Numerical Study of Soil Bearing Capacity for Conical Shell Foundation on Sandy Soil

Dr. Rami Alabdeh [*]
Dyana Malek Ghabsha [**]

(Received 7 / 9 / 2024. Accepted 24 / 10 / 2024)

□ ABSTRACT □

Previous theoretical studies have shown the importance of conical shell foundations as an economical and effective alternative to traditional foundations especially in areas suffering from high construction material costs or weak soil conditions. Conical shell foundations are widely used in countries like India and Siberia due to their superiority in load transfer on weak soil.

In contrast, it is used very limitedly in many countries due to the difficulty and precision required for its implementation on one hand, and the lack of a precise understanding of its behavior and how to determine the soil bearing capacity beneath it on the other hand. Therefore, in this research, we conducted a numerical study using the finite element method and the PLAXIS 2D program for a conical shell foundation resting on sandy soil, examining the impact of various soil and foundation parameters on soil bearing capacity. The study investigated the effects of soil properties in terms of relative density, the impact of interface roughness, foundation height, and the influence of protrusions and peak angle. The Indian code stipulates that the ratio of height to radius (f/b) should be between 0.5 and 1. According to the parametric study, it has been shown that the bearing capacity increases as the ratio increases from 0.5 to 0.75. Beyond this point, any further increase in the ratio has no significant effect on the bearing capacity of a conical shell foundation resting on sandy soil.

The results were analyzed to determine the optimal conditions for designing conical shell foundations contributing to improved structural performance and reduced costs. This study represents an important step towards developing of foundation shapes and more efficient and suitable design methods in the field of civil engineering.

Keywords: Conical shell foundation, Soil bearing capacity, Sandy soil, Finite element method, PLAXIS 2D.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Associate Professor, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, ramihashimalabda@tishreen.edu.sy**
[**] **Postgraduate Student (Master), Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, diana.ghabsha@tishreen.edu.sy**

دراسة عددية لقدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي الشكل مستند على تربة رملية

د. رامي العبده*

ديانا مالك غبشة**

(تاريخ الإيداع 7 / 9 / 2024. قُبِل للنشر في 24/ 10 / 2024)

□ ملخّص □

أظهرت الدراسات النظرية السابقة أهمية الأساسات القشرية المخروطية كبديل اقتصادي وفعال للأساسات التقليدية خصوصاً في المناطق التي تعاني من ارتفاع أسعار مواد البناء أو ضعف التربة. تستخدم الأساسات القشرية المخروطية على نطاق واسع في دول مثل الهند وسيبيريا نظرًا لتفوقها في نقل الأحمال على التربة الضعيفة. بالمقابل، تستخدم على نطاق محدود جداً في العديد من الدول نظراً لصعوبة ودقة تنفيذها من جهة، ولعدم الفهم الدقيق لسلوكها وكيفية تحديد قدرة تحمل التربة تحتها من جهة أخرى. لذلك، قمنا في هذا البحث بإجراء دراسة عددية باستخدام طريقة العناصر المنتهية وبرنامج PLAXIS 2D لأساس قشري مخروطي مستند على تربة رملية، ودراسة تأثير العديد من بارامترات التربة والأساس على قدرة تحمل التربة. حيث تم دراسة تأثير كل من خواص التربة بدلالة الكثافة النسبية للتربة وتأثير خشونة السطح البيني وارتفاع الأساس وتأثير وجود بروز من عدمه وتأثير الزاوية الرأسية. يشترط الكود الهندي بأن تكون نسبة الارتفاع إلى نصف القطر(f/b) ما بين (0.5–1) أما بحسب الدراسة البارامترية فقد تبين أنه تزداد قدرة التحمل بزيادة النسبة من 0.5 إلى 0.75 وبعدها أي زيادة في النسبة ليس لها أي أهمية بما يخص قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي الشكل مستند على تربة رملية.

كما تم تحليل النتائج لتحديد الاشتراطات المثلى لتصميم الأساسات القشرية المخروطية مما يسهم في تحسين الأداء الإنشائي وتقليل التكاليف. وتعتبر هذه الدراسة خطوة مهمة نحو تطوير أشكال أساسات وأساليب تصميم أكثر كفاءة وملاءمة في مجال الهندسة المدنية.

الكلمات المفتاحية: أساس قشري مخروطي، قدرة تحمل التربة، تربة رملية، طريقة العناصر المنتهية، PLAXIS 2D.

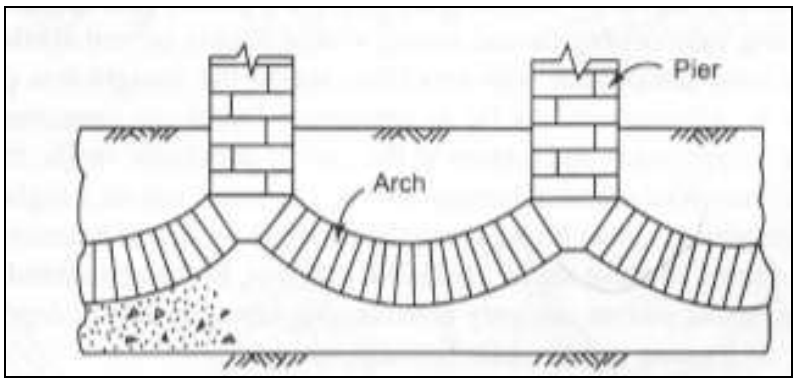
حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

*أستاذ مساعد، قسم الهندسة الجيوتكنيكية–كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

**طالبة دراسات عليا(ماجستير)، قسم الهندسة الجيوتكنيكية–كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مقدمة:

الأساسات القشرية: هي الجزء السفلي من المنشأ، التي تنقل الحمولات إلى التربة، وتتميز بكونها رقيقة وخفيفة الوزن وذات سماكة صغيرة وهي عناصر إنشائية تعتمد على الشكل بدلاً من الكتلة بالإضافة إلى أن الأساس وجوف التربة ضمن الأساس يعملان معاً كوحدة واحدة لتحمل الحمولات الخارجية. يوجد أنواع عديدة لها كالأساسات القشرية المثلثية والمخروطية والهرمي وذات قبة مقلوبة. وقد تم اختيار هذا النوع من الأساسات عند البحث عن أساسات اقتصادية وخاصة في البلاد التي تكون فيها مواد الإنشاء مرتفعة الثمن. لاحظ الألمان أثناء الحرب العالمية الثانية أن الأقواس من الطوب ذات قدرة تحمل عالية فاهتموا بها وبدأوا باستخدام المنشآت القشرية ومنها نشأت فيما بعد فكرة استخدام الأساسات القشرية، حيث تم استخدام مصطلح "أساس قشري" لأول مرة من قبل العالم الياباني J.K. Minami في عام 1949 عندما صمم أساساً أسطواني الشكل على تربة ناعمة [10]. اهتم الباحثون منذ أوائل 1950 بالأساسات القشرية ولجأوا إليها لما تقدمه من وفر اقتصادي مقارنة بالأساسات السطحية التقليدية من جهة، وفعاليتها في حالة الحاجة إلى نقل حمولة كبيرة إلى تربة تأسيس ذات قدرة تحمل منخفضة من جهة أخرى [1]. تعتبر الهند أكثر الدول استخداماً للأساسات القشرية حيث تم تأسيس العديد من المباني في الهند باستخدام أساسات بشكل أقواس مقلوبة (Inverted Masonry Arch foundations)[8] الشكل (1). كما تم وضع الكود الهندي IS: 9456−1980 لتصميم وتنفيذ الأساسات القشرية من النوع المخروطي (Conical)والقطع المكافئ الزائد (Hyperbolic Paraboloidal) [7]. كما استخدمت منطقة سيبيريا الأساسات القشرية في بناء المنشآت في مناطق استخراج النفط والغاز، وذلك بسبب ضعف التربة في تلك المناطق وصعوبة نقل المواد الإنشائية عند استخدام الأساسات التقليدية حيث وجدوا أن الأساس القشري يمكنهم تجنب مشاكل التربة الضعيفة وتقليل كمية المواد الواجب نقلها في ظروف نقل غير متطورة [10].



