

تحسين قابلية تحمل التربة الساندة للأسس الضحلة باستعمال ركائز الحفر الكونكريتية القصيرة

شيماء خالد عبد الرحمن الجبلي*

تاريخ قبول النشر 2010/ 3/ 1

الخلاصة:

في هذا البحث تم استخدام الركائز الكونكريتية القصيرة (concrete micro-piles) لتحسين قابلية تحمل التربة الساندة للأسس الضحلة عن طريق استخدام مجموعة مكونة من (9,6,4) ركائز حفر ذات نوعين من الأقطار (0.125,0.1)m واستخدام نسبة الطول إلى القطر L/D (12,10,6) على التوالي. لحساب قابلية تحمل الركائز القصيرة تم استخدام طريقة (Tomlinson) و طريقة (Lamda) وقد استخدمت خواص التربة الموجودة في منطقة مطار المثنى (سابقاً) لغرض أستحصل النتائج (Al-Qyssi, 2001)^[1]

أظهرت النتائج أنه بزيادة عدد الركائز و / أو زيادة أقطارها وأطوالها وتداخل تأثير تحمل الأساس الضحل مع تحمل مجموعة الركائز تؤدي إلى زيادة في مقاومة الأحمال الخارجية. وأفضل النتائج كانت عندما بلغ عدد الركائز (9) ونسبة L/D مساوي إلى (12) حيث وجد أن نسبة التحسن في قابلية التحمل بلغت (90%) مقارنة بتحمل أساس ضحل بأبعاد (1×1)m وبدون اضافات، ومن مقارنة النتائج ظهر أن طريقة (Tomlinson) يعطي قيم أقل من طريقة (Lamda) بمقدار ما بين % (2-6) وأن استخدام الركائز القصيرة ذات القطر (0.125m) ونسبة الطول إلى القطر $L/D=12$ بعدد (4) أفضل من استخدام الركائز ذات القطر (0.1m) بعدد (9).

الكلمات المفتاحية: الركائز الكونكريتية القصيرة , قابلية التحمل

المقدمة:

تحت سطح الأرض وبعمق (0.5)m وحسب طريقة ترزاكي (Terzaghi,1955)^[2] وجد أن قابلية تحمل الأساس لا تكفي لتحمل أفعال كبيرة لذا فقد تم اختيار الركائز القصيرة ذات نسبة الطول إلى القطر L/D (12,10,6) واختيار أقطار الركائز (0.125,0.1)m والسبب كون هذه الأقطار قريبة من قطر أخذة النماذج أو الحفارة اليدوية (Augers) أما عدد الركائز فكانت (9,6,4).

طريقة التحليل

لقد تم استخدام معادلة ترزاكي (Terzaghi,1955)^[2] لحساب قابلية تحمل أساس مربع ضحل موضوع تحت سطح الأرض بعمق (0.5) m وبأبعاد (1×1) m وكما مبينة تفصيلها بالشكل (3) فكانت بمقدار 377.73 kN/m^2

وبفرض عامل الأمان مقداره ($F.S. = 2.0$)

فتصبح قابلية تحمل التربة (188.865 kN/m^2).

لذا تولدت فكرة استعمال الركائز القصيرة ذات القطر الصغير لتقوم بنقل الأحمال إلى طبقات أعمق في التربة بطريقة لا نحتاج فيها إلى عمل أسس عميقة أو إزالة الطبقات الضعيفة وسوف يتم التداخل بين تحمل الركائز القصيرة وتحمل قبعة الركائز والمتمثلة بالأساس المربع نفسه، حيث تعمل

أن مسائل قابلية تحمل الأسس الضحلة (Bearing Capacity of Shallow Foundation) والمعاملات المؤثرة عليها كثيرة، لكن إذا كانت التربة التي تستند عليها هذه الأسس ضعيفة فإن استعمال طرق الحساب المختلفة لقابلية تحمل هذه الأسس سوف لا تعطي نتائج متباعدة بشكل كبير ويصبح من الأفضل إيجاد آليات تعمل على زيادة تحمل هذه الأسس الضحلة دون اللجوء إلى تغيير نوع الأساس مع مراعاة الكلفة الاقتصادية لتؤدي هذه الأسس الغرض التي صممت من أجله. وقد بينت الدراسة الحالية من خلال النتائج المستحصلة أن استعمال الركائز الحفر القصيرة ذات الأقطار الصغيرة والتي تستند عليها الأسس الضحلة والتي تعمل على شكل قبعة ركائز هي من الأساليب الناجحة في زيادة قابلية تحمل التربة الضعيفة.

وصف المسألة الهندسية:

الهدف الأساسي من البحث هو زيادة قابلية تحمل التربة الضعيفة الساندة للأساس الضحل بعد إجراء بعض التحسينات عليها، لذا تم الاعتماد على خواص تربة مأخوذة من تقارير فحوصات التربة أجريت على منطقة مطار المثنى (سابقاً) والمبينة تفصيلها في الجدول (1) وطبقات التربة موضحة بالشكل (1)، وبعد حساب قابلية تحمل أساس ضحل

*الجامعة المستنصرية/ كلية الهندسة /قسم الهندسة المدني.

