

.

/ /

:

(Saturated Clay)
 (Contact with Ground)
) (Pile Raft)
 .(Pile Group) (

Very) (Shear Strength)) ((Soft Clay
) ((Stiff Clay)

(Load-Settlement Curve) -
 (Plaxis Finite Element Program)
 (L/B= 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0 and 3.0)
 .($S_u=20,30,57.5,112.5$ and 150 kPa)

(L/B=2.0) (L/B=0.25) (B) (L)
 (Pile Raft) (Pile group) -
 (Pile Raft) (Pile Raft)
 (L/B=3.0) (Pile Group)
 (L/B=3.0) (L/B=0.25)
 (Pile Group) (Pile Raft)
 .($S_u=150$ kPa)

(Pile Raft) (Pile Cap) :
 (Plaxis)

Estimation of the contributions of pile group cap into saturated clay soil

Dr. Laith Jawad Aziz

Civil Dep./Engineering college/Kufa University

ABSTRACT:

Due to the importance of the hydraulic structures, sub-surface storage and the building on the problematic soil in Iraq, this work presents the methods for choosing the suitable footing (the behavior of a pile cap embedded into saturated cohesive soil), in other words, the comparison between pile cap when it contact with ground surface (pile cap as a raft footing) and it not contact with ground surface (the resistance of the pile cap is negligible in calculation) such as pile group. The comparisons between two type footings are performed when the soil is very soft (low shear strength) and also when the soil is stiff (high strength).

The stability of two types of footing is analyzed in terms vertical load and the generated displacement by using Plaxis program. The computer program uses a finite element technique to solve the three dimensional problems of variations in the ratio between pile length and cap width ($L/B= 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0$ and 3.0) and to simulate the effects of the different types of cohesive soil which has shear strength equal to ($S_u=20,30,57.5,112.5$ and 150 kPa).

The analysis of the results of the very soft clay soil indicates when the model tests at ratios from ($L/B=0.25$) to ($L/B=2.0$), the load – displacement curve for pile group footing is steeper than the curve of the pile raft, this leads to high value of the resistance of the soil for pile group. In other words, the case of pile raft into very soft clay is more dangerous than the pile group. For model tests with ($L/B= 3.0$), the curves for pile group and pile raft footing are coincided with themselves at any load. The stability of pile raft in soil with ratios from ($L/B=0.25$) to ($L/B=3.0$) is high than for pile group embedded into very stiff clay soil.

١ - المقدمة:

الركائز عبارة عن أعضاء إنشائية ذات مقاطع دائرية أو مستطيلة تعمل على نقل الحمل من طبقات التربة السطحية الضعيفة إلى طبقات التربة البعيدة عن سطح الأرض والتي تمتاز بكونها قوية، وهي إما أن تكون مصنوعة من الخرسانة (Concrete) أو الحديد (Steel) أو الخشب (Timber)، وفي معظم الحالات الركائز تكون مستخدمة على شكل مجاميع (Groups) تربط مع بعضها البعض بقبعة (Cap)^(١)، قبعة الركائز (Pile Cap) يمكن أن تكون بتماس مع سطح التربة (Contact with Ground) وتلك القبعة أما تكون تحمل جزء من حمل المنشأ وفي هذه الحالة القبعة تعمل كأساس حصيري (raft foundation) وكما بالشكل (1a) أو أن القبعة تهمل في الحسابات وتعتبر أنها لا تحمل أي جزء من الحمل المسلط وفي هذه الحالة نلاحظ أن أطوال الركائز (L_2) يكون أكبر من أطوال الركائز في الحالة الأولى (L_1) وان هذا النوع من الأسس يسمى بـ (Pile Group) والمشاهد بالشكل (1b) والسبب في إهمال تحمل القبعة هو كون التربة السطحية ضعيفة أو قابلة للانجراف والتآكل وكما في الخزانات الأرضية خلال فترة تشغيلها وكما ملاحظ بالشكل (1c)، بمعنى آخر الخزانات الأرضية يتم تنفيذها كشكل خارجي كأساس من نوع (Pile raft) ولكن بالحقيقة ونتيجة لكون أن المنشأ مائي فان تأثير القبعة لا يتم إدخاله بالحسابات والأساس يكون من نوع (Pile Group)^(١).

في بعض الأحيان، السبب في إهمال تحمل القبعة كون التربة الواقعة أسفل الأساس تكون ذات مشاكل (Problematic soil) (تربة جبسية أو تربة انتفاخية) ويمكن أن نشاهد هذه الحالة في الشكل (1d)، فالتراب الانتفاخية ستسلط ضغط انتفاخي عالي على الأساس يؤدي إلى تكسره أما التراب الجبسية فتمتاز بخاصية الانهيارية (التربة تفقد مقاومتها عند التبليل)، ومن أجل أن نحمي المنشأ من تلك التراب وكذلك نحويه من تسرب الماء العالي فأننا نقوم برفع قبعة الركائز وكما في المنشآت المائية وأرصفت السفن والموضحة بالشكل (1e)^(١).

٢ - الهدف من البحث:

هدف الدراسة تتلخص في المقارنة بين نوع الأساس (Pile raft) والنوع الآخر من الأسس (Pile Group) و تتم عندما تكون نسبة طول ركيزة إلى عرض قبة ركائز (L/B) ثابتة ولعدة أنواع من الترب الطينية المشبعة (Saturated Clay) وتلك الأنواع من الترب تتراوح من تربة ذات مقاومة قصية (Very Soft Clay) واطنة كالطين الرخو جداً (Very Stiff Clay) وتلك المقارنة تكون بإيجاد منحنى الحمل - النزول (Load-Settlement curve) وبالتالي إيجاد مقدار ما تتحمل قبة الركائز (Pile Cap) عندما تكون تلك القبة تتحمل جزء من الحمل المسلط على المنشأ (Pile raft) وعندما تكون تلك القبة مهمة في الحسابات (pile group) بمعنى آخر معرفة نوع الأساس الأفضل في حالة كون التربة ضعيفة (المنشآت المائية أو الخزانات الأرضية أو الترب ذات المشاكل) وكذلك في حالة كون التربة قوية عندما تكون نسبة (L/B) ثابتة.

الأشكال (1a) و (1b) توضح أن أطوال الركائز في أسس (Pile Group) (L₂) (إهمال قابلية تحمل الأساس الضحل) تكون أكبر من أطوال الركائز في حالة (Pile Raft) (L₁) (إذا تم اعتبار أن قبة الركائز هي أساس حصيري)، لذلك البحث يقترح الأخذ بنظر الاعتبار العلاقة بين طول الركيزة و موقع خط الإجهاد (Bulb of Stress)، فعند ركائز طويلة (L/B) كبيرة فإن خط الإجهاد يتقاطع مع الركائز أي ان الركائز ستقاوم ذلك الإجهاد الذي يحصل داخل التربة و كما ملاحظ بالشكل (2a) و عند ركائز قصيرة (عند الأخذ بنظر الاعتبار تحمل القبة) فإن خط الإجهاد (Bulb of Stress) سيقع أسفل مجموعة الركائز وهذا يعني أن وجود أو عدم وجود الركائز سيكون على حد سواء و أن الفشل يكون بشكل إسفين متآلف من الركائز و القبة و كما بالشكل (2b)^(١٢).

٣- البحوث السابقة:

عدد من الباحثين حول العالم قاموا بدراسة الأبنية المنشأة على أسس الركائز الحصىرية (piled raft) و كالاتي:

- ١- بعض الباحثين قاموا بدراسة الأبنية على الطين القاسي (Stiff clay): ومنهم كوك (Cooke, 1986) و يامشته (Yamashita.et.al., 1993) و فرانك (Franke, 1991) و كاتزنباك (Katzenback, 1997).
 - ٢- احد الباحثين قام بدراسة الابنية على الطين الرخو (Soft Clay): وهو جندباي (Jendeby, 1986).
 - ٣- أما الباحث ماندولانيت (Manadolinietal, 1997) درس الأبنية المقامة على الترب الإنهيارية (Pyroclastic Soils).
 - ٤- أما ركائز الحفر (Bored Pile) في ترب رملية (Sandy Silt) فقد درست من قبل لاين (Line, 1989) ، وكركي (Garg, 1979).
 - ٥- ركائز الدق في الترب العضوية الرخوة (Soft Organic Soil) فقد درست من قبل لاين (Line, 1994).
 - ٦- بالنسبة لركائز دق في الغرين (Silt) فقد استعرضها كوندراجوف (Kondrachov, 1971).
- أما الباحث كومبرينه (Combarieneny, 1982) قام بمراقبة أسس جسر (Bridge) منشأ من الكونكريت مسبق الصب (Prestress concrete) ويقع بالقرب من مدينة رونم (Ronem) في فرنسا والذي يقطع الطريق الوطني رقم ١٣٨ (National Road, RN138). الجسر تالف من ثلاث فضاءات (Three Spans) عرض كل فضاء 13.5m، أما أطوال الفضاءات فكانت (24.5m، 28m، 24.5m) وكما موضح في الشكل رقم (٣) أدناه^(١).

أهم الاستنتاجات يمكن ملاحظتها من الشكل (٣) الذي يوضح أن الأحمال الدائمة (Dead loads) على الدعامات الوسطية (Centrals Piles) المرقمة A₂، A₃ كانت (10.1 MN)، أما أحمال التصميم الخدمية (Live loads) كانت (13.92 MN). أما بالنسبة لمقطع التربة (Soil Profile) المحصورة من عمق (2m) إلى (10m) كانت تتألف من عدة طبقات غرينية (Silt) وتمتلك مقاومة مقدارها (Pi=0.5MPa) وهذه المقاومة تم إيجادها باستعمال فحص حقلي هو (Pressure Meter PMT Test)، أسفل طبقة الغرين تقع طبقة من الطين الأحمر (Red Clay Layer) وعند عمق يتراوح بين (2m-5m) أما أسفل منها فتوجد تربة طباشيرية (Chalk Soil Layer) تقع ضمن عمق من (5m-10m) أما مقاومة الطبقتين الأخيرتين يتراوح بين (0.6Mpa) إلى (2.0Mpa)، أما الطبقة التي تقع أسفل التربة الطباشيرية فهي قوية جداً تكون مقاومتها (Pi>3.0Mpa).

ونتيجة لكون التربة القريبة من السطح تكون ضعيفة (Weak Soil) وتمتلك مقاومة قليلة لذلك تم استعمال الركائز لنقل أحمال الجسر إلى الطبقات القوية عن طريق الدعامات الوسطية (A_2) و (A_3) في الشكل (٣)، الشكل السابق وضح استعمال ثمانية ركائز حفر (Bored Piles) (2×4) وبقطر (800mm) بعد ذلك تم صب أساس كونكريت (Concrete Footing) يربط الركائز مع بعضها البعض، وان هذا الأساس الكونكريتي كان بأبعاد (8.8m, 4.0m \times 1.1m)، وفي هذا التصميم تم تقرير أن الدعامات (A_2) سيتم تصميمها بإهمال مقاومة الأساس الكونكريتي ليكون نوع الأساس (Pile Group) على الرغم إن الأساس يمس سطح التربة لذلك أصبحت الركائز طويلة ($L=14m$)، بعد ذلك تم مراقبة الهبوط حقلياً لهذه الدعامات ووجد أن مقدار الهبوط (4mm) أما بالنسبة للدعامات (A_3) تم تصميمها بالأخذ بنظر الاعتبار الأساس الكونكريتي الضحل ليصبح نوع الأساس (Pile raft) لذلك أصبحت الركائز بطول اقل من الركائز السابقة ($L=8m$) ومن المراقبة الحقلية للهبوط وجد بان الهبوط لهذه الحالة يكون مساوياً إلى (7mm) أي أكبر بشكل تقريبي ضعف قيمة الهبوط لحالة (Pile group) ويرجح ذلك إلى كون أن خط الإجهاد (Bulb of Stress) لم يتقاطع مع الركائز القصيرة بل وقع أسفل منها، إضافة إلى كون أن الأساس الحصري الضحل سبب هبوط عالي نتيجة كون التربة الواقعة أسفل منه ضعيفة .