الشكل (1): أساسات بشكل أقواس مقلوبة

إشكالية البحث:

بالرغم من الميزات المتعددة التي تقدمها الأساسات القشرية المخروطية إلا أن استخدامها قليل في الحياة العملية. يعود ذلك إلى قلة الأبحاث والدراسات المتعلقة بتصميم وتنفيذ هذا النوع من الأساسات وعدم الفهم الدقيق لسلوكها. وبالتالي هناك حاجة للتعمق في دراسة هذه الأساسات ومقارنتها بالأساسات التقليدية.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهداف البحث في النقاط الرئيسية التالية:

-إجراء دراسة معمقة للأساسات القشرية المخروطية وتحديد مجال استخدامها الأمثل.

-مساهمة هذه الدراسة في الوصول إلى تصميم آمن واقتصادي لهذا النوع من الأساسات.

-إغناء البحث العلمي وفتح المجال لأبحاث لاحقة مكملة لهذا البحث.

يهدف هذا البحث بشكل أساسي إلى استخدام النمذجة العددية لتحديد قدرة التحمل لتربة تأسيس أساس قشري مخروطي مستند على تربة رملية تحت تأثير الحمولات الستاتيكية.

طرائق البحث ومواده:

المنهج المتبع في البحث هو المنهج التحليلي المقارن وسيتم اتباع الخطوات التالية لإنجازه:

1-الدراسة المرجعية: تتضمن الاطلاع على المراجع والأبحاث السابقة المتعلقة بموضوع البحث واستخلاص المفيد منها.

2- النمذجة العددية ومعايرة النموذج العددي: يتم وضع موديل عددي بطريقة العناصر المنتهية وباستخدام برنامج الحساب العددي الجيوتكنيكي PLAXIS 2D V 8.6 لأساس قشري مخروطي الشكل يستند على تربة رملية بحيث يسمح بتقدير قدرة التحمل الحدية للتربة الرملية تحت الأساس، وتحقيق الموديل على قيم تجريبية حصلنا عليها بنتيجة البحث المرجعي.

3- الدراسة البارامترية: تم دراسة تأثير أهم العوامل المؤثرة على قيمة قدرة تحمل التربة تحت الأساس القشري المخروطي وهي كما في الشكل2:

-تأثير خواص التربة (φ, γ, Ψ, ν) بدلالة الكثافة النسبية للتربة الرملية D_r%

-تأثير خشونة السطح البيني

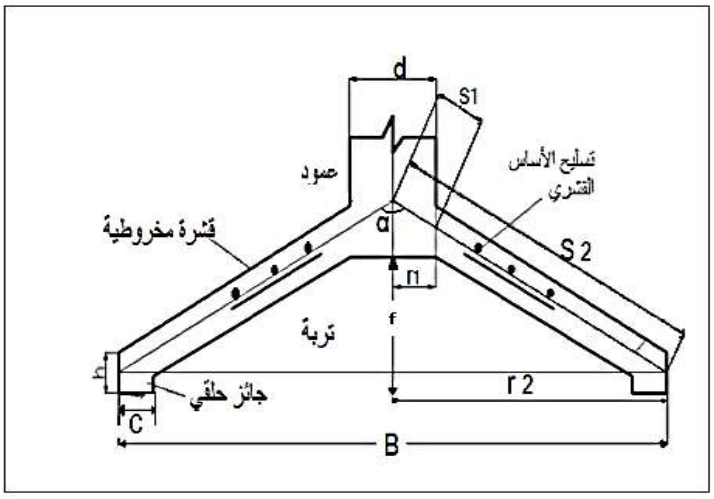
- تأثير ارتفاع الأساس القشري f

-مقارنة حالة وجود بروز c من عدم وجوده

-تأثير الزاوية الرأسية α

4- تحليل النتائج ومناقشتها.

5- وضع الاستنتاجات والتوصيات



الشكل (2): بارامترات الأساس القشري

لمحة نظرية

يوجد أشكال متعددة للأساسات القشرية [8,12] ويعتبر الأساس القشري المخروطي الشكل (3) أبسطها وأكثرها شيوعاً واستخداما ًولذلك سيقتصر بحثنا على دراسة قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي مستند على تربة رملية.

تقسم طرق تحديد قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي إلى:

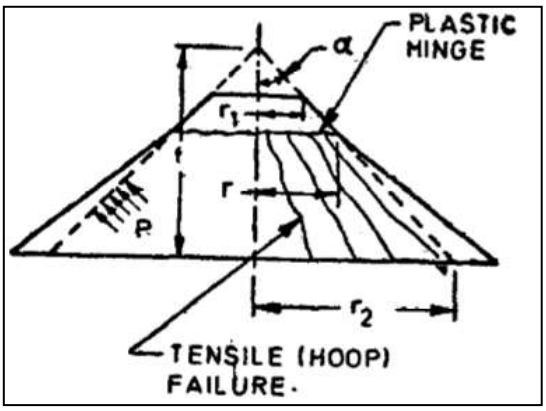
-تحليلية – تجريبية – عددية

الشكل (3): أساس قشري مخروطي

1- طرق تحليلية:

بحسب الكود الهندي IS:9456-1980 تعطى علاقة ضغط التربة الحدي الطبيعي تحت أساس قشري مخروطي كما يلي[7]:

$$P_{nu}=6[\frac{\frac{cos\propto}{2}(1-Ro)^2+\frac{M\sin\propto^2}{Nr2}Ro}{Ro^3-3Ro+2}]\frac{N}{r_2} \quad (1)$$



حيث:

N: التحمل الحدي للقشرية بواحدة العرض على الشد المباشر في اتجاه الطوق (ثابت)

$Ro=r_o$ حيث $\frac{r_o}{r_2}$ هو نصف القطر المقابل لموقع المفصل اللدن

M: سعة العزم للمفصل اللدن بواحدة العرض

الشكل4: الانهيار الحدي للأساس المخروطي

(r_o يمكن أن يؤخذ مساوياً r_1 لجميع الأهداف العملية)

-تم التوصل من خلال دراسة تحليلية إلى معادلة قدرة تحمل معدلة ومخططات لمعاملات قدرة تحمل معدلة لتأخذ بعين الاعتبار زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة والزاوية الرأسية للأساس القشري المخروطي [3] كما يلي:

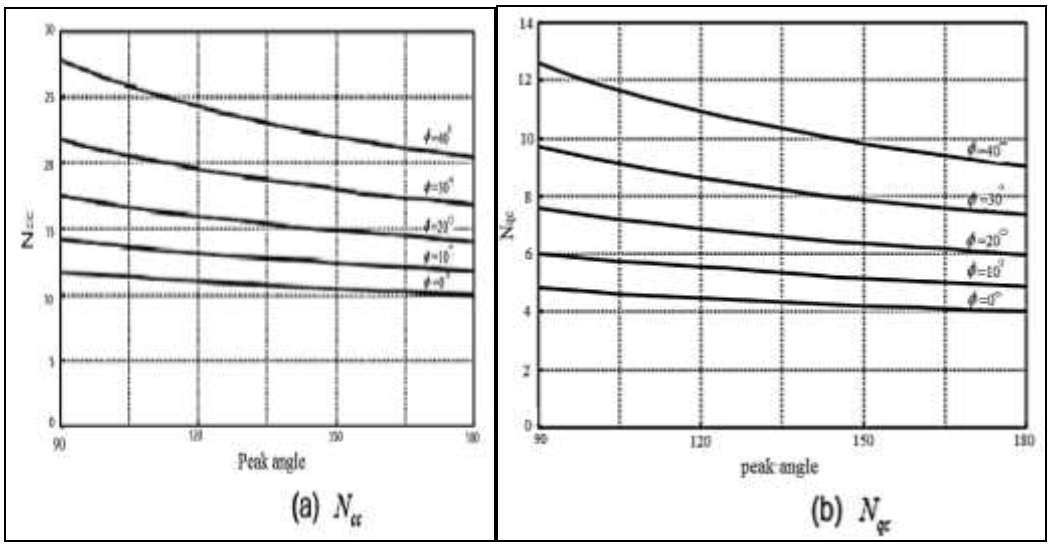
$$q_u=c\ N_{CC}+q_0\ N_{qc}+\frac{1}{2}\gamma B\ N_{\gamma c} \quad (2)$$