إن الحالة غير المبرولة (undrained) في حساب قابلية التحمل للركائز في الطين تكون عادة هي الحالة الحرجة ما لم يكن الطين مفرط الانضغاط (overconsolidation) إذا كان الطين مشبعاً فإن زاوية الاحتكاك الداخلي ($\phi_u = 0.0$) وزاوية الاحتكاك بين الركيزة والتربة ($\delta = 0.0$)، إضافة إلى ذلك فإن $N_q = 1.0$ و $N_\gamma = 0.0$ وعليه تكون المعادلة العامة لتحمل الركائز بالشكل التالي:

$$\dots (5) Q_p = \int_0^L p \alpha C_u dz + A_b (c N_c + \sigma_{vb}) - W_p$$

حيث أن

p : محيط مقطع الركيزة

C_u : التماسك للتربة في الحالة غير المبرولة

α : معامل الالتصاق

A_b : مساحة قاعدة الركيزة

W_p : وزن الركيزة

σ_{vb} : الاجهاد العمودي عند قاعدة الركيزة

وتجدر الملاحظة أن $A_b \sigma_{vb} = W_p$ وعليه يكون

$$\dots (6) Q_p = \int_0^L p \alpha C_u dz + A_b C_u N_c$$

وقد بين ماير هوف (Meyerhof, 1976) [4] أن قيمة N_c تساوي (9) تقريباً للركائز التي عمقها لا يقل عن خمسة أضعاف قطرها. وأن معامل الالتصاق α يعتمد على عوامل كثيرة منها قوة تماسك التربة وطبيعة التربة وطريقة تنفيذ الركيزة. وفي حالة كون الركيزة ركيزة دق فإن المعامل α يستخرج من علاقة بيانية تربط المعامل α مع مقاومة القص غير المبرولة C_u ، أما في حالة ركائز الحفر الموقعي فإن المعامل α تكون قيمته ($\alpha = 0.45$) وحسب اقتراح (Skempton, 1966) [5]. فتصبح المعادلة (6) بالشكل التالي:

$$\dots (7) Q_p = 0.45 L P C_u + 9 A_b C_u$$

عليه فإن المعادلة (7) اعتمدت في حساب قابلية تحمل الركائز في الطين وحسب طريقة توملينسون (Tomlinson, 1977) [6]. أما إذا استعملنا طريقة (لامدا) لحساب قابلية تحمل الركائز فهناك علاقة وضعية (empirical relationship) تربط الاحتكاك السطحي (surface friction) بضغط التثقيب

قبة الركائز كأساس مربع صغير ناتج عن حاصل طرح مساحة مجموعة الركائز من مساحة الأساس المربع الكبير وتصبح قابلية التحمل النهائية ناتجة " عن قابلية تحمل أساس مربع صغير وحسب معادلة ترزاكي (Terzaghi, 1955) [2] مجموعاً " معه تحمل مجموعة الركائز. كما يوضح الشكل (4) والشكل (5) وضع الأساس المربع كقبة للركائز وهذه الركائز بأطوال وأقطار مختلفة.

المعادلات المستخدمة في التحليل:

إن المعادلات المستخدمة لحساب قابلية تحمل الأساس المربع كانت معادلة بوزمان- ترزاكي (Buisman-Terzaghi equation) (الشكرجي والمحمدي) [3].

$$\dots (1) q_{ult} = C N_c S_c + q N_q S_q + 0.5 \gamma N_\gamma S_\gamma$$

حيث أن

q_{ult} : قابلية التحمل القصوى للأساس

N_c, N_q, N_γ : معاملات تحمل الأساس

c : التماسك بين جسيمات التربة المتماسكة

S_c, S_q, S_γ : معاملات تأثير شكل الأساس

q : وزن التربة من سطح الأرض إلى مستوى الأساس

γ : كثافة التربة الوزنية

وبما أنه التربة كانت طينية والحالة غير مبرولة حيث أن $\phi_u = 0$; $C_u = 60 \text{ kPa}$ ومن الجداول الخاصة بحساب قابلية التحمل (الشكرجي والمحمدي) [3] نجد أن: $N_\gamma = 0.0$;

$$N_c = 5.14 ; N_q = 1.0$$

فإن المعادلة (1) تصبح بالشكل التالي

$$q_{ult} = (5.14 \times 60) S_c + q S_q = 368.23 + q \dots (2)$$

حيث أن:

$$S_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} = 1.194 \dots (3)$$

$$= 1.0 \quad S_q = 1 + \tan \phi \dots (4)$$

وبما أن كثافة التربة لمستوى الأساس

$$q = \gamma h \quad \text{وأن } \gamma = 19 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 19 \times 0.5 = 9.5 \text{ kN/m}^2 \therefore$$

$$q_{ult} = 377.73 \text{ kN/m}^2 \therefore$$

أما المعادلات التي استخدمت لحساب تحمل الركائز فكانت مستندة إلى طريقة توملسون وطريقة لامدا لحساب تحمل الركائز في الطين.

$$Q_s = PL\alpha C_u$$

$$Q_s = 0.375 \times 4 \times 1.25 \times 0.45 \times 60$$

$$\therefore Q_s = 50.625 kN$$

2- حساب قابلية تحمل قاعدة الركائز
(End Bearing)

$$Q_b = A_b C_u N_c$$

$$Q_b = 0.375 \times 0.375 \times 60 \times 9$$

$$Q_b = 76 kN$$

$$\therefore Q_p = Q_s + Q_b$$

$$Q_p = 50.625 + 76 = 126.625 kN$$

2- طريقة لامدا (λ - Method)