٤- خواص التربة الطينية:

خواص التربة الطينية تتغير مع المحتوى المائي وهناك طرق حقلية بسيطة للتعرف عليها، فمثلاً بعض الأطيان تجري كالمسائل مثل الطين الرخو جداً (Very Soft Clay) والبعض الآخر عند اخذ جزء منه بقبضة اليد فإنه يترشح بين الأصابع وهو الطين الرخو (Soft Clay) والبعض الآخر يتشكل بسهولة عند تسليط ضغط قليل عليه بالأصابع مثل الطين المتوسط القوة (Firm Clay) والبعض الآخر يتشكل بصعوبة وبالضغط عليه بقوة مثل الطين الصلب (Hard Clay) وأما النوع الأخير الذي لا يمكن تشكيله ابداً وهو الطين القاسي (Stiff Clay) (١).

ومما سبق يمكن تقسيم التربة الطينية إلى خمسة أقسام واعتماداً على المعلومات والنتائج السابقة الموجودة في المصادر المستخدمة بالبحث وجد بان هنالك بعض الخواص مشتركة أو متساوية بالقيمة للأطيان المذكورة سلفاً مثل زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ($\phi_u = 0$) وقيمة نسبه بواسون للأطيان المشبعة ($\nu = 0.5$) وقيمة الوزن النوعي ($G_s=2.7$) وتوجد بعض الخواص تكون متغيرة مثل مقاومة القص غير المبزولة للتربة (S_u) ونسبة الفراغات (e_0) ومعامل يونك للمرونة (E) أما الكثافة الكلية فتم إيجادها من قوانين الخواص الفيزيائية للتربة (γ) وكما بالجدول (١).

٥- الحالة الدراسية (Case Study):

من اجل توضيح تأثير قبعة الركائز، تم اقتراح حالة دراسية (Case Study) موضحة بالشكل (٤a) و بفرض أن الركائز مربعة وبأبعاد (0.6m \times 0.6m) وتملك قبعة بأبعاد (5.4m \times 5.4m) على اعتبار أن المسافة بين الركائز هي ($S=2d$) (١)، قبعة الركائز فرضت بان لها سمك مساوي إلى ($t=0.6 m$)، تلك القبعة أما أن تمس سطح تربة طينية مشبعة و يكون نوع الأساس (Pile raft) (الشكل (4b)) أو أن القبعة غير مستندة على التربة و هذا النوع هو (Pile group) كما بالشكل (٤c).

ثلاثة عشر موديل انجزت عندما تكون التربة الطينية رخوة جداً (Very Soft Clay, $S_u=20 kPa$)، سبعة لحالة (Pile Raft) إضافة إلى حالة عدم وجود ركائز و كما بالجدول (٢)، وستة أخرى لحالة (Pile Group) و جميع تلك الموديلات اعتمدت على نسبة (L/B)، تلك الموديلات أعيدت لحالة الطين الرخو (Soft Clay, $S_u=30kPa$) و لحالة الطين متوسط القوة (Firm Clay, $S_u=57.5 kPa$) و لحالة الطين الصلب (Hard Clay, $S_u=112.5 kPa$) و لحالة الطين الصلب أو القاسي (Stiff Clay, $S_u=150 kPa$).

٦- البرنامج المستعمل:

في هذه الدراسة، محاكاة عددية انجزت باستخدام برنامج العناصر المحدد بلاكسز (Plaxis Finite Element Program) و الذي يوفر مرونة واضحة لتحليل الموديلات بشكل ثلاثي الأبعاد و

بصورة غير خطية. البرنامج له إمكانية التحليل للتربة و الصخور من ناحية التشوه و الاستقرارية للمنشآت الهندسية. عدة نظريات فشل يتعامل معها البرنامج منها (Hardening Model) و (Cam-Clay Type) و لكن النظرية الأكثر شيوعاً هي (Mohr–Coulomb Model) و (the Soft Soil Model) ، و لكن نظرية الفشل المستخدمة بالبحث الحالي هي نظرية مور- كولومب (Mohr – Coulomb Criterion)⁽⁹⁾. البرنامج المستخدم له القابلية على حساب الانفعالات و الاجهادات و تحديد شكل الفشل للتربة بصورة اتوماتيكية (Automatic Mesh Generation). وكذلك البرنامج يمكن ان يولد العناصر المحددة و إدخال المعلومات إلى البرنامج يبدأ باختيار وحدات الطول و القوة و الزمن و كذلك اختيار أبعاد التربة حول مجموعة الركائز (Soil Domain) و لجميع الموديلات كانت أبعاد المسألة بمقدار أربعة مرات من عرض القبعة و باتجاه (X) و (Z)، بمعنى آخر بمقدار (20 m)، إضافة إلى ذلك تم اختيار مقدار المسافة بين (Grid) و الذي من خلاله نستطيع رسم المسألة بدقة (ركائز و قبعة الركائز) و كما بالشكل (5). أما عمق التربة أسفل قبعة الركائز فكان (20 m) أيضاً و تم إدخال خصائص التربة (كثافة التربة، معامل المرونة، نسبة بواسون، مقاومة القص غير المبزولة) من خلال اختيار الإيعاز حفرة اختبارية (Bore Hole) و كما موضح بالشكل (5b). نوع و قيمة الحمل يتم إدخاله أيضاً و بعد ذلك نضغط على إيعاز لعمل المشبك اتوماتيكياً (Mesh Generation) و من ثم نبدأ بتنفيذ البرنامج بالضغط على الإيعاز (Calculation) من اجل تحليل المسألة.

٧- التحقق من البرنامج (Verification of Program):

عملية التحقق من البرنامج المستعمل في البحث (بلاكسز) انجزت من خلال فحص موديل عملي متكون من ركيزة حديدية واحدة ذات مقطع مربع (10 mm x 10 mm) مع أساس ضحل حديدي بإبعاد (100 mm x 100 mm x 10 mm) و وضع على سطح التربة من اجل تمثيل حالة أساس (Pile Raft). التربة الطينية المشبعة وضعت بداخل الحاوية و بكثافة و بمقاومة قص مناظرة إلى التربة الطينية الرخوة جدا (Very Soft Clay). الحاوية كانت بأبعاد (350 mm x 200 mm x 300 mm)، عملية وضع التربة تمت بمزج التربة الطينية الجافة مع كمية محتوى مائي قليلة ثم قمنا باختبار التربة من حيث التغيير في القوام بمعنى اخر هل أن التربة أصبحت تتشكل باليد بصعوبة أو بسهولة و سنستمر بعملية إضافة الماء إلى أن تصبح التربة تترشح بين أصابع اليد عند اخذ قبضة منها (التربة تصبح تجري كالمائل)⁽¹¹⁾ ، بعد ذلك نقوم بعملية حذنها بداخل الحاوية و بكثافة مقدارها ($\gamma=16.76 \text{ kN/m}^3$) و من ثم نقوم بإجراء عملية لصق الركيزة بالأساس الضحل و باستعمال ماكينة اللحيم. نظام الركيزة و الأساس يتم إدخاله بداخل التربة إلى عمق (150 mm) و باستعمال جك يدوي و بمعدل (1 mm/sec) و كما بالشكل (6a).

بعد الانتهاء من إعداد نموذج التربة مع الركائز نقوم بتغطيته بكيس من البلاستيك ثم نتركه لمدة أربع و عشرين ساعة من اجل أن تتخمر التربة⁽⁹⁾، بعد ذلك نقوم بتثبيت مقياس للتشوه (Dial Gauge) من اجل قياس التشوه العمودي الذي يحصل أسفل الأساس و كما مشاهد في الشكل (6b). عملية التحميل انجزت باستعمال أوزان ساكنة (Static Load) و بصورة تدريجية و كما موضح بالشكل (6c). الموديل العملي الذي تم انجازه قمنا بإعادته و لكن باستعمال برنامج بلاكسز. المنحني الناتج من الفحص العملي (منحني الحمل – الإزاحة)، قورن مع المنحني الناتج من برنامج بلاكسز و قد وجد بان هناك توافق بين المنحنيين خصوصاً في بداية التحميل و كما بالشكل (6d).

٨- حساب قابلية تحمل التربة:

من اجل إيجاد تصرف اسس الركائز (منحني الحمل – الإزاحة) و جب علينا أولاً إيجاد قيمة أقصى حمل يمكن أن نسلطها على تلك الأسس و يتم ذلك من خلال حساب قابلية تحمل التربة لكل حالة مستخدمة بالبحث و بالتالي تخمين الحمل الأقصى.

توجد طريقة تصميم مقترحة في هذا البحث لحالة أساس حصيري مع وجود ركائز، هذه الطريقة هي طريقة بسيطة اعتمدت على الفحوصات السابقة لموديلات مختبرية حقلية (Pile Raft) أنجزت من قبل (Combarien, 1979, 1988) وهذه الطريقة تكون مطبقة فقط عندما يكون الحمل عمودي و واقع في مركز الأساس وكذلك عندما يكون الأساس جاسي (Rigid Footing) و عندما تكون الركائز بنفس النوع وكذلك

عندما الركائز في المجموعة لا تعتمد على موقعها بل تحمل نفس الحمل المسلط عليها. وقد أوصى هذا الباحث بان هذه الطريقة يمكن أن تطبق على حالة موجودة بالواقع⁽¹⁾.
 عند وجود أساس حصيري (Raft Footing) مع وجود عدد من الركائز (n) فان قابلية تحمل مجموعة الركائز مع الأساس (Pile Raft) الحاصل ستكون مساوية ($Q_{u,pr}$) و كما في المعادلة (1)⁽¹⁾.

$$Q_{u,pr} = Q_{u,r} + n \cdot \mu \cdot Q_{u,ps} + n Q_{u,pb} \quad (1)$$

: $Q_{u,r}$

$$. (d \times d) \quad (B \times B)$$

() (Pile Shaft) : $Q_{u,ps}$

(Pile Ultimate Shaft Friction)

: $Q_{u,pb}$ قابلية التحمل لقاعدة الركيزة (Pile Ultimate Point Resistance).

μ : عبارة عن ثابت له علاقة بتأثير الأساس الحصيري على قابلية احتكاك الركيزة بالترربة (Pile Skin Friction) و يتم إيجاده عملياً بفرض عدم وجود احتكاك للركيزة (No Shaft Friction) متجه إلى الأسفل في منطقة مساوية إلى نصف عرض الأساس (عمق $B = 1/2$) وإذا كان طول الركيزة (Pile Length, L) يتجاوز عرض الأساس (B) ($L > B$) سنفرض أن قابلية تحمل قاعدة الركيزة ($Q_{u,pb}$) ستكون جداً قليلة ولا تؤثر على قيمة قابلية التحمل الكلية.

أما لحالة أساس من نوع مجموعة ركائز ذات قبة لا تمس سطح التربة (Pile Group)، فسنقوم بحساب قابلية تحمل ركيزة واحدة ونضربها في عدد الركائز⁽⁹⁾. من النتائج المستخرجة لقابلية تحمل التربة وجد أن أقصى قيمة لها كان عند حالة (Pile Raft) و أطول ركيزة مقداره ($L/B=3.0$) و كان قيمته مساوية إلى (70 000 kN) لذا سيتم تحميل مجموعة الركائز لكلا النوعين (Pile Raft) و (Pile Group) بصورة تدريجية إلى أن نصل أقصى قيمة للحمل المسلط على مجموعة الركائز (إيجاد منحنى الحمل-النزول) (Load – Displacement Curve).