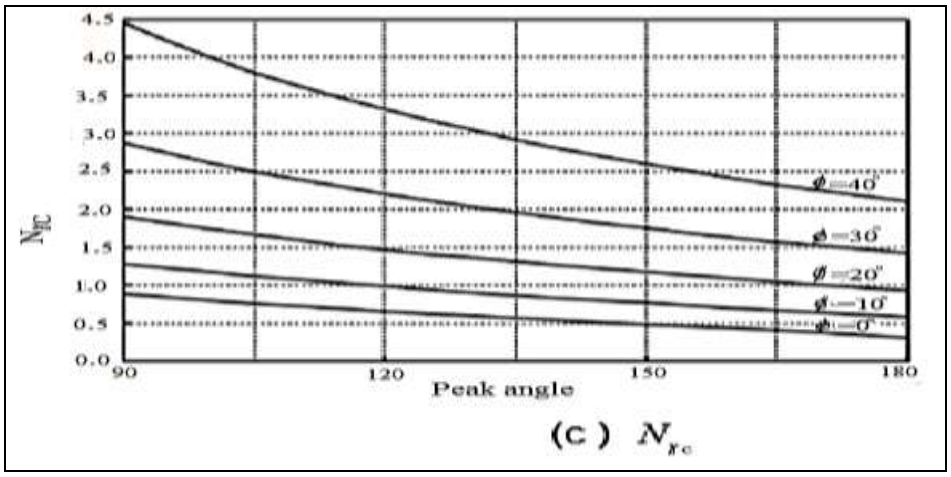
C: تماسك تربة التأسيس

q: الحمولة الإضافية الناتجة عن الوزن الذاتي للتربة فوق منسوب التأسيس

γ: الوزن الحجمي لتربة التأسيس، B: عرض الأساس

$N_{\gamma c}$ N_{qc} N_{cc} :عوامل قدرة تحمل التربة وتؤخذ من منحنيات خاصة بدلالة زاوية الاحتكاك الداخلي لتربة التأسيس والزاوية الرأسية للأساس القشري المخروطي الشكل(5)





الشكل (5): منحنيات حساب معاملات قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي [3]

2- طرق تجريبية:

قام Fernando *et al* 2011 بإجراء دراسة تجريبية بالمختبر على أساسات قشرية مخروطية وهرمية على تربة رملية جافة. تم تحديد قدرة تحمل التربة من خلال منحني الحمل- الهبوط بأخذ قيمة الحمل الموافق لهبوط قدره 25 mm [5].

3- طرق عددية:

قام Esmaili. D (2008) و Hataf. N باستخراج قيمة قدرة التحمل من منحني الحمل- الهبوط التربة لأساس قشري مخروطي و هرمي باستخدام برنامج PLAXIS باستخدام طريقة المماسات [4] وهي الطريقة التي سنتبعها في بحثنا التالي.

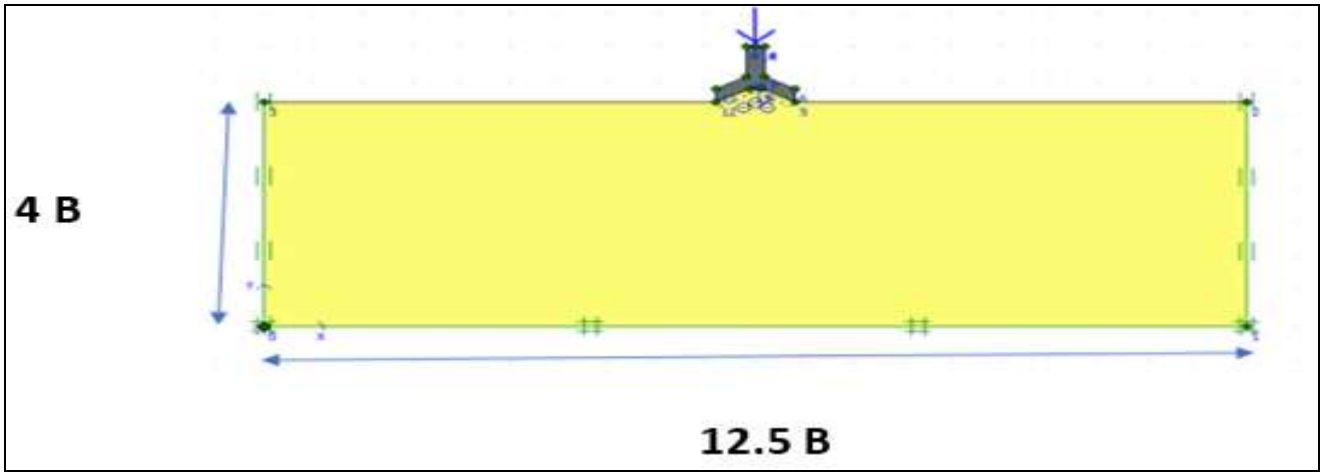
البرنامج المستخدم PLAXIS

تمت هذه الدراسة باستخدام برنامج PLAXIS 2D V 8.6 وهو برنامج يستخدم طريقة العناصر المنتهية من أجل التحليل الثنائي الأبعاد(2D) للمنشآت والمسائل الهندسية الجيوتكنيكية، ويعطي إمكانية استخدام عدد كبير من قوانين المادة الأساسية والمتطورة لنمذجة السلوك الإجهادي- التشوهي الخطي واللاخطي للتربة، إضافة لإمكانية دراسة الفعل المتبادل بين المنشأ والتربة من خلال عناصر تماس خاصة interface elements توجد جاهزة ضمن بيئة البرنامج تأخذ بالحسبان الإجهادات المماسية بين المادتين وذلك من خلال معامل يدعى R_{inter} يربط بين معاملات المواد المختلفة ويتعلق بنوعية المادة وخشونة السطح (Plaxis, 2005).

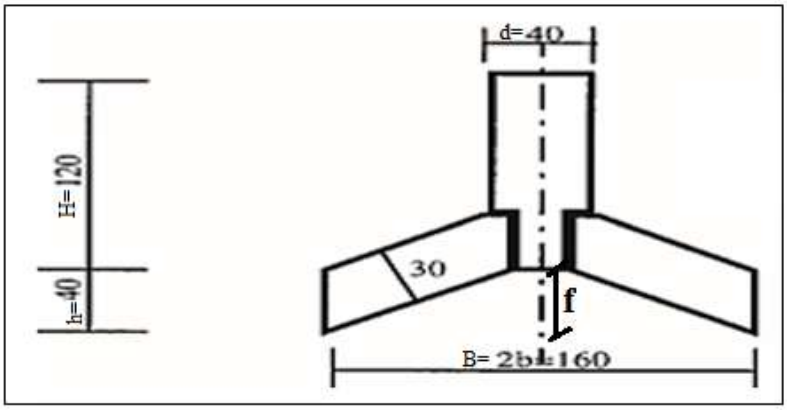
النتائج والمناقشة:

- الموديل العددي وتحقيقه

تم إعداد نموذج رياضي لحالة أساس قشري مخروطي يستند على تربة رملية، كما هو موضح في الشكل (6). تم نمذجة الأساس بصفته عنصرا مرنا باستخدام أداة line، وتم ملؤه بمادة البيتون، مع اعتبار حالة تناظر محوري (Axisymmetric) بالنسبة للمحور الشاقولي المار من منتصف الأساس. أما بالنسبة لأبعاد الأساس القشري المخروطي المستخدم في التجربة فقد كان الأساس بقطر (B=160 mm) وباقي الأبعاد موضحة في الشكل (7)



الشكل (6): النموذج العددي المعتمد في الدراسة البارامترية(FE-model)



الشكل (7): أبعاد النموذج العددي بالمليمتر

أما بالنسبة للتربة، فقد تم اختيار أبعاد النموذج L=12.5 B, T=4 B لضمان عدم تأثير الشروط الطرفية على دقة النتائج[1] تم نمذجة السلوك الإجهادي – التشوهي للتربة باستخدام موديل مور–كولومب.

نظراً لعدم إمكانية إجراء قياسات حقلية أو مخبرية لقدرة تحمل التربة لأساس قشري متوضع على التربة وتحقيق الموديل عليها تم إجراء المعايرة على نموذج مخبري تم الحصول عليه بنتيجة البحث المرجعي [6].