1- حساب الاحتكاك السطحي (Skin Friction)

$$Q_s = 0.5\lambda(\sigma'_v + 2C_u)A_s$$

$$\sigma'_{v0} = [0.5 \times 19 + 1 \times 19 + (19 - 10)0.25]$$

$$\times 0.5 = 15.375 kN/m^2$$

ومن الشكل (2) نحصل على قيمة لامدا
($\lambda = 0.475$)

$$Q_s = 0.475[15.375 + (2 \times 60)]$$

$$\times 0.375 \times 4 \times 1.25 \times 0.5 = 60.28 kN$$

2- حساب قابلية تحمل قاعدة الركائز (End Bearing)

$$Q_b = A_b C_u N_c = 76 kN$$

$$\therefore Q_p = Q_s + Q_b$$

$$\therefore Q_p = 60.28 + 76 = 136.28 kN$$

ولحساب قابلية تحمل الأساس المربع نستعمل
المعادلة (2)

$$q = 0.5 \times 19 = 9.5 kN/m^2$$

$$\therefore q_{ult} = 368.23 + 9.5 = 377.73 kN$$

ان قيمة q_{ult} هي لحالة كون الأساس مربع ولكن
بسبب كون جزء من هذا الأساس يعمل كقبة
للكائز لذا نقوم بحساب المساحة

المؤثر (effective overburden pressure)
وتماسك الطين وهذه العلاقة هي:

$$Q_s = \lambda(\sigma'_v + 2C_u)A_s \quad (8) \dots$$

حيث أن

Q_s : الاحتكاك السطحي

λ : معامل لا بعدي

σ'_v : متوسط الإجهاد الشاقولي المؤثر بين سطح

الأرض ونهاية الركيزة

C_u : مقاومة القص الغير مبزولة وعلى طول جدار

الركيزة

A_s : المساحة السطحية الجانبية للركيزة

أن المعادلة (8) تستعمل لركائز الدق ولغرض

استعمالها لركائز الحفر فأنا سنقوم بضربها

بالمعامل (0.5) (Liu and Evett, 2008) [7].

فتصبح المعادلة (8) بالشكل التالي:

$$Q_s = 0.5\lambda(\sigma'_v + 2C_u)A_s \quad (9) \dots$$

أن قيمة λ مرتبطة بطول الركيزة المغمور

ونحصل عليه من الشكل (2).

وبعد إضافة تأثير تحمل نهاية الركيزة تصبح

المعادلة (9) بالشكل التالي:

$$Q_s = 0.5\lambda(\sigma'_v + 2C_u)A_s + 9A_b C_u$$

$$(10) \dots$$

تم اعتماد المعادلتين (7) و (10) في حساب قابلية

تحمل الركائز.

تحليل النتائج

اعتمدت المعادلات السابقة الذكر لحساب قابلية

تحمل الأساس المربع الشكل والركائز لغرض

المقارنة بين الطرق وحالات متعددة باستخدام

ركائز متعددة واعتمدت حالة الأساس المربع ذو

اربعة ركائز بقطر ($D = 0.125m$) وحالة

$L/D = 10$ والمسافة ما بين مراكز الركائز هي

$(S = 2D = 0.25m)$ وطول الركيزة

$(L = 1.25m)$ وكمثال توضيحي لحساب قابلية

التحمل للشكل (5-b) يمثل هذا الأساس وباستخدام

جدول (1) الذي يمثل خواص التربة.

1- طريقة توملينسون (Tomlinson Method)

1- حساب الاحتكاك السطحي (Skin Friction)

اثبت التحليل أنه بزيادة نسبة الطول الى القطر L/D سوف تزداد قابلية تحمل الركائز القصيرة على ان لا يتجاوز نسبة الطول الى القطر (L/D) اكثر من (12).

من خلال التحليل وجد أنه يمكن استعمال اربعة ركائز قصيرة ذات مسافة بين الركائز $S = 3.5D$ أو استخدام تسعة ركائز قصيرة ذات مسافة بين الركائز $S = 2D$ لنفس نسبة L/D وتكون النتائج متقاربة, ولكن عمليا "كلما كان عدد الركائز قليل كان العمل أسهل.

ولغرض المقارنة بين مجاميع الركائز (4), (6), (9) فقد تم الاعتماد على نسبة التحسن في قابلية التحمل حيث لوحظ أن نسبة التحسن هذه تتراوح بين (14.16) لعدد الركائز (4); $(L/D=6)$; $(S=2D)$ حتى تصل الى (90%) لعدد الركائز (9); $(L/D=12)$; $(S=3.5D)$ وهذا يعني زيادة في قابلية تحمل الأساس المربع بمقدار كبير, ولكن عند حفر ركائز ذات أقطار صغيرة ومتقاربة من بعضها البعض سوف يؤدي الى انهيار الحفر أثناء التنفيذ فلذا من الأفضل أن يكون عدد الركائز قليل والمسافة بين مراكزها متباعدة لذا نجد أن عدد الركائز (6); $(L/D=10)$; $(S=3.5D)$ تعطي نتائج مثلى حيث يكون نسبة الزيادة في التحمل (56.6%) مقتربا "من النسبة (60%).

أن استعمال طريقة (توملسون) تعطي نتائج مختلفة عن النتائج المستحصلة من استعمال طريقة (لامدا) وبنسبة فرق (2%) وهذا الفرق مسموح به في الاعمال الهندسية. أن نتائج التحليل والفرق بين الطريقتين موضحة بالاشكال البيانية في الشكل (6) والشكل (7) ويظهر بصورة واضحة أنه كلما زادت المسافة بين مراكز الركائز فسوف تزداد قابلية تحمل مجموعة الركائز الخرسانية القصيرة الساندة للأساس المربع.