٩ - مناقشة النتائج:

تم اخذ خمسة أنواع للتربة الطينية المشبعة لها قيم (S_u) مختلفة تتراوح من ($S_u=20,30,57.5,112.5$ and 150 kPa) وعند نسب طول ركيزة إلى عرض قبة متغيرة تبدأ من قيمة ($L/B=0$) في حالة الأساس من نوع (Pile Raft)، أما في حالة الأساس من نوع (Pile Group) فإنها تبدأ من قيمة ($L/B=0.25$) وكلا النوعين ينتهيان بقيمة ($L/B=3.0$).

الشكل (7a) يوضح العلاقة بين قيمة الحمل المسلط (Footing Load) مع كمية الهبوط أو النزول (Settlement) الحاصل أسفل مركز أساس من نوع (Pile Group) عند مقاومة قص غير ميزولة ($S_u=20$ kPa) وعند أطوال ركيزة مساوي إلى ($L/B=0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0$ and 3.0). أما علاقة الحمل المسلط بالنزول لحالة الطين الرخو جداً عند قيمة مقاومة القص غير ميزولة ($S_u=20$) لحالة الأساس من نوع (Pile Raft) فقد وضحت **بالشكل (7b)**، و كلا الشكلين يوضحان مع زيادة قيمة (L/B) يحدث نقصان بالهبوط لمجموعة تلك الركائز مع زيادة في قابلية تحمل مجموعة الركائز، إضافة إلى ذلك الأشكال السابقة توضح أن الحالة الأسوأ (النزول عالي جداً وقابلية التحمل قليلة) يمكن مشاهدتها عند ($L/B=0$) لحالة (Pile Raft) بينما حالة (Pile Group) فان الحالة ($L/B=0.25$) هي الأخطر. سلوك المنحنيات (الحمل – الإزاحة) لحالة الأنواع المتبقية من التربة الطينية ($S_u=30,57.5,112.5$ and 150 kPa) و لنوعي الأساس (Pile Group) و (Pile Raft) يكون مشابه تماماً إلى الحالة السابقة (الطين الرخو جداً).

المقارنة بين نوعي الأساس (Pile Group) و (Pile Raft) عند جميع أطوال الركيزة (L/B) يمكن مشاهدتها في **الشكل (8)** لحالة الطين الرخو جداً ($S_u=20$ kPa) (Very Soft Clay). الشكل السابق يوضح انه لكلا الأساسين نلاحظ مع زيادة الحمل المسلط (Applied Load) يزداد النزول و عند قيمة حمل ثابت، و يكون النزول في حالة (Pile Raft) أكثر منه في حالة (Pile Group) و مع زيادة قيمة (L/B) يبدأ هناك تقارب بين

منحني الحمل- الإزاحة لحالة (Pile Group) مع منحني (Pile Raft) إلى أن يحصل انطباق بين المنحنيين عند طول ركيزة ($L/B=3.0$) أي أن الأساس من نوع (Pile Raft) يبدأ بالتحسن مع زيادة طول الركيزة. السبب يرجع في ذلك إلى أن الأساس الحصييري في نوع (Pile Raft) جالس على تربة ضعيفة و ذلك يؤدي إلى حدوث نزول عالي اكبر من النزول الحاصل في أساس من نوع (Pile Group)، و الحالة أعلاه يمكن أن تحصل في المنشآت المائية فعند تصميم أساس من نوع (Pile Raft) على تربة ذات مقاومة عالية، أي أن الأساس الحصييري سيتحمل جزء من الحمل المسلط مما يؤدي إلى أن أطوال و أقطار الركائز تقل و لكن بعد تشغيل المنشأ المائي سيؤدي ذلك إلى أن التربة السطحية القوية تصبح ضعيفة و بالتالي فان قابلية تحمل الأساس الحصييري ستهمل و يصبح تصرفه كأساس من نوع (Pile Group) و لكن بركانز ذات أطوال و أقطار صغيرة. اعتماداً على النتائج المستخرجة في الشكل (٩)، وجد من المفضل من ناحية الاستقرار استعمال مجموعة ركائز بدون أساس حصييري أي أساس من نوع (Pile Group) عندما تكون التربة الطينية ذات مقاومة قليلة و خصوصاً عندما تكون تلك الركائز قصيرة النسبة (L/B) قليلة هذا من ناحية الأمان، أما من ناحية الاقتصادية نلاحظ أن الكلفة الاقتصادية لإنشاء أساس من نوع (Pile Group) اقل من إنشاء أساس حصييري مع ركائز (Pile Raft).

في الشكل (9) يتم ملاحظة المقارنة بين نوعي الأساس (Pile Group) و (Pile Raft) ولجميع الأطوال (L/B) عندما تكون التربة الطينية بحالة رخو ($S_u=30$ kPa) (Soft Clay). بصورة عامة أن أي زيادة في الحمل المسلط ترافقه زيادة في النزول. و الحالة ($L/B=0.25$) في الشكل (10a) نلاحظ أن نزول (Pile Raft) هو اكبر من نزول (Pile Group) عندما يكون الحمل المسلط ثابت.

كما يتم ملاحظة حدوث تقارب بين المنحني الخاص بحالة (Pile Group) مع المنحني الخاص بحالة (Pile Raft) عندما يكون طول الركيزة مساوي إلى ($L/B=0.5$) إلى أن يحدث انطباق بين المنحنيين في حالة ($L/B=0.75$)، و هنا نشاهد أن الانطباق بين المنحنيين حدث مبكراً ($L/B=0.75$) عندما تكون الركائز قصيرة لحالة الطين الرخو ($S_u=30$ kPa) بينما لحالة الطين الرخو جداً ($S_u=20$ kPa) فان الانطباق قد حدث متأخراً عندما تكون أطوال الركائز كبيرة ($L/B=3.0$). أما في حالة ($L/B=1.0$) يكون نزول الأساس (Pile Group) هو اقل من نزول (Pile Raft) عندما يكون الحمل المسلط صغير و لكن عند زيادة الحمل المسلط يكون النزول لأساس (Pile Raft) اقل من النزول (Pile Group) و بزيادة طول الركيزة إلى ($L/B=2.0$) و ($L/B=3.0$) يكون الأساس نوع (Pile Group) أفضل من الأساس نوع (Pile Raft) عند زيادة الحمل المسلط (قابلية التحمل اكبر و مقدار النزول أسفل الأساس واطيء). من الشكل (١٠) يمكن أن نستنتج انه لحالة ركائز قصيرة جداً ($L/B=0.25$) و ($L/B=0.5$) أو لحالة ركائز طويلة جداً ($L/B=2.0$) و ($L/B=3.0$)، فان الأساس من (Pile Raft) يكون اخطر من الأساس (Pile Group) من ناحية الاستقرار عند تكون قيمة الحمل المسلط ثابتة.

عند تربة طينية متوسطة القوة ذات مقاومة قص ($S_u=57.5$ kPa)، المقارنة بين نوعي أساس (Pile Raft) و (Pile Group) كانت موضحة بالشكل (١٠) ولجميع الأطوال (L/B). عندما تكون أطوال الركائز صغيرة ($L/B=0.25$) و ($L/B=0.5$) فان قيمة النزول للأساس الحصييري مع الركائز (Pile Raft) يكون اقل من النزول الحاصل أسفل أساس من نوع (Pile Group) في بداية التحميل و لكن مع زيادة الحمل إلى ($P=50$ kN) فان النزول لكلا الأساسين يتساوى تقريباً و كما موضح بالشكل (10 a) و (10 b)، و لكن بزيادة تسليط الحمل يظهر اختلاف بين المنحنيين من جديد و يكون تصرف الركائز معاكس و السبب في ذلك أن خط الإجهاد لحالة الأساس (Pile Raft) و عندما تكون الركائز قصيرة سيمر أسفل قعر الركيزة (Pile Tip) و خصوصاً عندما تكون الأحمال عالية و بالتالي يكون النزول لهذه الحالة اعلي من النزول لحالة أساس من نوع (Pile Group).

مع زيادة طول الركيزة إلى ($L/B \geq 0.75$) يكون أساس (Pile Raft) أفضل من (Pile Group) من ناحية الاستقرار (من ناحية الهبوط و قابلية التحمل) و ذلك قد حدث بسبب التحسن الحاصل في خصائص التربة الطينية (الكثافة، معامل المرونة، مقاومة القص) و كما بالأشكال من (10 c) إلى (10 f) و هذا التحسن في أساس (Pile Raft) لم يطرأ على حالة التربة الطينية الرخوة السابقة الذكر ($S_u=30$ kPa)، أي إننا لاحظنا أن الحالة الخاصة بالأساس (Pile Raft) لم تتحسن حتى بعد أن أصبح طول الركيزة اكبر بثلاثة أضعاف عرض قبعة الركائز.

عند تحسين خصائص التربة الطينية من ناحية الكثافة و معامل المرونة و مقاومة القص إلى أن تصبح مساوية إلى ($S_u = 112.5 \text{ kPa}$) (الطين الصلب) ، فإننا نلاحظ أن المقارنة بين نوعي الأساس (Pile Group) و (Pile Raft) تكون مشابهة إلى حالة التربة الطينية القاسية ($S_u = 150 \text{ kPa}$) و كما بالأشكال (11) و (12). وبعد المقارنة بين نوعي الأساسين كما في الأشكال السابقة وجد لأي طول ركيزة (L/B) أن الأساس من نوع (Pile Raft) أفضل من (Pile Group) أي أن نزول الأساس الأول هو اقل من نزول الأساس الثاني عندما تكون قيمة الحمل المسلط ثابتة ، بمعنى آخر أن الأساس الحصييري مع الركائز (Pile Raft) يكون أكثر أمان و استقرارية من أساس مجموعة الركائز (Pile Group) عندما تكون مقاومة القص غير المبزولة للتربة اكبر من ($S_u \geq 112.5 \text{ kPa}$) و السبب في ذلك يعود إلى أن مقاومة التربة أسفل الأساس الحصييري أصبحت عالية و بالتالي فان مقاومة الأساس (Pile Raft) تكون مساوية إلى مجموع مقاومة الأساس الحصييري زائداً مقاومة مجموعة الركائز.

الشكل (11a) الخاص بالحالة ($L/B=0.25$) و لتربة طينية صلبة يوضح أن النزول في (Pile Raft) هو اقل من النزول عند (Pile Group) ولكن مع زيادة الحمل المسلط إلى أكثر من ($P=60\ 000 \text{ kN}$) سيكون السلوك معاكس و لكن بزيادة طول الركيزة ($L/B \geq 0.5$) يرجع نزول (Pile Raft) و يصبح اقل من نزول (Pile Group) أي يكون الأساس (Pile Raft) هو الأفضل لأي قيمة حمل. عند طين قاسي ($S_u = 150 \text{ kPa}$) و عند نسبة طول ركيزة إلى عرض قبعة الركائز مساوي إلى ($L/B=1.0$) يكون الفرق في النزول بين الأساسين (Pile Raft) و (Pile Group) كبيراً و كما مشاهد **بالشكل (12d)** و من الشكل السابق، عند قيمة حمل مقدارها ($P=70\ 000 \text{ kN}$) نلاحظ أن قيم النزول المناظرة لذلك الحمل تكون مساوية إلى (75mm) عندما يكون الأساس من نوع (Pile Raft) بينما لأساس من نوع (Pile Group) كانت القيمة له (230mm) و مع زيادة النسبة (L/B) فان الفرق بين المنحنيين (الحمل – الإزاحة) سيقبل.

٩- الاستنتاجات:

١- زيادة طول الركيزة (L/B) يؤدي إلى تقليل النزول العمودي (Vertical Displacement) الحاصل في نظام الركائز من نوع (Pile Group System) و النوع (Pile Raft System) وذلك لكون أن منحنى الإجهاد (Bulb of Stress) سيتقاطع مع الركائز و كما في **الشكل (2)** وهذا السلوك يكون ثابت لجميع أنواع الترب الطينية المشبعة من حالة الطين الرخو جداً إلى حالة الطين الصلب جداً.