المعطيات التجريبية

قام Abdel- Rahman, M (1998) بدراسة تجريبية في مختبر جامعة كونكورديا في كندا على نموذج مصغر لدراسة السلوك الجيوتكنيكي للأساسات القشرية المخروطية وتحديد قدرة تحمل التربة الرملية تحتها. سنعتمد على نتائج هذه التجربة في تحقيق الموديل العددي الذي اقترحناه وفيما يلي يبين الجدول (1) مواصفات الرمل المستخدم في التجربة

الجدول (1) مواصفات الرمل المستخدم في التجربة[6]

البارامتر	
Dr%	22
γ	16.5 KN/m^3

γ_{sat}	19.6 KN/m^3
φ	34
ψ	4
C	0.2
E	13200 KN/m^2
ν	0.3

كما يوضح الجدول (2) مواصفات البيتون (مادة الأساس) المستخدم في التجربة:

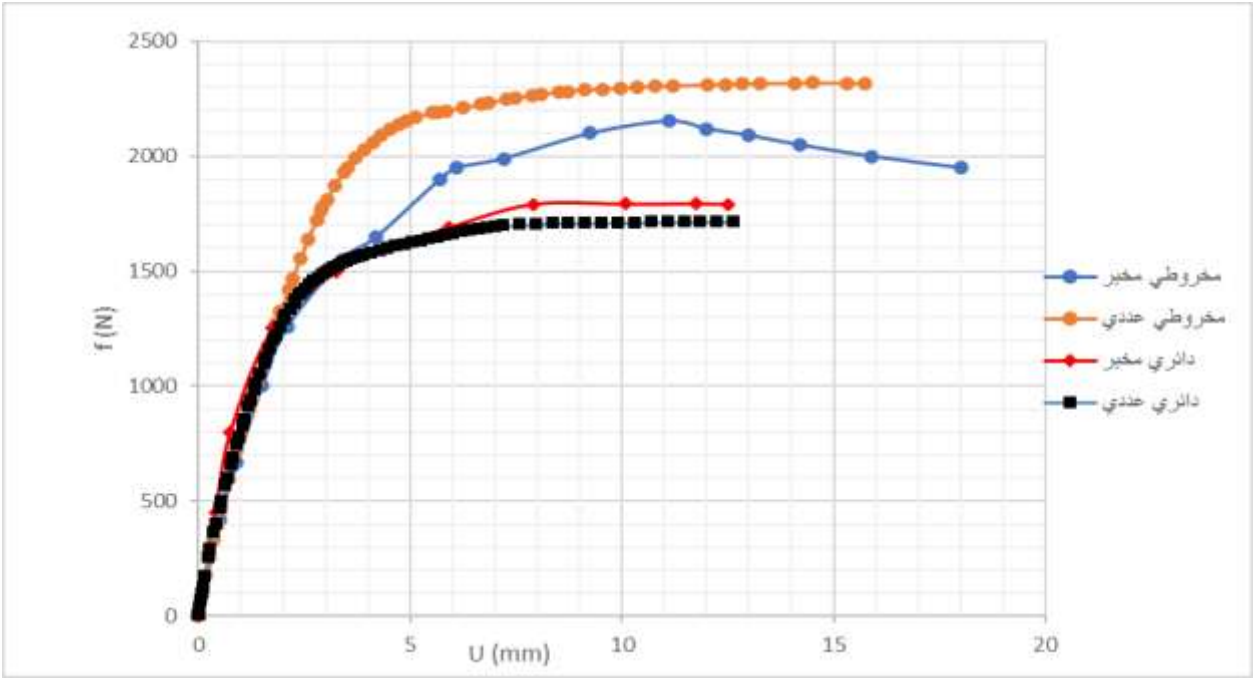
الجدول (2) مواصفات البيتون المستخدم في التجربة

γ	24 KN\m^3
E	2.66*10^7 KN/m^2
ν	0.2

أما بالنسبة لأبعاد الأساس القشري المخروطي المستخدم في التجربة فقد كان الأساس بقطر (B=160 mm) وباقي الأبعاد موضحة في الشكل (7). كما أنه تم إجراء مقارنة مع الأساس السطحي التقليدي الدائري بنفس الأبعاد ومواصفات التربة.

- مقارنة النتائج العددية والتجريبية

تم رسم منحني الحمولة– الهبوط كما هو موضح في الشكل (8)، وتم استخراج قيمة قدرة التحمل التربة باستخدام طريقة المماسات، ومقارنتها مع المنحني المستنتج من التجارب المخبرية عند كثافة نسبية تبلغ 22%. تشير المقارنة بين نتائج التحليل العددي والنماذج المخبرية إلى توافق جيد بينهما، كما يتضح من الشكل أدناه.



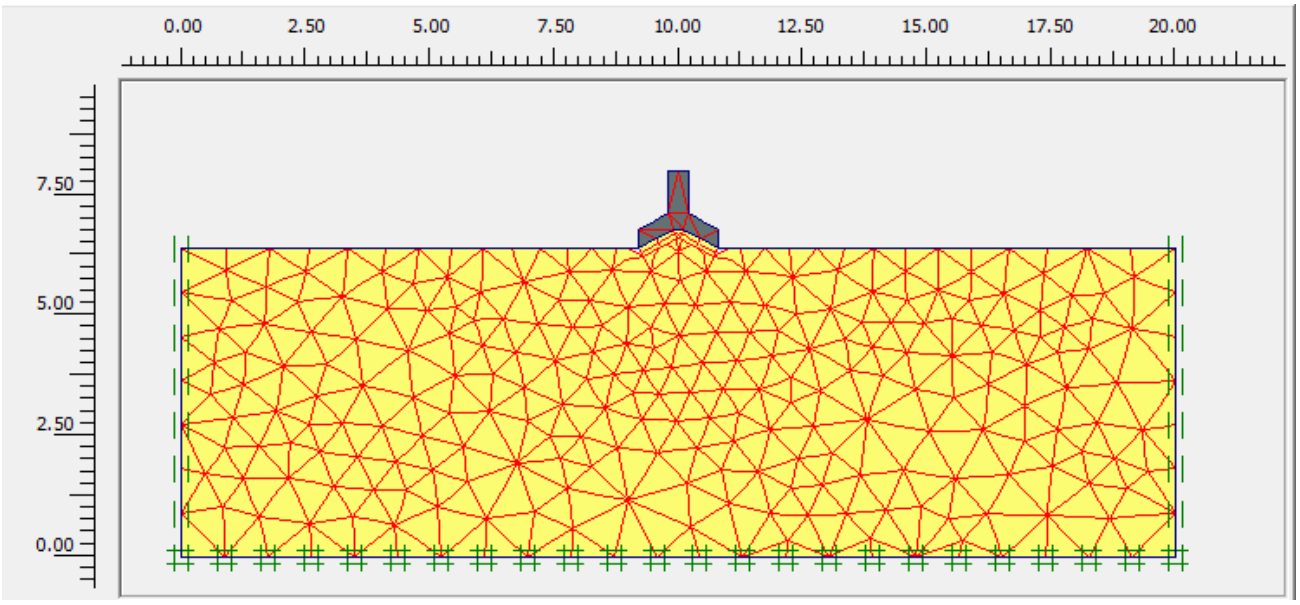
الشكل (8) مقارنة بين نتائج النموذج المخبري ونتائج التحليل العددي وذلك عند كثافة نسبية22%

من خلال الشكل (8)، يتضح أن قيمة قدرة تحمل التربة للنموذج المخبري المخروطي تبلغ 2153 نيوتن، بينما قيمة قدرة تحمل التربة للنموذج العددي المخروطي 2320 نيوتن. وبالتالي، فإن الفارق بين القيمتين هو 7%، مما يعتبر فارقًا ضئيلاً يشير إلى توافق جيد بين النموذجين، يعكس هذا التوافق دقة الأساليب المستخدمة في كلا التحليلين، مما يعزز الثقة في النتائج المستخلصة. كما نلاحظ عند معايرة اساس دائري بنفس الأبعاد وخواص التربة مع نموذج مخبري أن قدرة تحمل التربة للنموذج المخبري تبلغ 1792 نيوتن، بينما تصل قدرة تحمل التربة للنموذج العددي إلى 1716 نيوتن. وبالتالي، فإن الفارق بين القيمتين هو 4%، مما يعتبر فرقًا ضئيلاً يشير إلى توافق جيد بين النموذجين.