التوصيات:

- 1- مقارنة نتائج التحليل النظري مع النتائج الحقلية.
- 2- اجراء تجارب مختبرية لمقارنة مدى كفاءة اسلوب العمل والمعادلات المستخدمة مع الحالة العملية.
- 3- مقارنة التوصيات التي تم الحصول عليها مع نتائج التحليل ثلاثي الابعاد باستعمال نظرية العناصر المحددة لغرض معرفة مدى التقارب.
- 4- لمقارنة نتائج التحليل مع نفس نوع الأساس ولكن باستعمال ركيزة واحدة ذات قطر (0.25m)

المتبقية (Residual Area) من الأساس المربع ونحسب له قابلية التحمل فتصبح قابلية التحمل النهائي هو حاصل الجمع الجبري بين قابلية تحمل مجموعة الركائز وقابلية تحمل المساحة المتبقية من الأساس المربع وكما يلي:

$$residualarea = (1 \times 1) - (0.375 \times 0.375) \\ = 0.859m^2$$

$$\therefore q_{residualarea} = 0.859 \times 377.73 = 324.5kN$$

$$\therefore q_{Final} = Q_p + q_{residualarea}$$

$$q \text{ (final by Tomlinson)} = 126 + 324.5 \therefore$$

$$= 450.5 \text{ kN}$$

$$q \text{ (final by lamda)} = 136 + 324.5 \therefore$$

$$= 460.5 \text{ kN}$$

ان نسبة التحسن في قابلية التحمل تحسب كالآتي:

$$\text{Improvement ratio} = \frac{q_{final} - q_{for(1 \times 1)m}}{q_{for(1 \times 1)m}} \\ \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{Improvement ratio for Tomlinson M.} =$$

$$\frac{450.5 - 377.73}{377.73} = 19.5\%$$

$$\text{Improvement ratio for } \lambda\text{- method} =$$

$$\frac{460.5 - 377.73}{377.73} = 22\%$$

النتائج والمناقشة:

بعد اجراء التحليل تم الحصول على النتائج وهي موضحة بالجدول (2) الخاص بالركائز ذات القطر $D = 0.1m$ والجدول (3) الخاص بالركائز ذات القطر $D = 0.125m$ حيث يلاحظ أنه بزيادة قطر الركيزة الخرسانية القصيرة ستزداد قابلية التحمل, وكذلك بزيادة المسافة بين مراكز الركائز القصيرة ستزداد قابلية التحمل ايضا, علما "أن الحدود المثلى للمسافة بين مراكز الركائز هي, $(S=2D-3.5D)$ (Bowels, 1996) [8] كذلك

جدول (1) نتائج الفحص المختبري لعينات حقلية (Al – Qyssi 2001)^[1]

Sample No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depth (m)		0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5
Sample Type		-	D.S	U.D	U.D	-	U.D	U.D	D.S	D.S	D.S
Particle size distribution	Clay %	-	33	36	11.4	-	28	15	4	4	17
	Silt %	-	59	51	84.6	-	64	65	9	10	63
	Sand %	-	8	13	4	-	8	20	87	86	20
Soil symbol U.S.C.S		-	CL	CL	ML	-	CL	CL	SM	SM	ML
Soil Description		Dry top soil	Brown clay	Soft to med. clay	Silty soil	Silty soil	Silty soil	Silty soil	Loose gray sand	Loose gray sand	Soft clay soil
Index properties	L.L %	-	49	49	42	-	47	39	-	-	41
	P.L %	-	24	24	26	-	24	22	-	-	26
	P.I %	-	28	25	16	-	23	17	-	-	15
Initial water cont. %		-	26.8	28.4	29.08	-	24.2	26.3	26.8	25.8	26.8
Unit weight	Bulk g/cm ³	-	-	1.969	1.907	-	1.95	1.98	-	-	-
	Dry g/cm ³	-	-	1.533	1.481	-	1.57	1.56	-	-	-
Specific gravity (Gs)		-	2.72	2.75	2.68	-	2.71	2.69	2.67	2.66	2.78
Strength Tests	Unconf. comp. tests		-	-	59	53	-	48	-	-	-
	Triaxial	c _u kPa	-	-	63	60	-	55	43	-	-
		E _i MPa	-	-	10.50	9.0	-	-	-	-	-
Consolidation tests	e ₀		-	-	0.78	0.799	-	0.73	0.707	-	-
	c _c		-	-	0.157	0.169	-	0.18	0.21	-	-
	m _v m ² /kN × 10 ⁻⁴		-	-	2.18	2.89	-	3.04	3.45	-	-
	c _v m ² /year		-	-	1.59	1.89	-	2.10	2.5	-	-
	k cm/min. × 10 ⁻⁷		-	-	6.40	10.50	-	12.30	16.60	-	-
	P _c kPa		-	-	35	36	-	58	55	-	-

جدول (2) نسب تحسين قابلية تحمل التربة السائدة للأسس الضحلة لمجموعة ركائز الحفر الكونكريتية القصيرة ذات (D=0.1m) (L/D=6, 10, 12) بأستعمال طريقة توملسون وطريقة لامدا