٢- عندما التربة الطينية تكون بحالة رخوة جداً (Very Soft Clay)، فإننا نلاحظ انطباق منحنى الحمل- الإزاحة لحالة ($L/B=0.5$) مع حالة ($L/B=0.75$) عندما يكون الأساس من نوع (Pile Group)، أما عند أساس من نوع (Pile Raft) فإننا نلاحظ تقارب كبير جداً بين الحالتين ($L/B=0.75$) و ($L/B=1.0$) و كما **بالشكل (7)**.

٣- وجود تقارب بنسبة (90 %) بين منحنى الحمل – الإزاحة المستخرج من برنامج بلاكسز مع المنحنى العملي.

٤- عندما تكون التربة الطينية المشبعة رخوة جداً (Very Soft Clay) وعند أطوال ركائز من ($L/B=0.25$) إلى ($L/B=2.0$) نلاحظ أن منحنى الحمل - الإزاحة لأساس من نوع (Pile Raft) يقع أسفل من المنحنى لأساس (Pile Group) بمعنى آخر أن حالة (Pile Raft) تكون اخطر من ناحية النزول من الأساس (Pile Group) و نلاحظ تساوي مقدار النزول عندما يكون طول الركيزة ($L/B=3.0$).

٥- عند حمل ثابت، النزول لأساس من نوع (Pile Raft) هو اكبر من نزول أساس من نوع (Pile Group) عندما تكون الركائز قصيرة ($L/B=0.25$) و ($L/B=0.5$) ويتساوى النزول تقريباً لكلا النوعين عندما يكون طول الركائز ($L/B=0.75$)، بينما عندما يتساوى طول الركائز مع عرض القبعة يكون نزول (Pile Group) اكبر من (Pile Raft) في البداية و لكن بزيادة الأحمال المسلطة يكون السلوك معاكس و كذلك بزيادة أطوال الركائز إلى ($L/B=3.0$) يكون أساس (Pile Group) هو أفضل من (Pile Raft) عندما تكون التربة طينية رخوة ($S_u=30\text{kPa}$).

٦- لحالة تربة طينية رخوة ($S_u=30 \text{ kPa}$) ، انطباق بين منحنى الحمل – النزول لأساس من نوع (Pile Group) مع المنحنى لأساس (Pile Raft) سيحدث عند طول ركيزة ($L/B=0.75$)، و أن هذا

الانطباق بين المنحنيين حدث عند أطوال ركائز قليلة بينما لحالة الطين الرخو جداً ($S_u=20$ kPa) فإن الانطباق سيحدث عندما يكون طول الركيزة ثلاثة أضعاف عرض قبعة الركائز ($L/B=3.0$).

٧- في حالة الطين المتوسط المقاومة ($S_u=57.5$ kPa) نشاهد أن منحنى (الحمل-الإزاحة) لأساس من نوع (Pile Group) يقع أسفل منحنى الحمل-الإزاحة لأساس من نوع (Pile Raft) عند أطوال ركيزة ($L/B=0.25$) و ($L/B=0.5$) ولكن يبدأ منحنى الحمل-الإزاحة للأساس (Pile Group) بالصعود فوق منحنى الحمل-الإزاحة الخاص بنوع الأساس (Pile Raft) بزيادة الأحمال المسلطة.

٨- عند طول ركيزة ($L/B \geq 0.75$)، فإن الأساس من نوع (Pile Raft) يكون أفضل من الأساس (Pile Group) من ناحية الاستقرار و ذلك عندما تكون التربة متوسطة القوة (Firm Clay)، و هذا التحسن في مقاومة الأساس (Pile Raft) لم يطرأ على حالة التربة الطينية الرخوة (Soft Clay) حتى بعد أن أصبح طول الركيزة أكبر بثلاثة أضعاف عرض قبعة الركائز.

٩- عندما تكون مقاومة القص غير المبزولة أكبر أو تساوي (112.5 kPa) (مقاومة عالية) و لجميع أطوال الركائز من حالة ($L/B=0.25$) إلى حالة ($L/B=3.0$) يكون النزول الحاصل أسفل الأساس من نوع (Pile Raft) أقل من نزول أساس من نوع (Pile Group)، لذلك لا يتم استعمال الأساس الحصييري مع الركائز إلا في حالة كون خصائص التربة الطينية المشبعة جيدة.

١٠ - التوصيات للعمل المستقبلي:

- ١- عدم تصميم الأساس كأساس حصيري مع ركائز (Pile Raft) في حالة كون تلك الأسس خاصة بالمنشآت المائية أو أن الترب الواقعة أسفل المنشأ تكون ذات المشاكل مثل الترب الانتقائية أو الترب الجبسية أو عندما تكون خصائص تلك الترب ضعيفة.
- ٢- عمل دراسة عملية (Experimental Study) لنفس الحالات المأخوذة بالبحث مع إدخال تأثير منسوب المياه الجوفية (Water Table Level) على سلوك الأساس من نوع (Pile Group) و (Pile Raft).
- ٣- استعمال نوع آخر من التربة وليكن التربة الرملية (Sandy Soil) وعند نسب كثافة (Relative Density, Dr) مختلفة.

١١ - المصادر:

- 1- Borel, S. and Olivier, F. (1998), " Some Observation on Piled Footing", 2 nd Int. PhD Symposium in Civil Engineering, Budapest, France.
- 2- Bowles, J. (1996), "Foundation Analysis and Design" , U.S.A
- 3- Comodromos, E.M. and Bareka, S.V. (2000), " Response prediction for axially loaded pile groups in clays using 3D nonlinear analysis", Department of Civil Engineering, University of Thessaly, Greece, Oaska conference.
- 4- Cui, K., De'fossez, P. and Richard, G. (2007), " A new approach for modelling vertical stress distribution at the soil/tyre interface to predict the compaction of cultivated soils by using the PLAXIS code", Science Direct Journal, STILL-2374, PP 1-11.
- 5- Das, B.M (2004), "Principles of Foundation Engineering", California state University, Sacramento , U.S.A
- 6- National High way Institute (1998),"Design and Construction of Driven Pile Foundations" ,workshop , Manual-Volume I and II , U.S. Department of Transportation.
- 7- Poulos , H.G. and Davis, E.H. (1986), "Pile Foundation Analysis and Design" , University of Sunday, USA.
- 8- Poulos, H.G. and Davis, E.H. (1974), "Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics", University of Sydney, Printed in the United State of America.
- 9- Salgado, R., Lyamin, A.V. , Sloan, S.W. and Yu, H. S. (2004), " Two- and three-dimensional bearing capacity of foundations in clay", Ge'otechnique Journal 54, No. 5, PP 297-306.

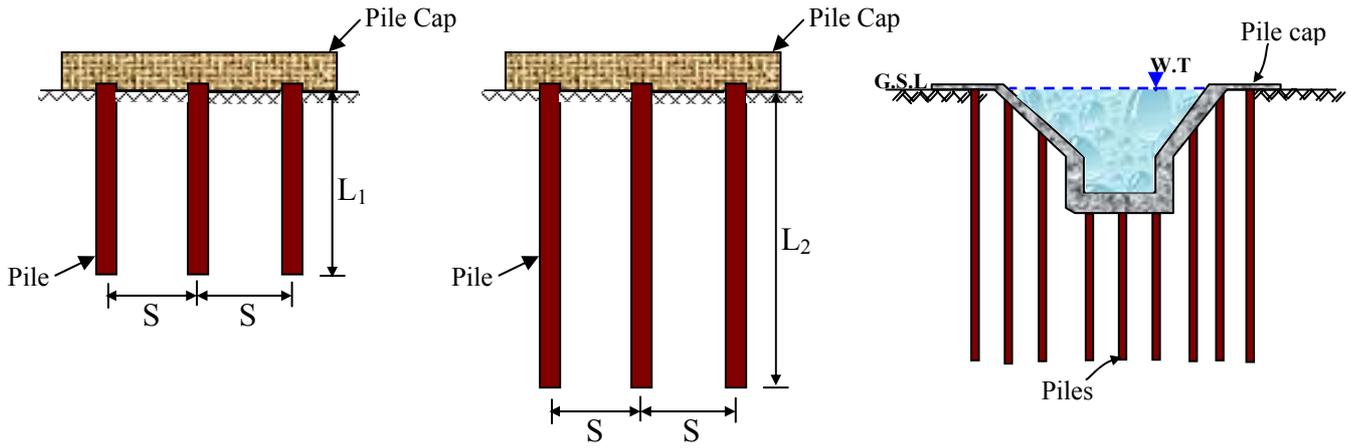
- 10- Simons , N.E. and Menzies, B.K. (1976), "A Short Course in Foundation Engineering", Richmond , Surrey , Wimbledon.
- 11- Tejchman, A. , Gwizdala, K. , Krasinski, A. and Slabek, A. (2000) , " Model tests of piled raft foundation", Geotechnical Department, Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland, Oska conference.
- 12- TomlineSon, M.J. (1977) "Pile Design and Construction Practice" , Garden City , London.
- 13- Trochanis, A. M., Bielak, J. and Christiano, P.(1991b),"Three Dimensional Nonlinear Study of Piles", Journal of Geotechnical Engineering Divison , ASCE, Vol.117, No.3, PP 429-447.
- 14- Wakai, A. , Gose, S. and UGAI, K. (1999), " 3-D Elasto-Plastic Finite Element Analyses of Pile Foundations Subjected to Lateral Loading", Journal of Soils and foundations (Soils found.), vol. 39, No.1, PP. 97-111.
- 15- Wiesner, T.J. and Brown, P.T.(1980), " Laboratory Tests on Model Piled Raft Foundations", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.106, No.GT7, PP.767-783.

الجدول (١): خواص الترب الطينية المستعملة (١) و (٢)

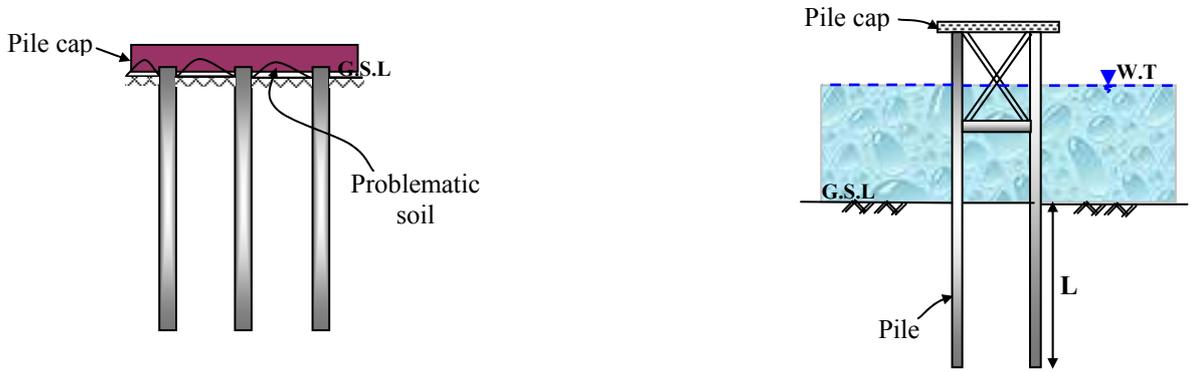
ت	نوع التربة	نسبة الفجوات (e_o)	المقاومة غير المبرولة (S_u), kPa	معامل يونك للمرونة (E), kPa	الكثافة الكلية (γ), kN/m ³
١-	الطين الرخو جداً (Very Soft Clay)	1.4	20	8500	16.76
٢-	الطين الرخو (Soft Clay)	0.9	30	15000	18.58
٣-	الطين متوسط القوة (Firm Clay)	0.75	57.5	32500	19.34
٤-	الطين الصلب (Hard Clay)	0.6	112.5	75000	20.233
٥-	الطين الصلب أو القاسي (Stiff Clay)	0.5	150	137500	20.93

الجدول (٢): يوضح الحالات للأساس (Pile Raft) و (Pile Group).