-الدراسة البارامترية

من أجل إجراء دراسة بارامترية للعوامل المؤثرة على قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي. تم أخذ أساس قشري مخروطي مشابه للأساس المستخدم في التجربة والتحقيق مع تكبير للأبعاد لتصبح واقعية. وبالتالي أبعاد الأساس المستخدمة في الدراسة البارامترية هي: B=1.6 , f=0.4 ,d=0.4 , H=1.2 m

قمنا بتقسيم النموذج باستخدام شبكة العناصر المنتهية (mesh) والمكونة من 1032 عنصر مثلثي ب 6 عقد للعنصر الواحد، كما هو موضح في الشكل (9).



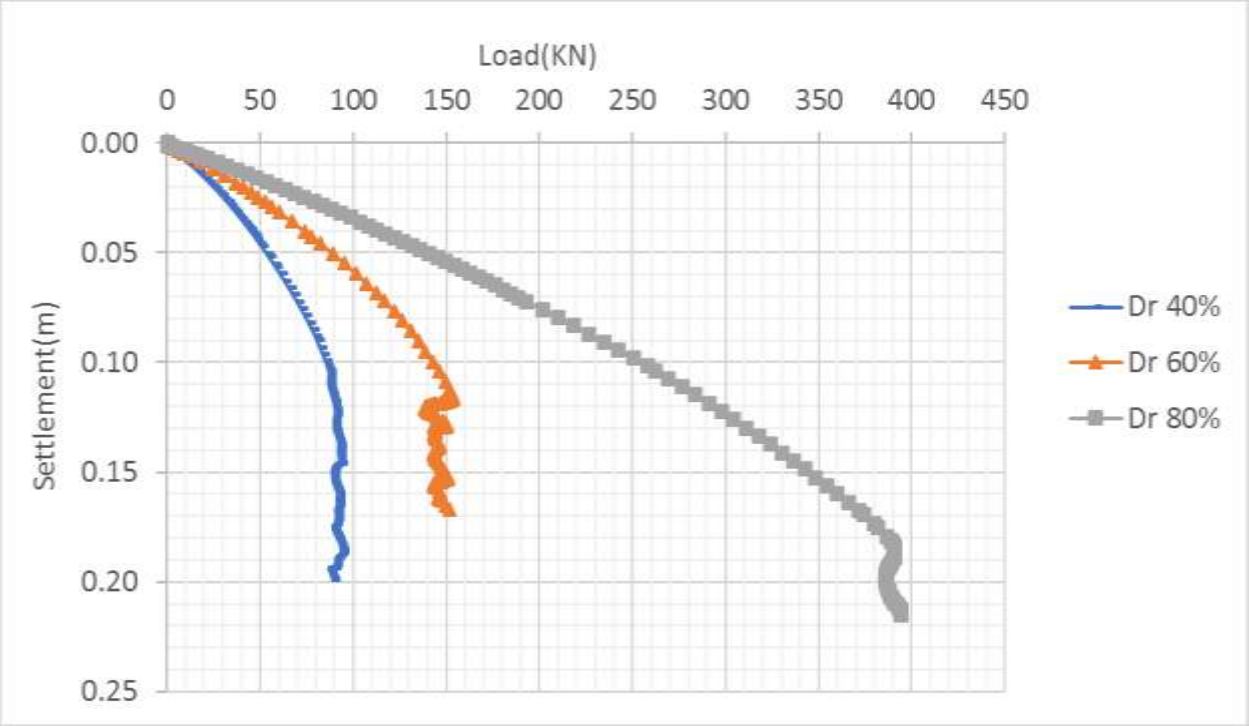
الشكل (9): شبكة العناصر المنتهية المستخدمة

1-تأثير خواص التربة الرملية بدلالة الكثافة النسبية

من أجل دراسة تأثير الكثافة النسبية للرمل على قدرة تحمل التربة لأساس القشري المخروطي تم الحساب العددي ورسم العلاقة بين (الحمل-الهبوط) لأساس قطره B= m1.6 من أجل ثلاث حالات للرمل: رمل متراص (Dr=80) ورمل متوسط التراص (Dr=60) ورمل مخلخل (Dr=40) الشكل (9) وباقي خصائص التربة موضحة في الجدول (3) حيث تم استنتاج خواص التربة الرملية بدلالة كثافتها النسبية Dr بالاعتماد على العلاقات المقدمة من قبل Brinkgreve, *et al.*,2010)

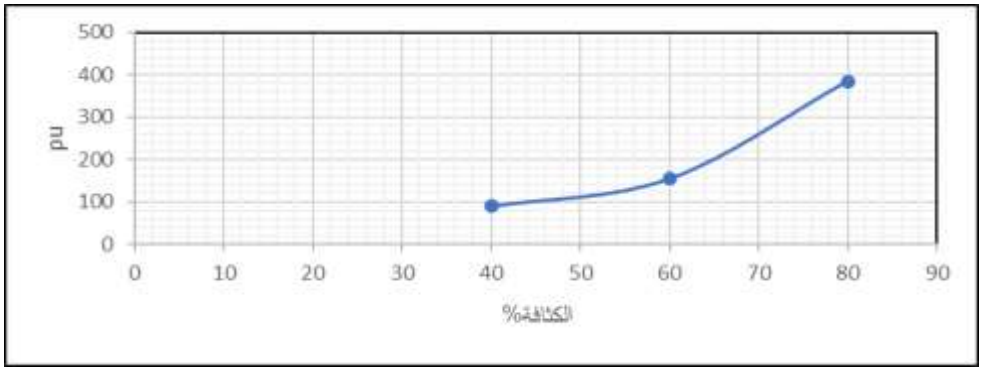
جدول (3): مواصفات الرمل المستخدمة في دراسة تأثير تغير الكثافة النسبية (Dr)

Dr (%)	40	60	80
γ (KN/m^3)	16.6	17.4	18.2
γsat (KN/m^3)	19	20	21
φ (^{0})	32.8	35.5	41.1
Ψ (^{0})	0	5	11
C (KN/m^2)	0.2	0.2	0.2
E (KN/m^2)	24000	36000	48000
v	0.313	0.295	0.255



الشكل (10): منحني الحمل– الهبوط من أجل الحالات المختلفة للكثافة النسبية Dr للتربة الرملية تحت الأساس القشري المخروطي

ويبين الشكل (11) قيم قدرة التحمل من أجل الحالات المدروسة للكثافة النسبية Dr



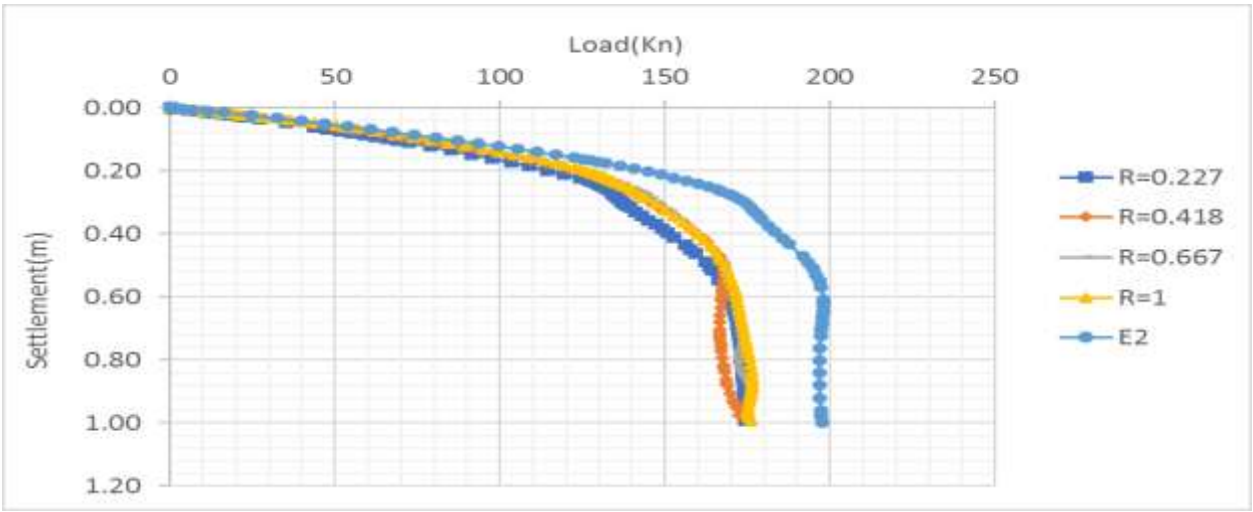
الشكل (11): العلاقة بين قدرة تحمل التربة والكثافة النسبية للتربة تحت الأساس القشري المخروطي