L/D=6	Tomlinson Method				λ- Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	411.74	420.48	429.61	439.93	413.76	422.9	432.29	442.97
Improving ratio %	9	11.3	13.7	16.5	9.5	11.95	14.4	17.3
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	427.92	442.58	458.8	476.65	430.6	445.78	462.51	480.85
Improving ratio %	13.3	17.2	21.5	26.2	14	18	22.4	27.3
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	450.69	475.03	502.6	533.42	454.06	479.07	507.31	538.81
Improving ratio %	19.3	25.75	33	41.2	20.2	26.83	34.3	42.6
L/D=10	Tomlinson Method				λ- Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	424.7	435.25	446.89	459.37	428.55	440.0	452.0	465.14
Improving ratio %	12.4	15.3	18.3	21.6	13.6	16.5	19.7	23.1
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	445.2	463.1	482.56	503.65	450.33	469.19	489.61	511.65
Improving ratio %	17.9	22.6	27.8	33.3	19.2	24.2	29.6	35.5
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	472.29	500.95	532.84	567.98	478.69	508.64	541.82	578.24
Improving ratio %	25	32.6	41	50.4	26.7	34.65	43	53.1
L/D=12	Tomlinson Method				λ- Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	431.18	443.16	455.53	469.09	433.16	446.63	459.49	473.56
Improving ratio %	14.2	117.3	20.6	24.2	14.7	18.2	21.5	25.4
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	453.84	473.36	494.44	517.15	457.8	478.08	499.9	523.35
Improving ratio %	20.1	25.3	31	37	21.2	26.6	32.3	38.6
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	483.09	513.91	547.96	585.26	488.05	519.87	554.91	593.2
Improving ratio %	28	36	45	55	29.2	37.6	47	57

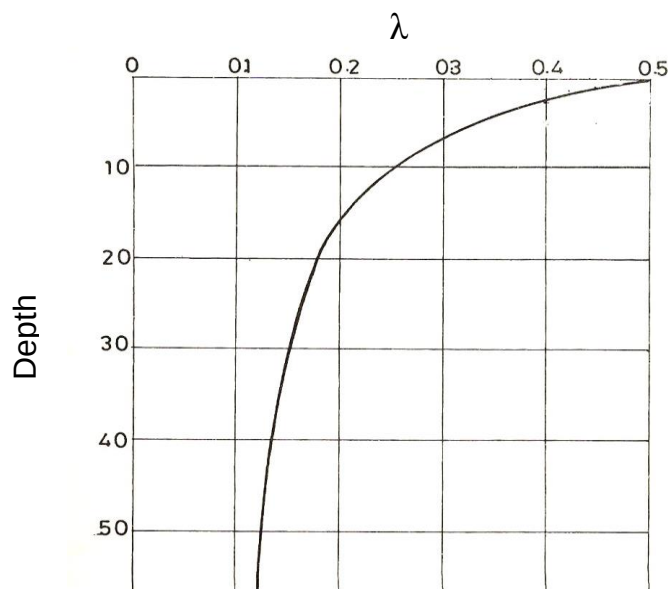
جدول (3) نسب تحسين قابلية تحمل التربة السائدة للأسس الضحلة لمجموعة ركائز الحفر الكونكريتية القصيرة ذات (D=0.125m) (L/D=6, 10, 12) بأستعمال طريقة توملسون وطريقة لامدا

L/D=6	Tomlinson Method				λ- Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	430.25	443.49	458.16	474	435.11	449.16	464.66	481.3
Improving ratio %	14.16	17.67	21.56	25.8	15.45	19.17	23.3	27.7
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	455.54	478.47	504	531.84	462.1	486.18	512.85	543
Improving ratio %	20.8	27	33.7	41.1	22.6	29	36	44
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	482.8	519.25	572.6	621	499.35	539	584	634
Improving ratio %	28	37.77	52	64	32.5	43	55	68
L/D=10	Tomlinson Method				λ- Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	450.5	467	485.16	504	460.5	481.44	501.5	522
Improving ratio %	19.5	24	28.7	33.8	22	27.7	33	38.5
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q _{Final}	482.6	510.55	541	574	492.94	522.79	555.25	590
Improving ratio %	28	35.46	43.5	52.3	30.8	38.7	47.3	56.6

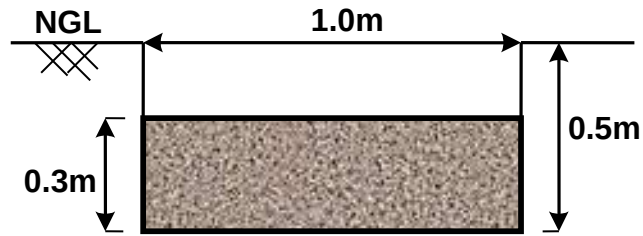
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q_{Final}	525	569.88	619.88	675	538	585.38	638	695.68
Improving ratio%	39.3	51.2	64.4	79.1	42.75	55.3	69.2	84.58
L/D=12	Tomlinson Method				λ - Method			
No. Piles 4	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q_{Final}	460.63	479	498.66	519.6	465.88	485	505.66	527.45
Improving ratio%	22.22	27.1	32.3	37.86	23.6	28.7	34.17	40
No. Piles 6	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q_{Final}	496.19	526.56	559.6	595.15	503.1	535	569.25	606.15
Improving ratio%	31.6	39.7	48.4	58	33.5	42	50.7	60.8
No. Piles 9	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D	S=2D	S=2.5D	S=3D	S=3.5D
Q_{Final}	541.88	590.13	643.51	702	550.63	600.63	655.76	716
Improving ratio%	43.7	56.58	70.7	86.26	46.1	59.36	74	90