الموديل	Pile Raft, L/B	Pile Group, L/B
١	0	-----
٢	0.25	0.25
٣	0.5	0.5
٤	0.75	0.75
٥	1.0	1.0
٦	2.0	2.0
٧	3.0	3.0

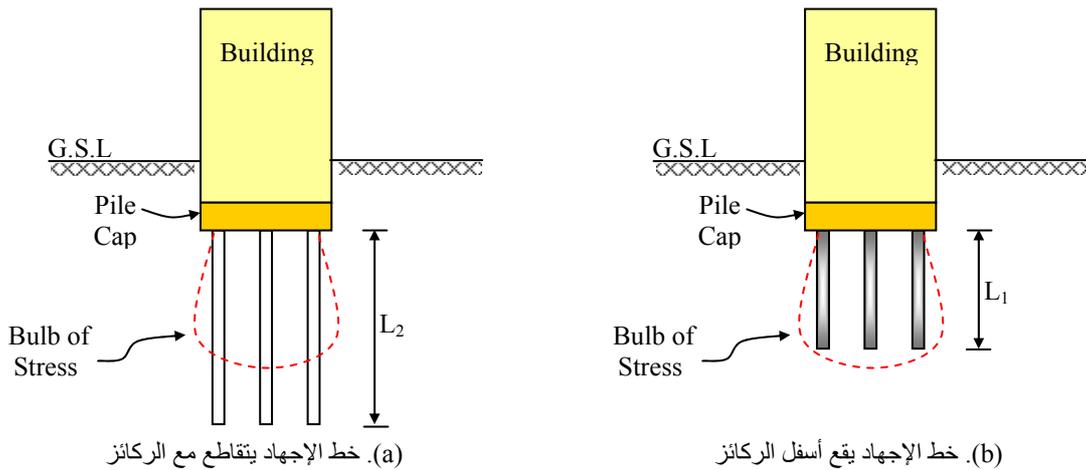


(a). القبعة عبارة عن أساس حصيري (Pile raft) (b). القبعة ليست أساس حصيري (Pile group) (c). خزان ارضي



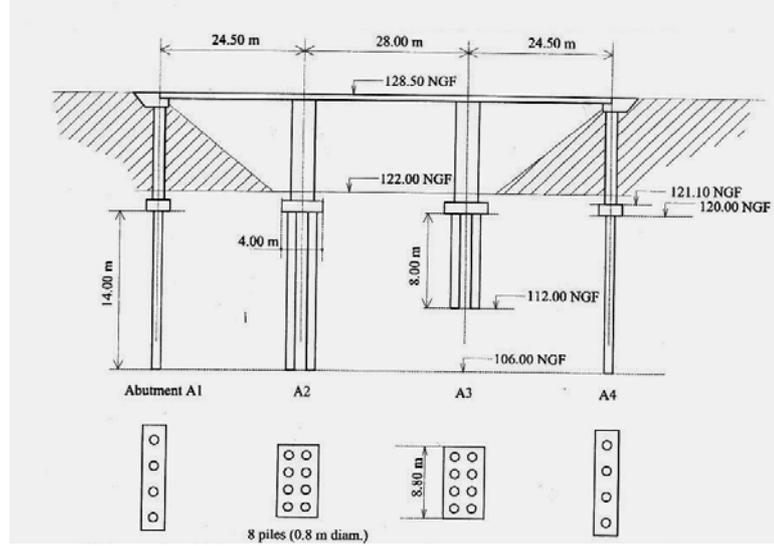
(d). مجموعة ركائز بداخل تربة انتفاخية (e). قبعة الركائز لا تمس سطح الأرض

الشكل (١): أنواع مختلفة من اساس الركائز



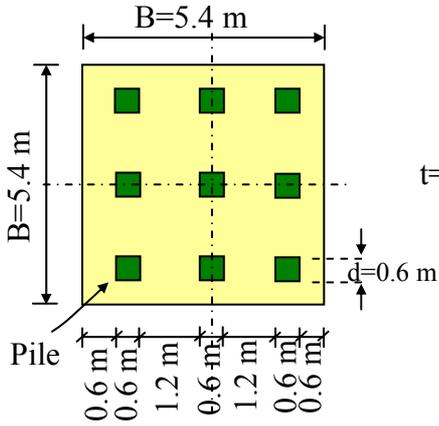
(a). خط الإجهاد يتقاطع مع الركائز (b). خط الإجهاد يقع أسفل الركائز

الشكل (٢): العلاقة بين طول الركائز و موقع خط الإجهاد^(A)

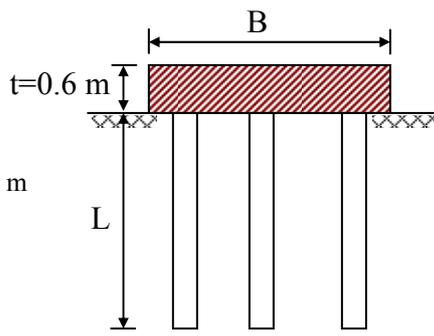


NGF المناسب العامة للجسر بالنسبة لدولة فرنسا

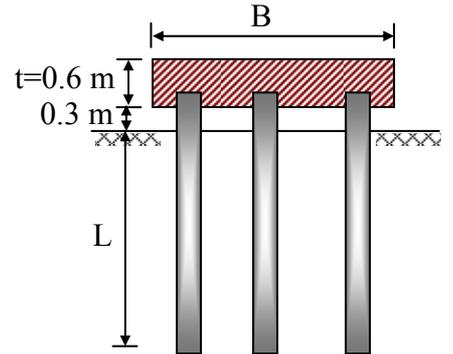
الشكل (٣) يوضح فضاءات جسر في مدينة فرنسا^(١)



(a). المسقط الأفقي لمجموعة ركائز

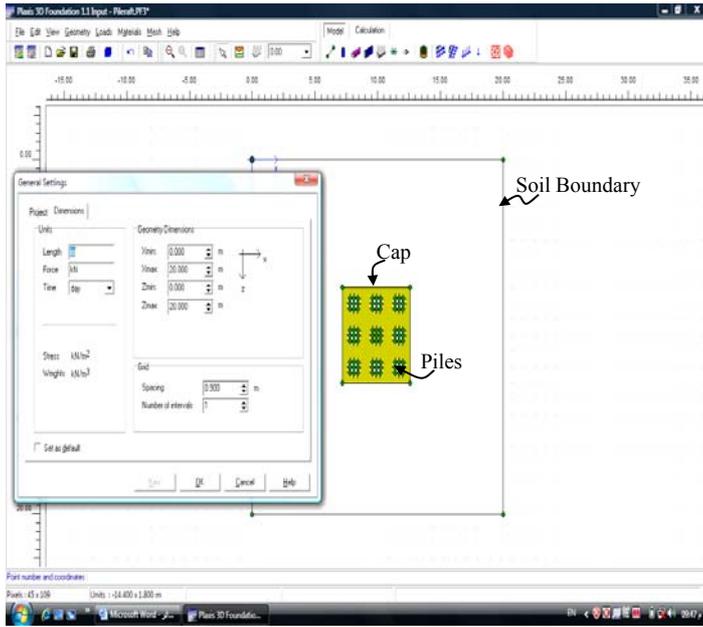


(b). أساس من نوع (Pile Raft)

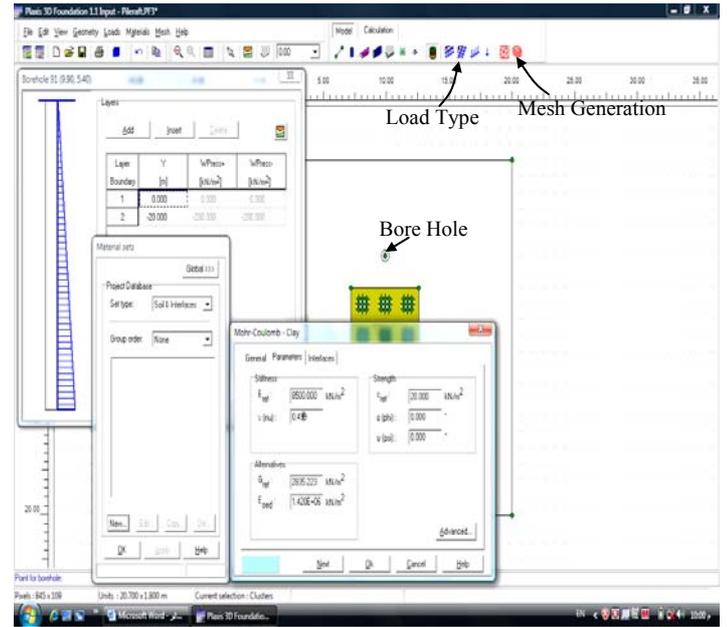


(c). أساس من نوع (Pile Group)

الشكل (٤): الحالة الدراسية (Case study)

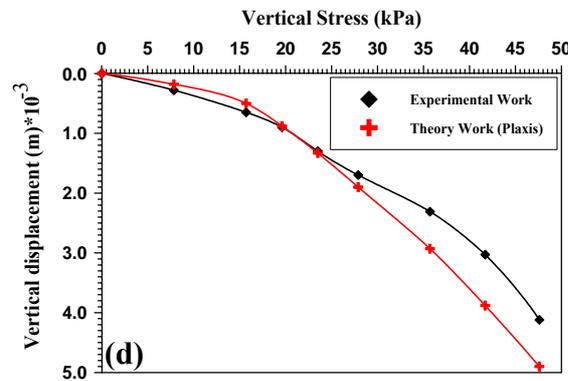
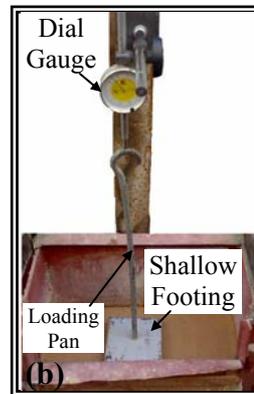
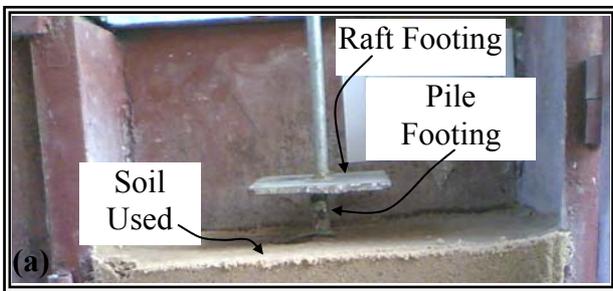


