0.8 \times 50 \times 22/0.285 = 3087.7 \text{ Ksf}$$

$$8 N = 8 \times 50 = 400 \text{ Ksf}$$

$$= 19152 \text{ kN/m}^2.$$

$$Q_b = 19152 \times (0.285 \times 0.285)$$

$$= 1555.6 \text{ kN}$$

$$= 155.5 \text{ ton}$$

ونظرا لعدم دقة قياسات فحص الاختراق القياسي يؤخذ معامل أمان مقداره (٤)، فتصبح قابلية التحمل المسموح بها:

$$Q_{all} = 1555.6 / 4 = 388.9 \text{ kN}$$

$$= 38.9 \text{ ton}$$

ب- طريقة (Martin et al. (1987):

يمكن حساب ضغط التحمل لقاعدة الركيزة باستعمال المعادلة التالية:

$$q = C \cdot N \text{ (MN/m}^2\text{)} \quad \text{----- (6)}$$

$$C = 0.45 \text{ (for pure sand)}$$

$$C = 0.35 \text{ (for silty sand)}$$

$$q = 0.35 \times 50 \times 1000 = 17500 \text{ kN}$$

$$Q_b = 17500 \times 0.285 \times 0.285 = 1421 \text{ kN/m}^2$$

فتصبح قابلية التحمل المسموح بها:

$$Q_{all} = 1421 / \epsilon = 355 \text{ kN}$$

$$= 35.5 \text{ ton}$$

وبذلك وجد إن استخدام ركائز دق خرسانية مسبقة الصب (Driven Precast Concrete Piles) بأبعاد (0.285 x 0.285) متر و بطول (٢٢) متر سيحقق قابلية تحمل مسموح بها لا تقل عن (٣٥) طن.

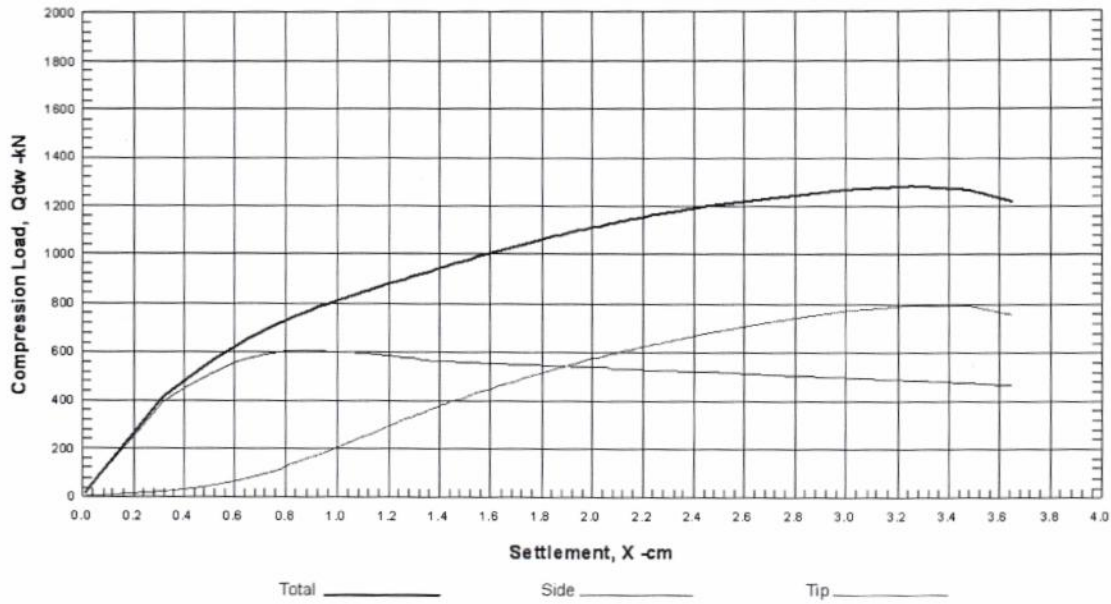
أما خواص التربة التي تم استخدامها في البرنامج ( All Pile ) موضحة في الجدول التالي:

جدول (١٠-٤) بيانات البرنامج المدخلة لخواص التربة

نوع التربة		الكثافة (كيلونيوتن/م <sup>٣</sup> )	العمق (م)
Stiff Clay	15	20.6	0.00
Stiff Clay	15	20.6	1.75
Stiff Clay	15	18.8	2
Soft Clay	15	19	9
Dense Sand	0.00	18.7	19

ويبين الشكل (٤-٦) علاقة الحمل \_ الهبوط التي تم الحصول عليها من البرنامج ( All Pile ) :

Vertical Load vs. Settlement



شكل (٤-٦) علاقة الحمل والهبوط للركيزة من البرنامج

حيث ان :

Total Ultimate Capacity = 1281.72-kN

Total Allowable Capacity = 540.00-kN



الفصل الخامس

الاستنتاجات

والنتائج

## الفصل الخامس

### الاستنتاجات والتوصيات

#### الاستنتاجات

في هذا المشروع تم التوصل الى الاستنتاجات التالية :

- ١- برنامج ( All Pile ) له القابلية على تخمين قابلية تحمل الركائز بأنواعها المختلفة حيث تم تمثيل ثلاثة ركائز الاولى ركيزة حفر ذات قطر كبير والثانية وركيزة دق خرسانية مسبقة الصب والثالثة ركيزة دق خرسانية مسبقة الصب ايضا" وقد تم التوصل لقيم قابلية تحمل الركائز مقارنة لنتائج فحوص التحميل الموقعية .
- ٢- ان برنامج ( All Pile ) له القابلية على تخمين علاقة الحمل - الهبوط استنادا الى خواص التربة التقليدية وبالتالي بالامكان الاستفادة من البرنامج في توقع علاقة الحمل - الهبوط وبالتالي تخمين قابلية تحمل الركيزة قبل اجراء فحص التحميل الموقعي عليها .
- ٣- تمت دراسة معايير مختلفة مستخدمة في تقييم قابلية تحمل الركائز مستنبطة من علاقة الحمل - الهبوط واجريت مقارنة بين قيم قابلية التحمل المحسوبة باستخدام هذه المعايير .

#### التوصيات

- ١- بناءا" على النتائج المشجعة التي حصلنا عليها من برنامج ( All Pile ) نوصي بتطبيقه في المجالات العملية لغرض تخمين قابلية التحمل للركائز .
- ٢- اجراء مقارنات اوسع مع نتائج فحوص تحميل موقعية لركائز مختلفة الاطوال والاقطار ومختلفة في طرق التنفيذ ( ركائز دق وركائز حفر ) .
- ٣- الاستفادة من قابلية البرنامج على تخمين تحمل الركائز المعرضة لاحمال دورية ودراسة التغير الحاصل بقابلية التحمل تحت تأثير دورات تحميل مختلفة .
- ٤- اجراء مقارنة مع فحوص تحميل مختبرية وحقلي لركائز محملة جانبيا" وكذلك مجاميع الركائز للتحقق من امكانيات البرنامج في هذه التطبيقات .

1. Tomlinson, M. J., (1994), (Pile Design and Construction Practice), Fourth edition, E & FN Spon Publishing Company, 587 p.
2. Poulos, H.G. and Davis, E.H., (1980), (Pile Foundation Analysis and Design), John Wiley & Sons, New York, 397 p.
3. Hansen, J. B., (1963), (Discussion on Hyperbolic Stress-Strain Response - Cohesive Soils), American Society of Civil Engineers, ASCE, Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 89, SM4, pp. 241 - 242.
4. د. يوسف جواد الشكرجي - د. نوري المحمدي - ١٩٨٥ - هندسة الاسس - الطبعة الاولى - جامعة بغداد .
5. تقرير غير منشور - تقرير فحص ركيزة في منطقة الاهوار - ٢٠٠٩ - شركة الاركان الهندسية .
6. د. محمد يوسف - أ. مكي كامل محسن - ٢٠٠٩ - مقارنة بين معايير مختلفة في تقييم قابلية تحمل ركيزة حفر في مدينة بغداد .