N.G.L	0.0 m	CL	Dry topsoil (brown clay)
0.5 m		CL	Partially Saturated soft soil, $W_c=26.8\%$, $G_s=2.72$, $E_i=9$ Mpa
G.W.	1.5 m	ML	Soft clayly silt soil, $W_c=29.08\%$, $G_s=2.68$, $\gamma_t=19\text{kN/m}^3$, $E_i=9$ Mpa, $C_u=60$ kPa, $e_0=0.799$
2.0 m		CL	Soft brown clay, $W_c=24.2\%$, $G_s=2.71$, $\gamma_t=19.5\text{kN/m}^3$, $\gamma_d=15.7\text{kN/m}^3$, $E_i=9.1$ Mpa, $C_u=55$ kPa, $e_0=0.707$, $k=12.3*10^{-7}$ cm/ min
3.0 m		SM	Loose to medium silty sand mixture $W_c=26.4\%$, $G_s=2.68$, $E_i=9$ Mpa, $C_u=43\text{kPa}$, $e_0=0.707$, $k=16.6*10^{-7}$ cm/ min
4.5 m		ML	Soft clayly silt, $W_c=26.8\%$, $G_s=2.78$, $E_i=9$ Mpa, $C_u=45\text{kPa}$, $k=16.6*10^{-7}$ cm/ min
5.0 m			

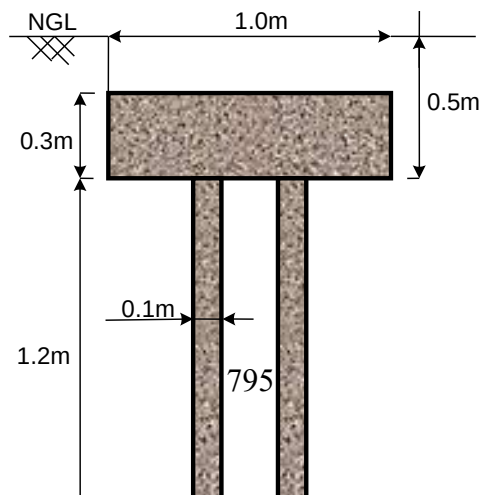
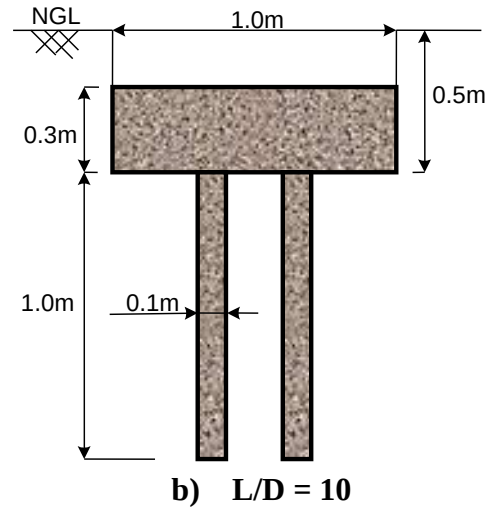
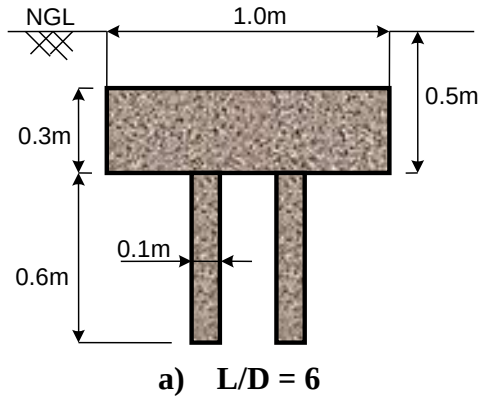
شكل (1) طبقات التربة (Al-Qyssi, 2001) [1]



شكل (2) العلاقة بين قيمة لامدا مع عمق الركيزة (متر) (الشكرجي والمحمدي 1985) [3]