(a). إدخال أبعاد التربة المستخدمة بالمسألة

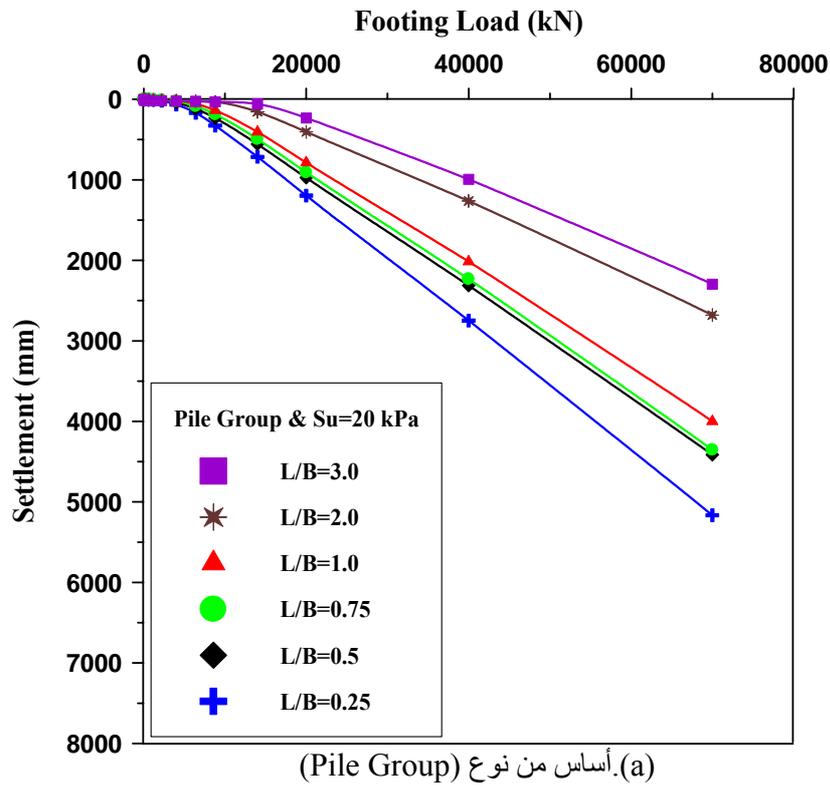


(b). إدخال خصائص التربة و الحمل و عمل المشبك

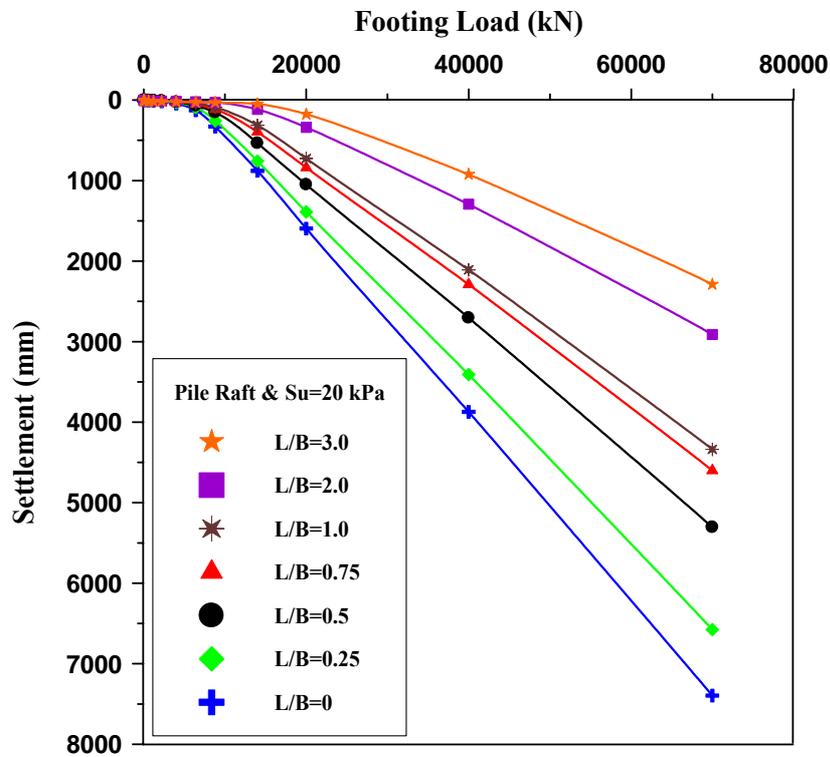
الشكل(٥): إدخال خصائص التربة و الحمل و عمل المشبك



الشكل(٦): مقارنة الموديل العملي المنجز بالمختبر مع الموديل النظري باستخدام برنامج بلاكسز

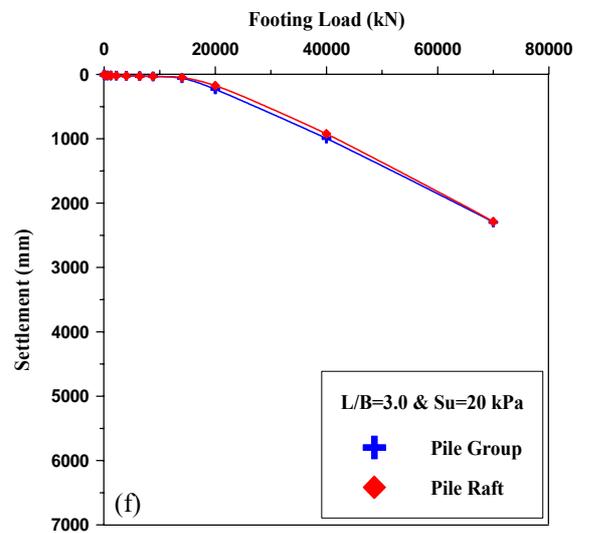
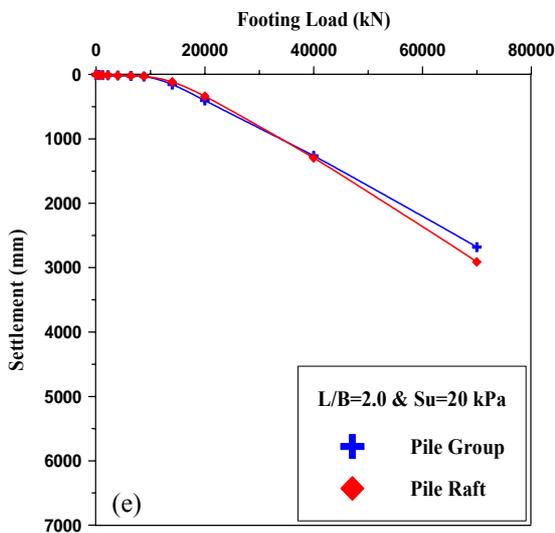
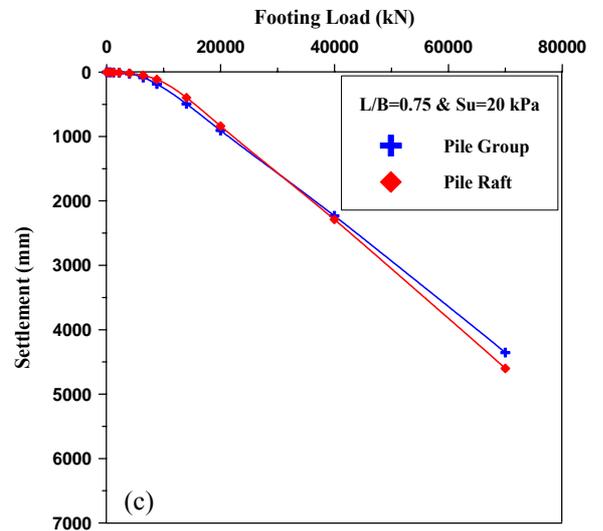
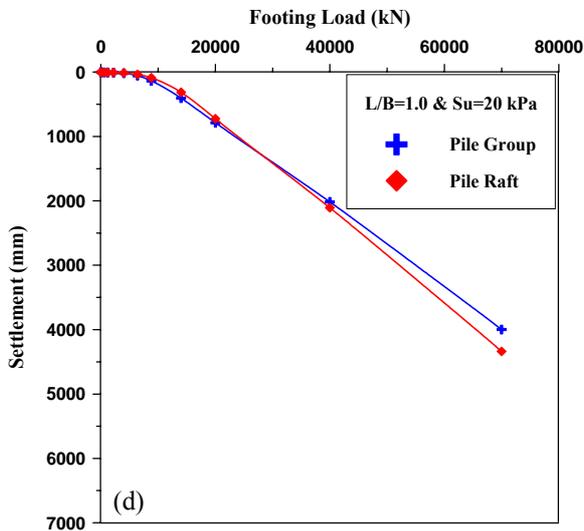
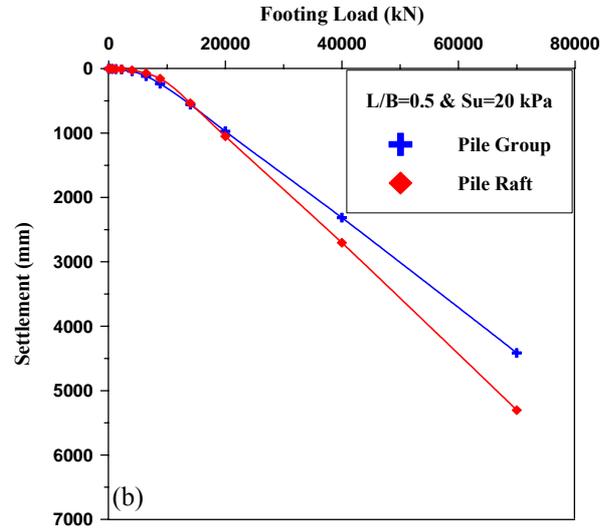
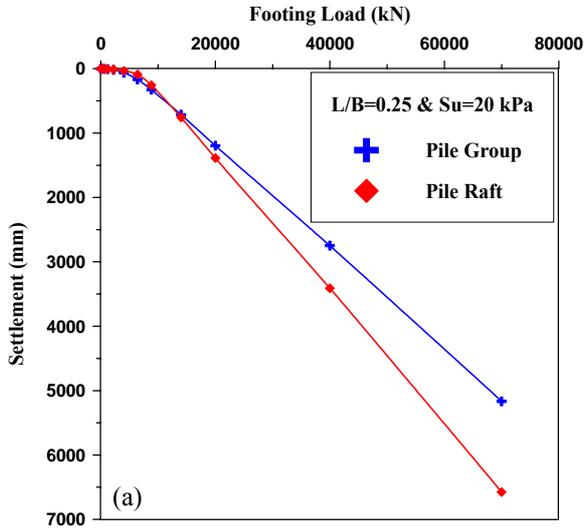


(a).أساس من نوع (Pile Group)