نلاحظ من الشكل (11) أنه تزداد قدرة تحمل التربة للأساس القشري المخروطي بزيادة الكثافة النسبية Dr للتربة تحت الأساس القشري المخروطي حيث ازدادت قدرة التحمل من 90 إلى 155 إلى 385 عندما ازدادت الكثافة النسبية للتربة الرملية من 40 إلى 60 إلى 80 على الترتيب ويمكن إرجاع ذلك بوضوح إلى زيادة ارتصاص التربة وزاوية احتكاكها الداخلي مع زيادة الكثافة النسبية Dr للتربة تحت الأساس القشري المخروطي.

2-تأثير خشونة السطح البيني

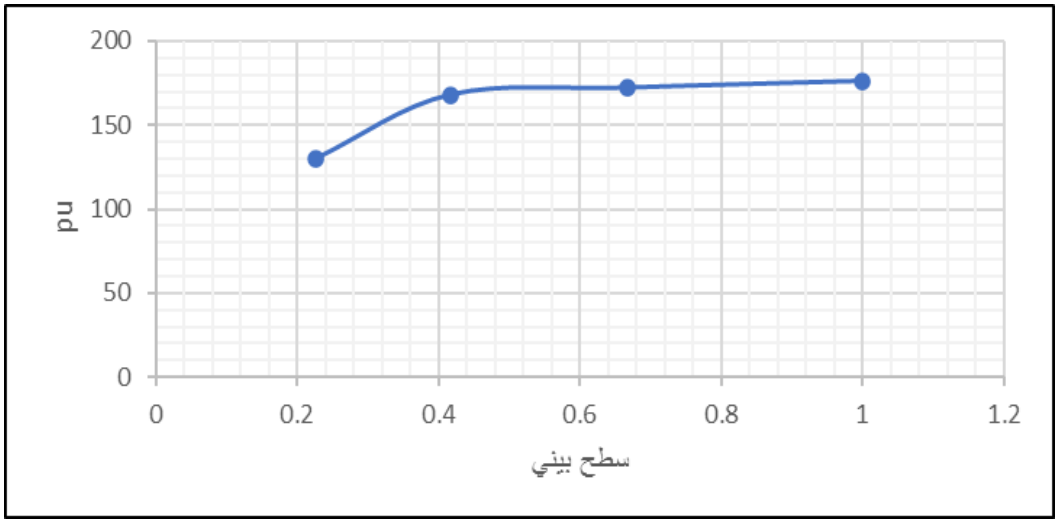
يوجد ضمن برنامج Plaxis أداة تستخدم لتمثيل سطوح الاحتكاك بين التربة وباقي العناصر الإنشائية المستخدمة. إن تمثيل درجة خشونة سطح التماس يمكن أن تتم عن طريق اختيار قيمة مناسبة لعامل تخفيض المتانة في سطح التماس R_{inter}.

تم دراسة تأثير خشونة السطح البيني ما بين التربة والأساس من اجل قيم مختلفة (1-0.667-0.418-0.227) ومقارنتها مع حالة عدم وجود سطح بيني E2الشكل (12).



الشكل (12) تأثير تغير السطح البيني على منحني حموله- هبوط لأساس قشري مخروطي على تربة رملية

يبين الشكل (13) قيم قدرة التحمل من أجل قيم مختلفة لعامل السطح البيني.



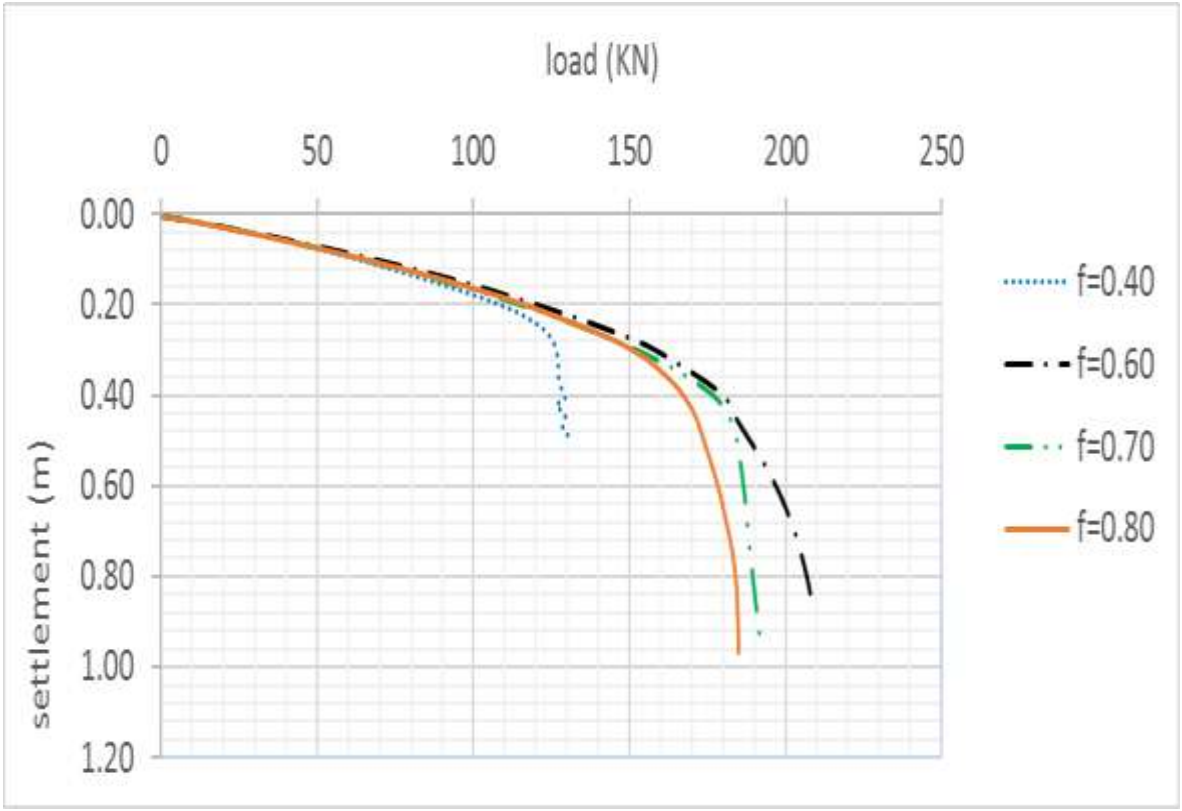
الشكل (13) العلاقة بين قدرة تحمل التربة وخشونة السطح البيني

نلاحظ من الشكل (13) أنه تزداد قدرة التحمل بزيادة عامل السطح البيني من 0.227 إلى 0.418 ثم تصبح الزيادة في قدرة التحمل مهملة بزيادة عامل السح البيني ومن الشكل (12) نجد أنه تكون قدرة التحمل أكبر مايمكن في الحالة المثالية عند عدم وجود سطح بيني.وذلك بسبب التلامس المباشر: عندما يكون هناك تلامس مباشر بين الأساس والتربة، يتم توزيع الأحمال بشكل أفضل. هذا التوزيع يقلل من تركيز الضغوط على نقاط معينة، مما يزيد من قدرة تحمل التربة.