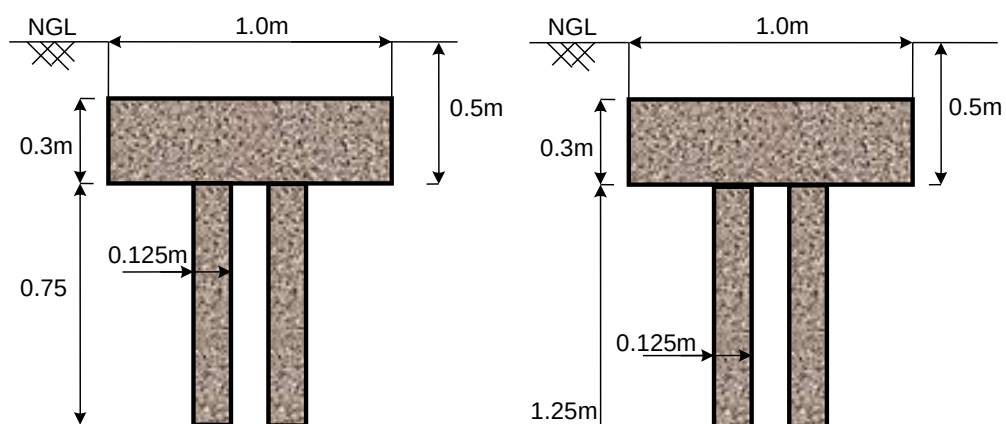


شكل (3) أبعاد الأساس الضحل



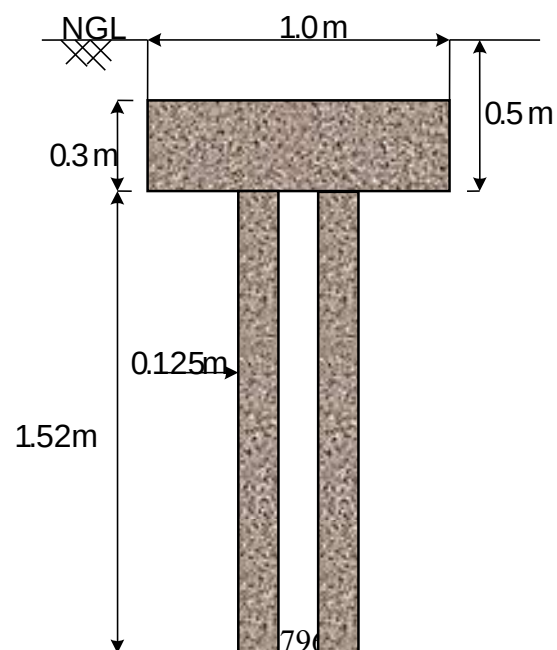
c) $L/D = 12$

شكل (4) الأساس الضحل كقبة للركائز ذات ($D=0.1m$)
c- ($L/D=12$); b- ($L/D=10$); a- ($L/D =6$)



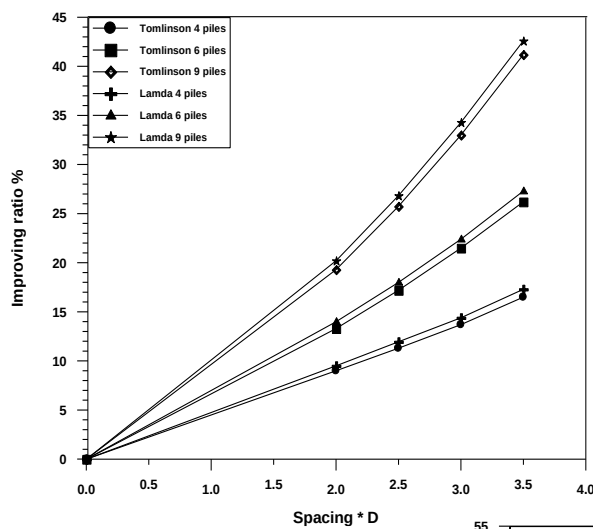
a) $L/D = 6$

b) $L/D = 10$



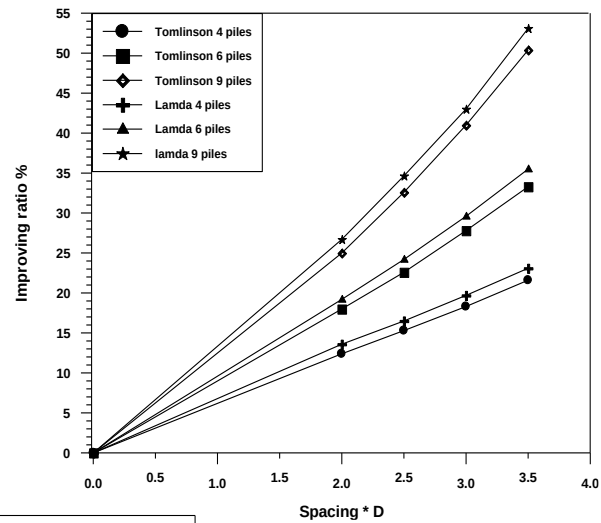
c) $L/D = 12$

شكل (5) الاساس الضحل كقبة للركائز ذات ($D=0.125m$)
c- ($L/D=12$); b- ($L/D=10$); a- ($L/D = 6$)