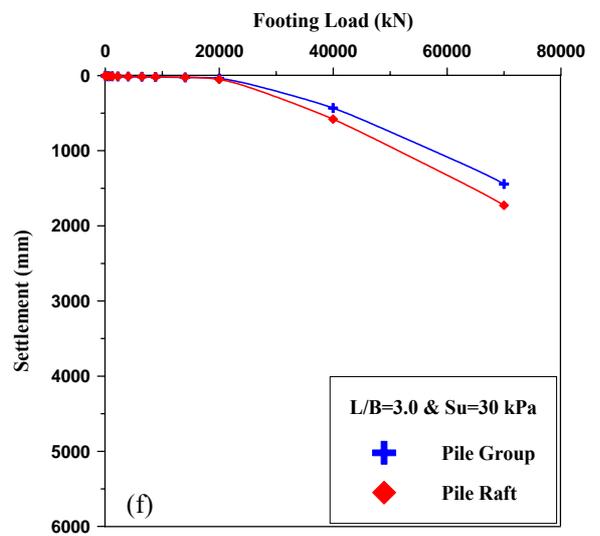
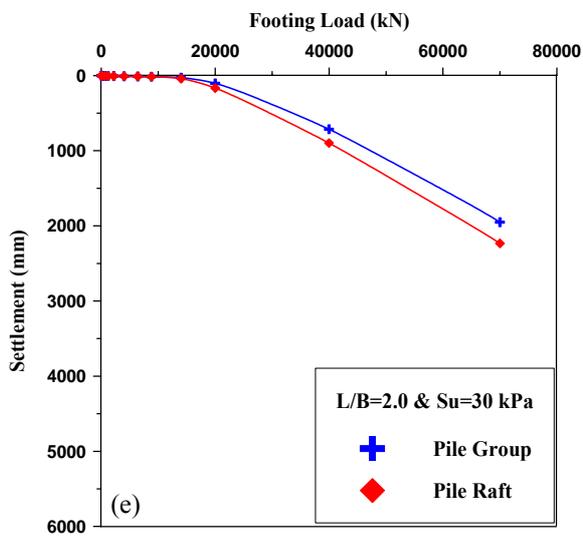
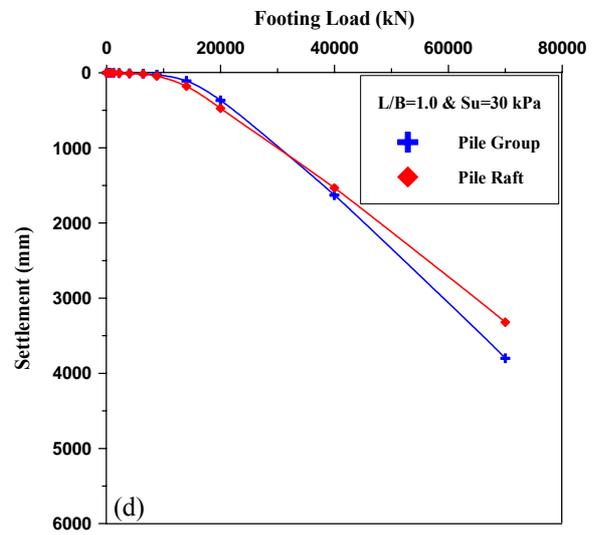
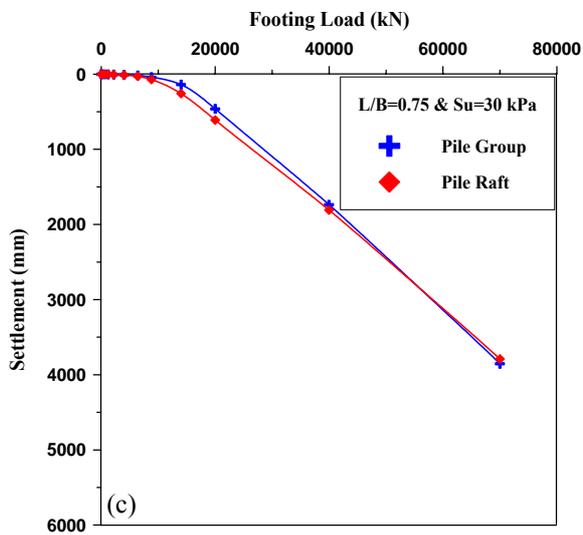
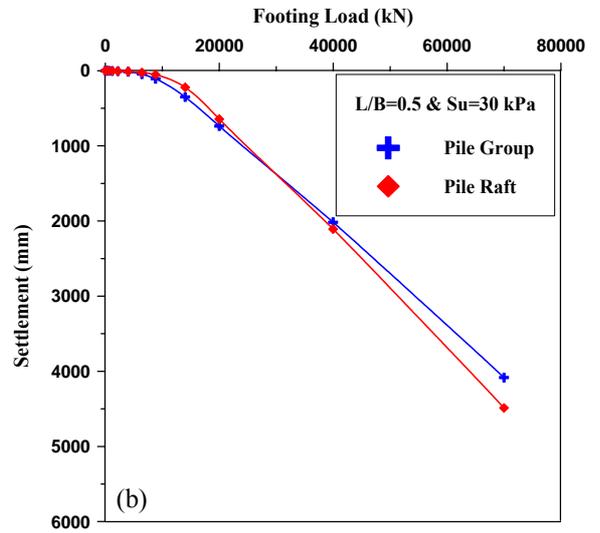
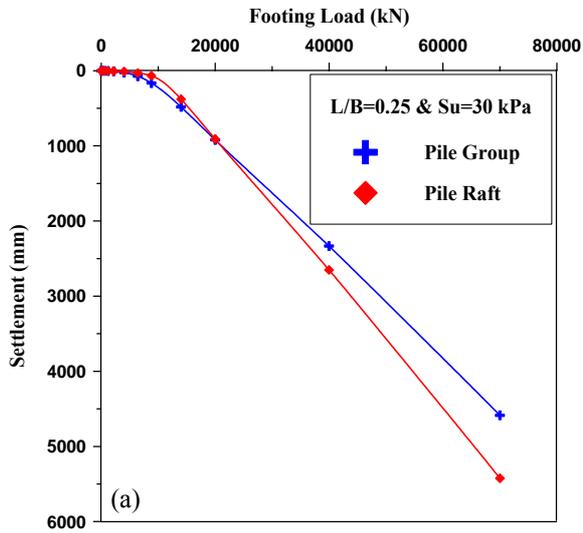


(b).أساس من نوع (Pile Raft)

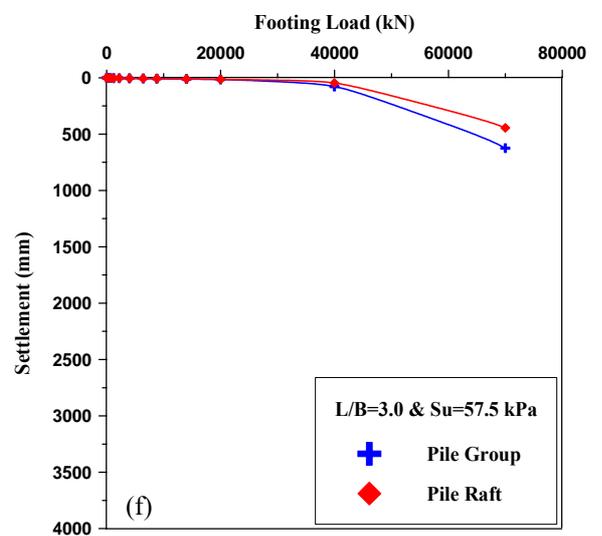
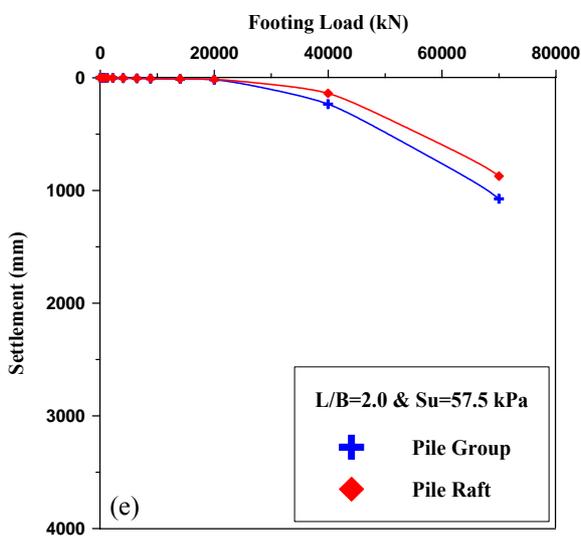
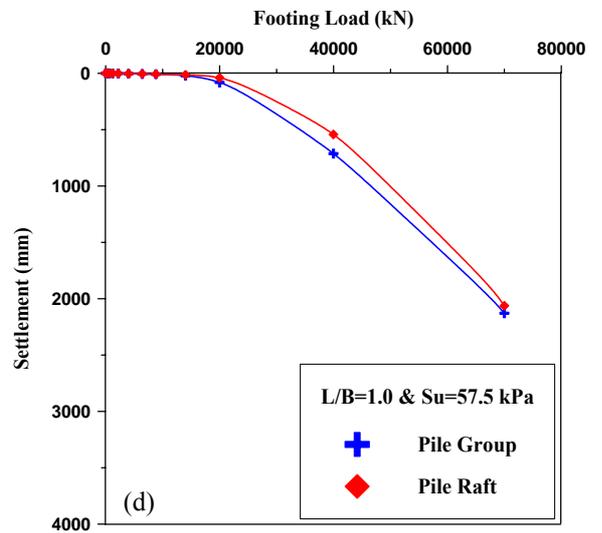
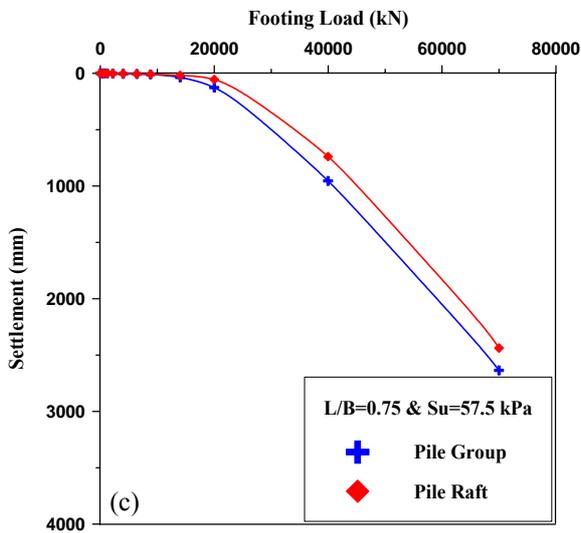
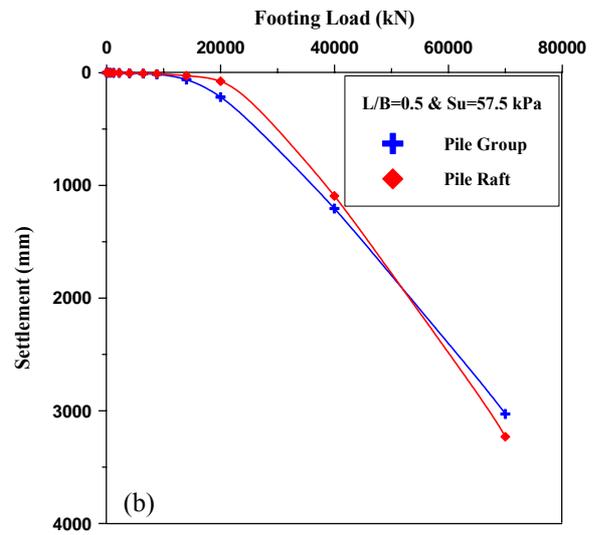
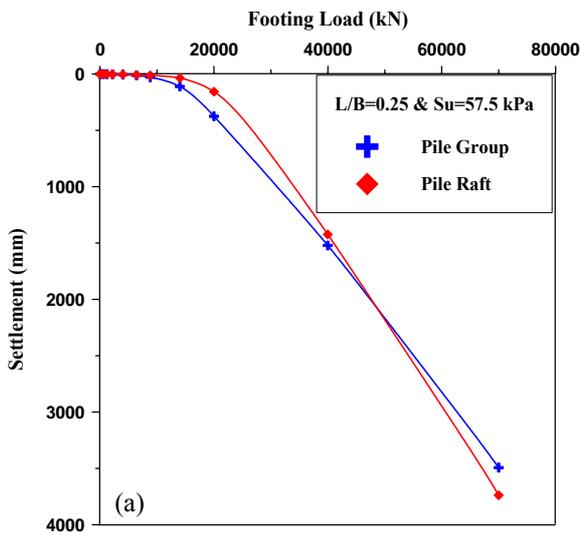
الشكل (٧) علاقة الحمل المسلط بالنزول لحالة الطين الرخو جداً ($S_u = 20$ kPa)