3-تأثير ارتفاع الأساس القشري المخروطي

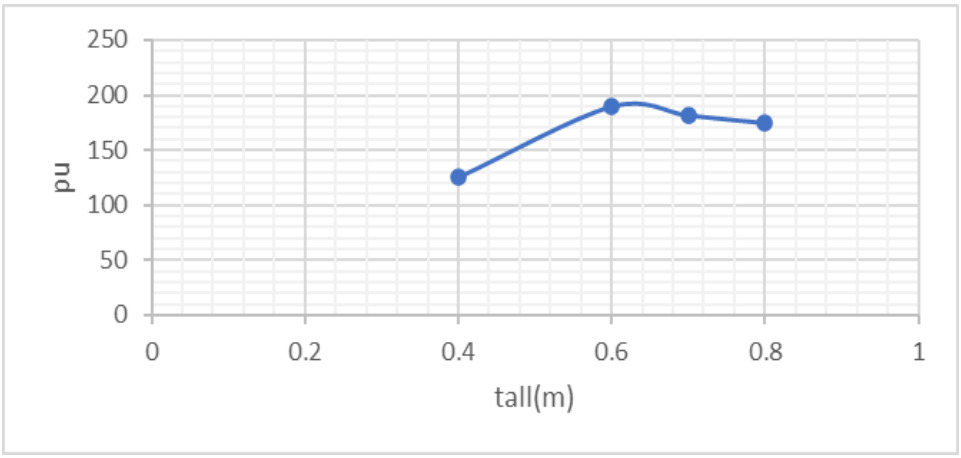
من أجل دراسة تأثير ارتفاع الأساس القشري المخروطي f على قدرة تحمل التربة تحته، تم إجراء تحليل عددي لنماذج تم فيها تثبيت جميع أبعاد الأساس المبينة في المثال النموذجي المذكور سابقاً باستثناء ارتفاع الأساس الذي تم تغيره ضمن المجال [0.4-0.8] اعتماداً على اشتراط الكود الهندي بأن تكون نسبة الارتفاع إلى نصف القطر ما بين (0.5-1) وبالتالي تمت الدراسة وفق القيم التالية لارتفاع الأساس القشري المخروطي (0.4-0.6-0.7-0.8m)

يبين الشكل (14) منحنيات الحمل الهبوط لأساسات قشرية مخروطية بارتفاعات مختلفة.



الشكل (14) منحني الحمل– الهبوط من أجل قيم مختلفة لارتفاع الأساس القشري المخروطي

كما يبين الشكل (15) تغير القيمة الحدية لقدرة التحمل مع تغير ارتفاع الأساس القشري المخروطي f.



الشكل (15) العلاقة بين قدرة تحمل التربة وارتفاع الأساس

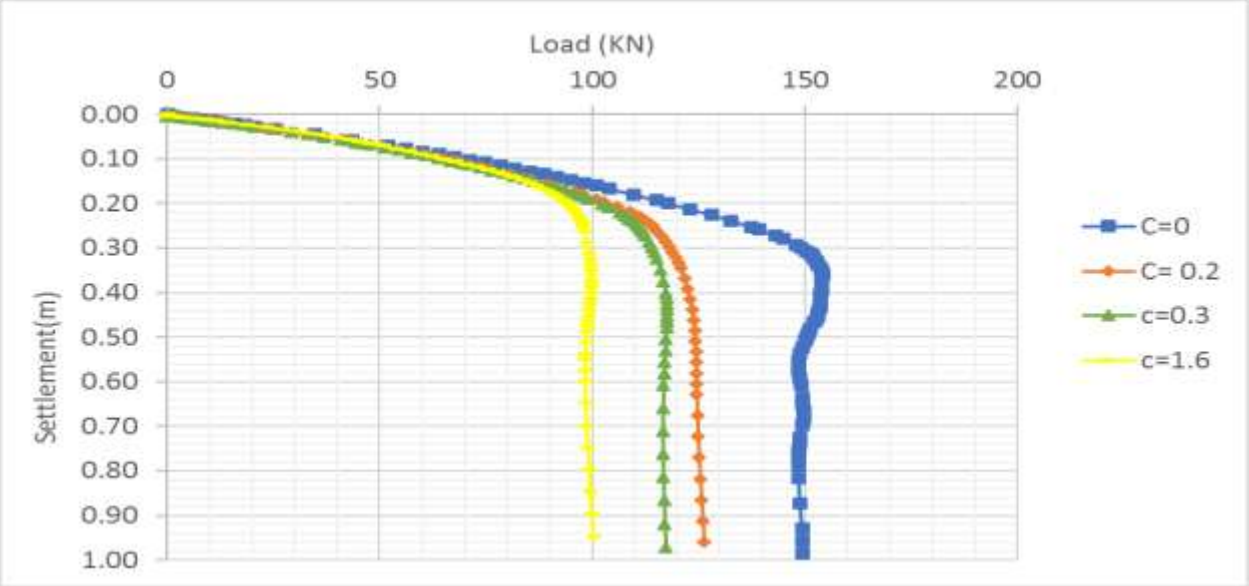
نلاحظ من الشكل (15) بوضوح أنه:

تزداد قدرة تحمل التربة بازدياد الارتفاع حتى القيمة 0.6 ثم تصبح قيمة قدرة التحمل التربة ثابتة تقريباً بازدياد الارتفاع.

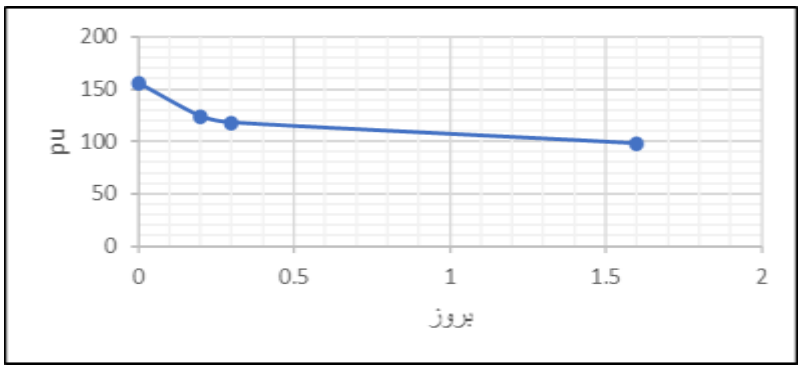
يشترط الكود الهندي بأن تكون نسبة الارتفاع إلى نصف القطر(f/b) ما بين (0.5–1) أما بحسب الدراسة البارامترية فقد تبين أنه تزداد قدرة التحمل بزيادة النسبة من 0.5 إلى 0.75 وبعدها أي زيادة في النسبة ليس لها أي أهمية بما يخص قدرة التحمل.

4-تأثير وجود بروز c من عدم وجوده:

من أجل دراسة تأثير البروز c على قدرة تحمل التربة لأساس قشري مخروطي أجرينا الحساب من أجل القيم التالية (c=1.6-0.3-0.2-0) بعد تثبيت باقي بارامترات الأساس والتربة المبينة في المثال النموذجي واستنتجنا منحنيات الحمل -الهبوط الموضحة في الشكل (16)