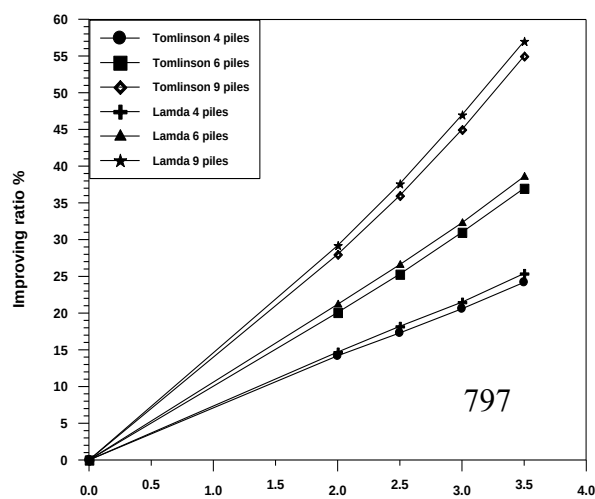


a) $L/D=6$

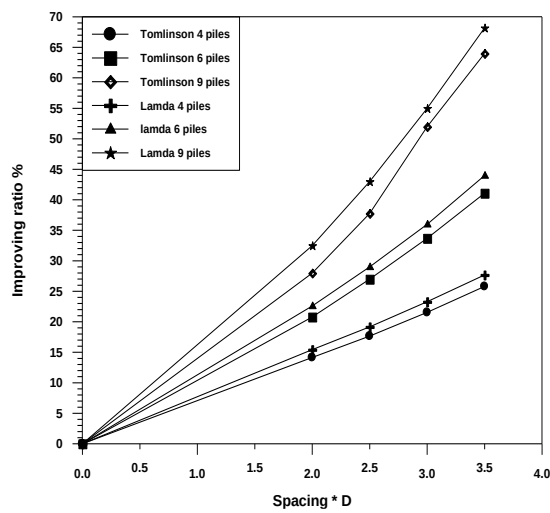
b) $L/D=10$



c) $L/D = 12$

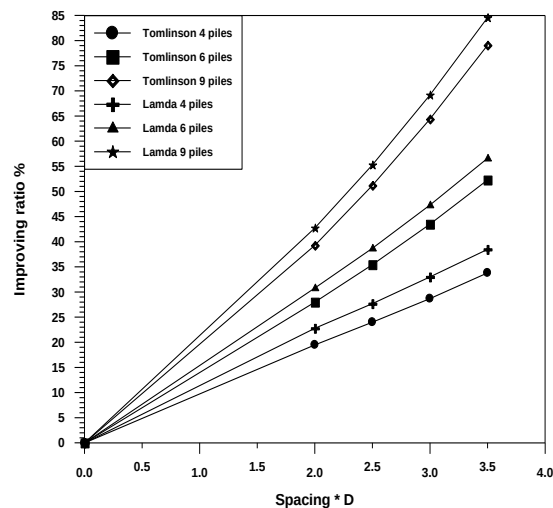


شكل (6) العلاقة بين نسبة التحسن مع المسافة بين الركائز ذات ($D=0.1m$)
 c- ($L/D=12$); b- ($L/D=10$); a- ($L/D=6$) باستعمال طريقة توملسون وطريقة لامدا

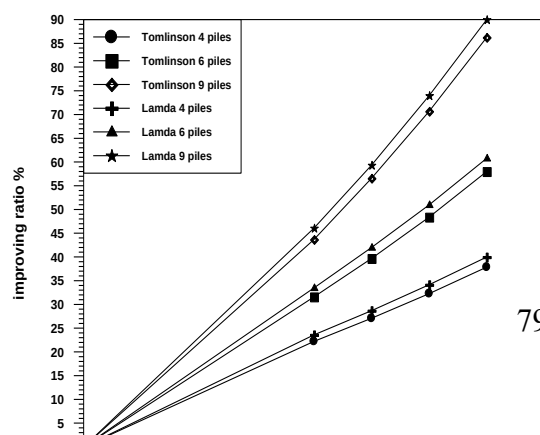


a) $L/D=6$

b) $L/D=10$



c) $L/D=12$



شكل (7) العلاقة بين نسبة التحسن مع المسافة بين الركائز ذات ($D=0.125m$)
 باستخدام طريقة توملسون وطريقة لامدا
 c- ($L/D=12$); b- ($L/D=10$); a- ($L/D=6$)

- المصادر:
1. Al-Qyssi, M.R.M., 2001. "Unreinforced and Reinforced Behavior of Single and Group of Granular Piles" Ph.D. Thesis Submitted to the Building and Construction Department University of Technology.
 2. Terzaghi, K., 1943. "Evaluation of coefficient of sub-grade reaction", Geot., Vol. 5, No.(4), page 297.
 3. الشكرجي يوسف و المحمدي نوري, 1985. "هندسة الاسس" الطبعة الاولى, جامعة بغداد.
 4. Meyerhof, G. G., 1976 "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations" JGED, ASCE, Vol.102, GT 3, pp.195-228.
 5. Skempton, A. W., 1966. "Large Bored Piles-Summing up" Symposium on Large Bored Piles, Inst. of Civil Engrs. and Reinf. Conc. Assoc. London.
 6. Tomlinson, M.J., 1977. "Pile design and construction practical", London, A viewpoint Publications.
 7. Liu, C. and Evett, J., 2008. "Soils and Foundation", Pearson Prentice Hall, 7th Ed.
 8. Bowels, J.E., 1996. "Foundation Analysis and Design", Mc Graw-Hill Book Company, 5th Edition.

Improvement the bearing capacity of the soil which is supporting the shallow foundation by using bored short micro-piles

*Shaymaa khalid AbdulRahman Al-Chalabi**

*Assist. Lecturer, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Baghdad, Iraq

Abstract:

In this paper , concrete micro-piles were used to improve the bearing capacity of the soil which is supporting the shallow foundation by using groups of (4; 6 and 9) bored short micro-piles which have, ($D=0.125m$ and $D=0.1m$), and length to diameter ratio (L/D) equal to (6; 10 and 12) respectively.

To calculate the bearing capacity of the micro-piles, (Tomlinson) and (Lamda) methods were used; also the soil properties were taken from Al-Muthana airport, (Al-Qyssi, 2001) ^[1].

The results show that; increasing the number of piles and/ or the diameters and lengths; and the interaction between the bearing capacity of the shallow foundation with the bearing capacity of the pile group which leads to increasing the strength against the external loads; and the maximum bearing capacity was, when 9 piles with ($L/D=12$) was used. The improving ratio in the bearing capacity was (90%) compared with the bearing capacity of a (1×1) m shallow foundation without any piles.

The results show that, the Tomlinson method of analysis produce lower results than the Lamda method by a ratio of (2-6) %. The results show also that the use of bored short micro-piles with ($D=0.125\text{m}$); ($L/D=12$) and number of 4-piles better than the (9) bored short micro-piles which have ($D=0.1\text{m}$).