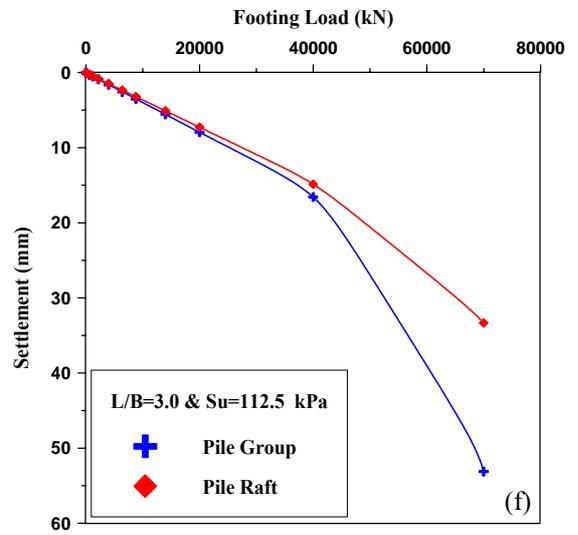
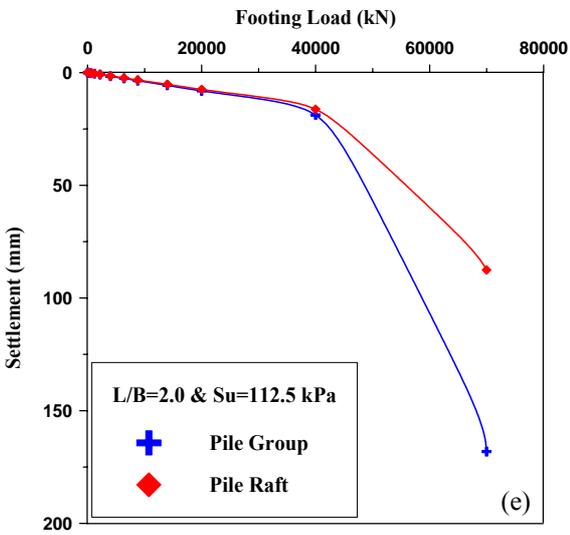
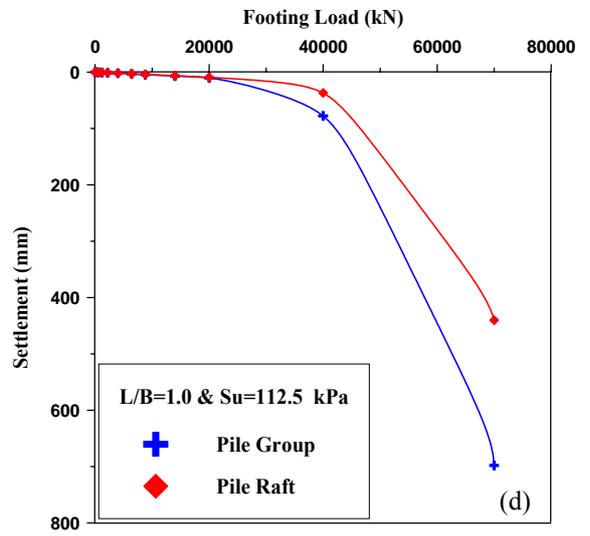
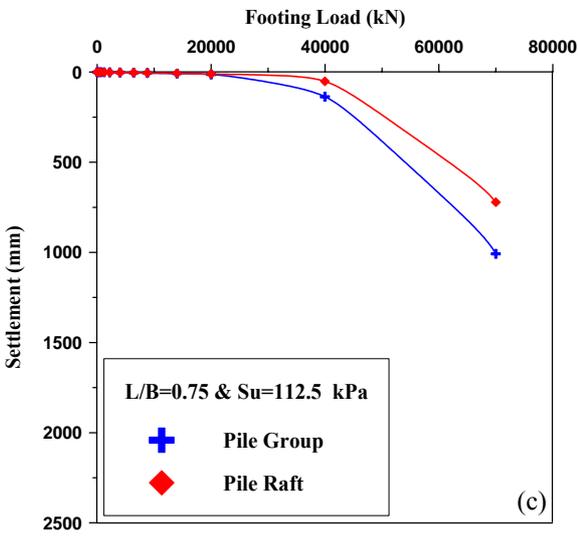
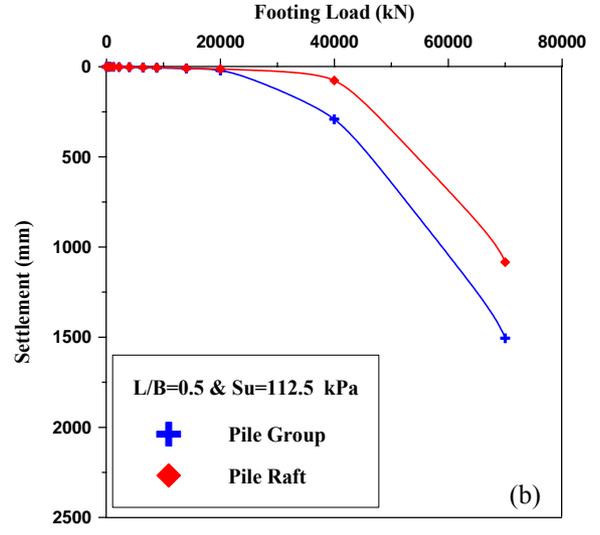
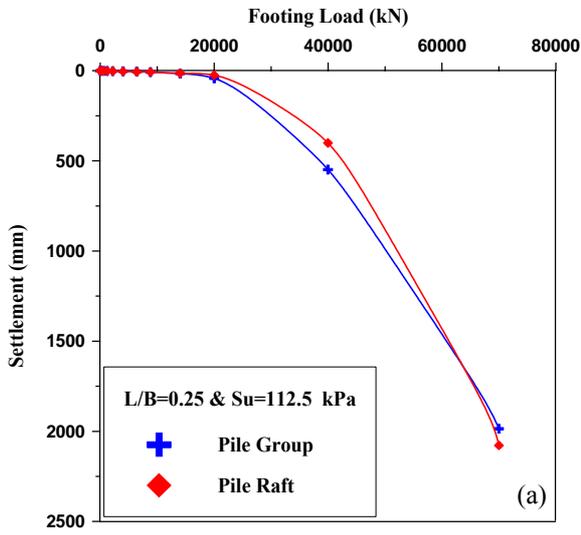
الشكل (8): مقارنة بين أساس من نوع (Pile Group) وأساس من نوع (Pile Raft) عند قيمة ($S_u=20$ kPa)



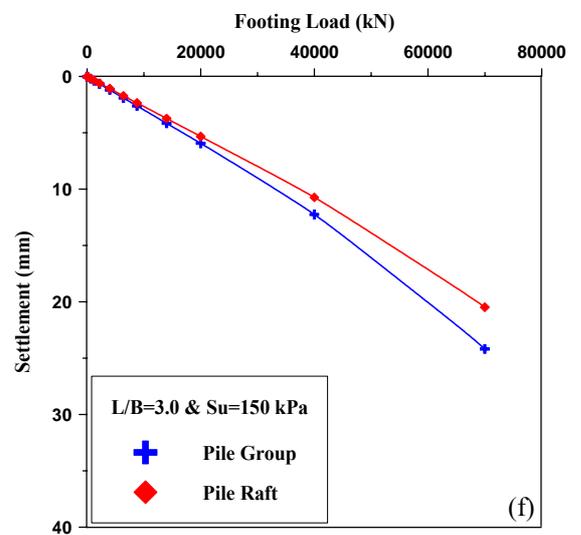
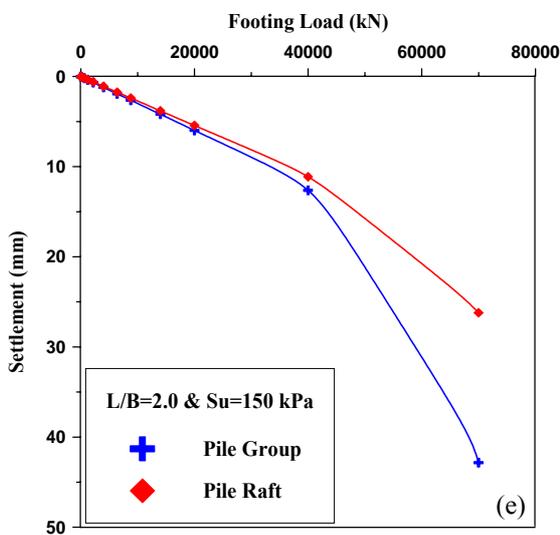
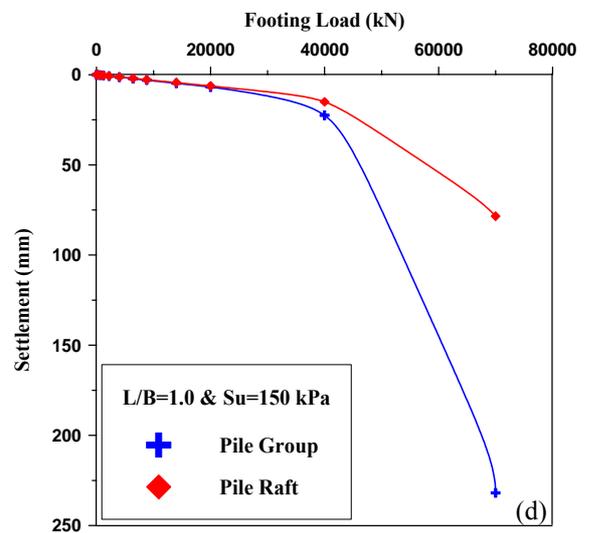
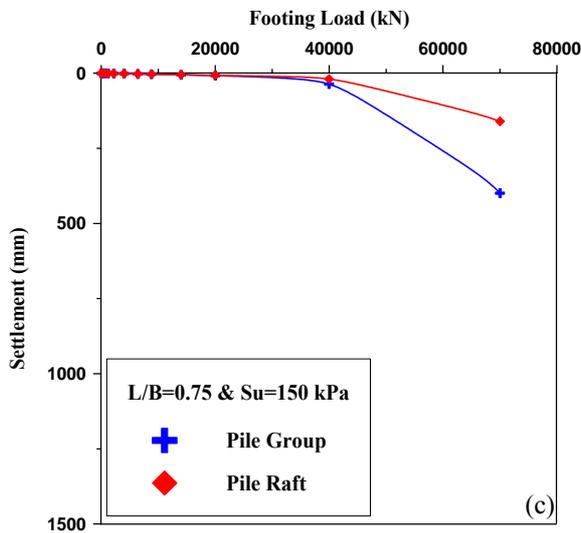
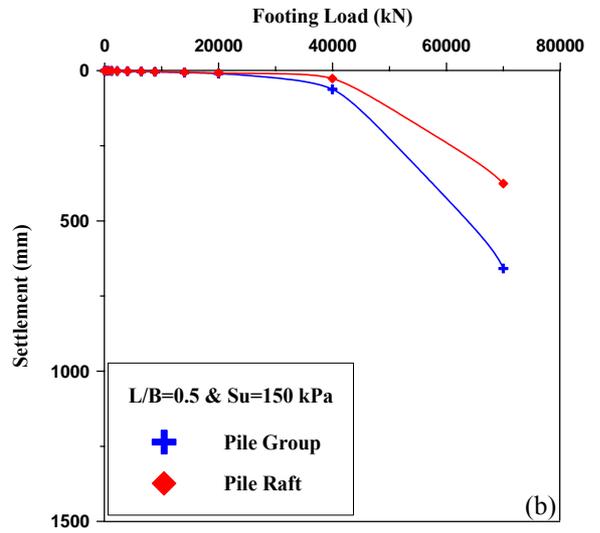
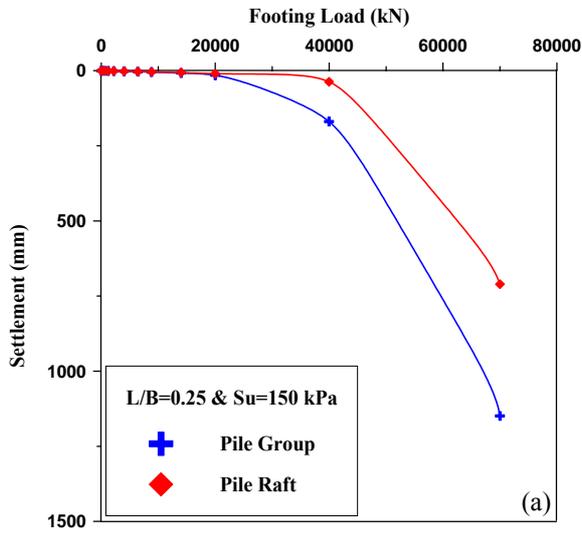
الشكل (9): مقارنة بين أساس من نوع (Pile Group) وأساس من نوع (Pile Raft) عند قيمة ($S_u=30$ kPa).



الشكل (10): مقارنة بين أساس من نوع (Pile Group) وأساس من نوع (Pile Raft) عند قيمة ($S_u=57.5$ kPa)



الشكل (١١): مقارنة بين أساس من نوع (Pile Group) وأساس من نوع (Pile Raft) عند قيمة ($S_u=112.5\text{Kpa}$)



الشكل (١٢): مقارنة بين أساس من نوع (Pile Group) وأساس من نوع (Pile Raft) عند قيمة ($S_u=150$ kPa)