الشكل (16) منحني الحمل- الهبوط من أجل قيم مختلفة للبروز

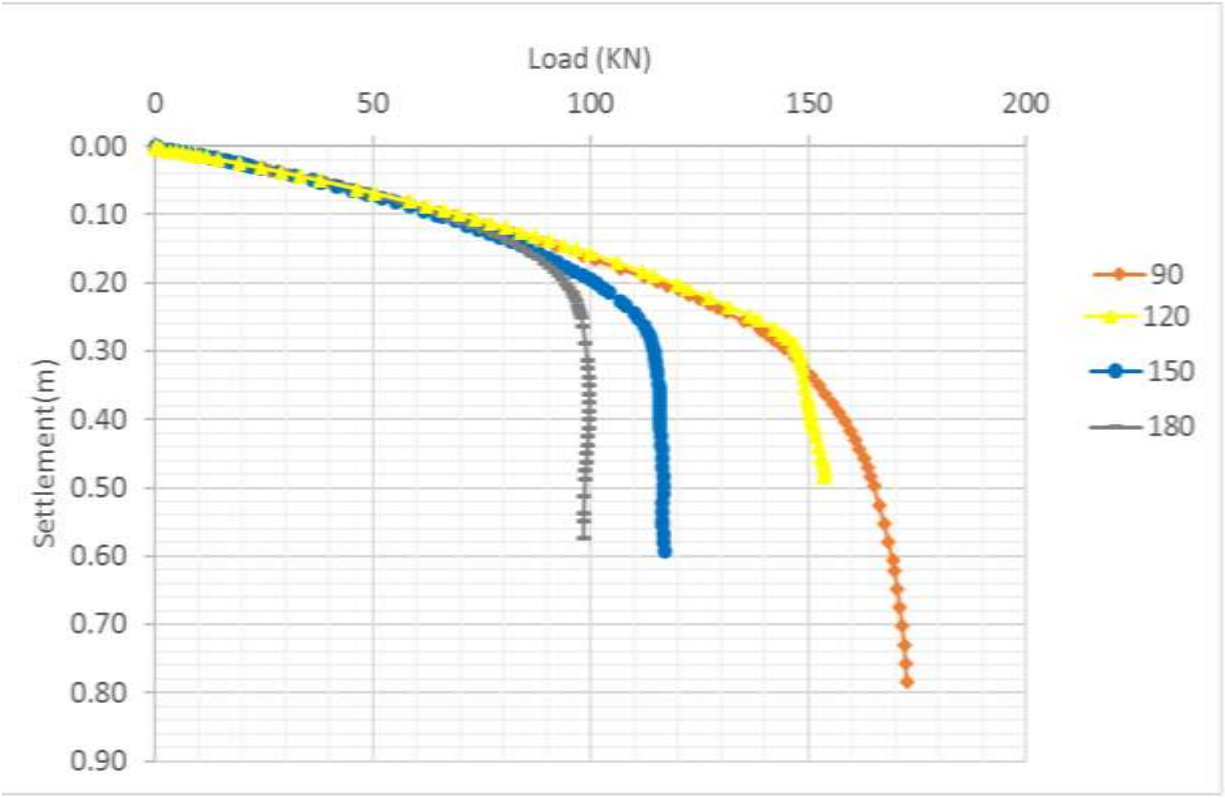


الشكل (17) العلاقة بين قدرة تحمل التربة والبروزc

بمقارنة المنحنيات نلاحظ أن قدرة تحمل التربة المحسوبة تتناسب عكساً مع البروز وذلك لأن عند زيادة البروز يقترب شكل الأساس من الأساس السطحي التقليدي ذي قدرة تحمل التربة المنخفضة مقارنة بالأساس القشري المخروطي وذلك نتيجة تناقص سطح التماس مع التربة أسفل الأساس.

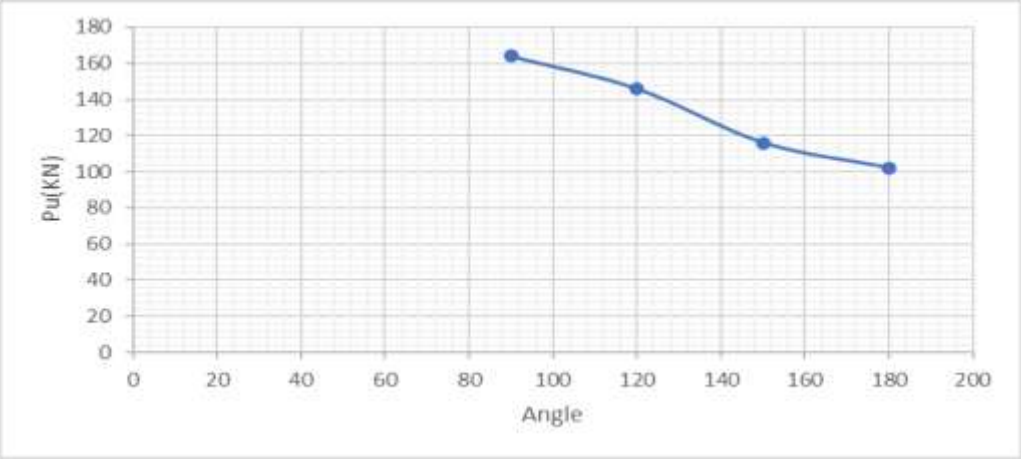
5-تأثير الزاوية الرأسية

تم دراسة تأثير تغير الزاوية الرأسية α الشكل (2) على منحني الحمل -الهبوط حيث تم إجراء دراسة عددية على أربع قيم من α (90-120-150-180) وتم رسم منحني الحمل- الهبوط للحالات المدروسة الشكل(18).



الشكل (18) منحني الحمل- الهبوط لزوايا رأسية مختلفة للأساس القشري المخروطي

يبين الشكل (19) العلاقة بين الزاوية الرأسية وقدرة تحمل التربة



الشكل (19) العلاقة بين قدرة تحمل التربة والزاوية الرأسية

نلاحظ من الشكل (19) أنه تزداد قدرة تحمل تربة الأساس بانخفاض قيمة الزاوية الرأسية للأساس وهذا يتوافق مع الدراسات السابقة [3,11]، ويفسر ذلك بأنه عند انخفاض الزاوية الرأسية مع بقاء القطر B ثابتاً يزداد حجم التربة داخل الأساس.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

من خلال نتائج التحليل العددي بطريقة ال FEM لأساس قشري مخروطي متوضع على تربة رملية، تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

–نجد أنه تزداد قدرة تحمل التربة بزيادة الكثافة النسبية.

–تزداد قدرة التحمل بزيادة عامل السطح البيني وتكون أكبر مايمكن في الحالة المثالية عند عدم وجوده.

–تزداد قدرة التحمل بزيادة النسبة الارتفاع الى نصف القطر من 0.5 إلى 0.75 وبعدها أي زيادة في النسبة ليس لها أي أهمية بما يخص قدرة التحمل.

–تتناسب قدرة تحمل التربة المحسوبة عكساً مع البروز c.

–تزداد قدرة تحمل تربة الأساس بانخفاض قيمة الزاوية الرأسية للأساس.

التوصيات

- يوصى بإعطاء اهتمام أكبر لاستخدام الأساسات القشرية على نطاق واسع لأنها أساسات اقتصادية وذات كفاءة عالية
- يوصى بإجراء دراسات تجريبية على نماذج بأبعاد حقيقية، وتوسيع مجال الدراسة من حيث دراسة تأثير تغير خواص تربة التأسيس ودراسة حالات تربة مؤلفة من طبقتين.
- يوصى بإجراء دراسات عددية على أنواع أخرى من الأساسات القشرية كالهرمي والمثلثي.
- يوصى بإجراء دراسات إضافية تشمل أنواعًا أخرى من التربة. سيمكن ذلك من فهم سلوك التربة بشكل أعمق وتطبيق النتائج على مجموعة متنوعة من الظروف الجيولوجية.

References:

1. Abdel-Rahman M. Geotechnical Behavior of Shell Foundations. PhD Thesis. Concordia University; 1996.

2. Brinkgreve R.B.J., Engin E., Engin H.K. Validation of empirical formulas to derive model parameters for sands. In: Proceedings of the 7th NUMGE; 2010; Trondheim, Norway.

3. Colmenares J.E., Kang S.R., Shin Y.J., Shin J.H. Ultimate Bearing Capacity of Conical Shell Foundation. Struct Eng Mech. 2014;52(3):507-23.

4.Esmaili D., Hataf N. Experimental and Numerical Investigation of Ultimate Load Capacity of Shell Foundations on Reinforced and Unreinforced Sand. Iranian J Sci Technol, Trans B, Eng. 2008;32(B5):491-500.

5. Fernando N., et al. The Experimental Investigation of Failure Mechanism and Bearing Capacity of Different types of Shallow Foundations; 2011.

6. Hanna A., Abdel-Rahman M. Experimental Investigation of Shell Foundations on Dry Sand. Can Geotech J. 1998;35(5):847-57.

7.Indian Standard Code of Practice for Design and Construction of Conical and Hyperbolic Paraboloidal Types of Shell Foundations IS: 9456. 1980.

8.Kurian N.P. Shell Foundations Geometry, Analysis, Design and Construction. Harrow, U.K: Alpha Science International Ltd; 2006.

9.PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analyses - User's Manual, Version 8.6. Delft, The Netherlands; 2005.

10. Pronozin Y.A., Poroshin O.S., Melnikov R.V. Modern Effective Foundations. Tyumen, Russia; 2015.

11. Ramesh M., Blessy M.J. Experimental study on conical shell footing. Int J Eng Res Technol (IJERT). 2015;4(06):1-6.

12. Varghese P.C. Design of Reinforced Concrete Foundations. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd; 2009.