تأثير الفجوات على توزيع الاجهادات والهبوط تحت الأسس

سهيل إدريس عبد القادر خطاب
أستاذ مساعد

أمينة احمد خليل ال ّشمام
مدرس مساعد

قسم الهندسة المدنية -كلية الهندسة - جامعة الموصل

الخلاصة

تم دراسة تأثير الفجوات على مواقع توزيع الاجهادات وقيم الهبوط بطريقة نظرية بالاعتماد على برنـــامجي PLAXIS2D,3D لعدد من المتغيرات المتمثلة بشكل الفجوة، ومساحة مقطع أو حجم الفجوة، . كما تمت دراسة تغير كل من عمق وموقع الفجوة مع اخذ حالة وجود أكثر من فجوة واحدة. دُرس تأثير هذه المتغيرات دراسة نظرية تحت أنواع من الأسس.

أظهرت النتائج أن لشكل الفجوة وزيادة أحجام الفجوات تأثيراً على مواقع توزيع الاجهادات و قيم الهبوط تحت الأساس لمقاطع الفجوات المختارة. كما أظهرت النتائج كذلك تغير مواقع توزيع الاجهادات وزيادة قيم الهبوط في حال وقوع الفجوة ضمن عمق (قيم y) يمكن أن يعرف بالعمق الحرج. كما تم التوصل إلى أن هنالك منطقة (قيم x) يمكن أن تعرف بالمنطقة الحرجة تحت الأساس، عند وقوع الفجوة ضمن هذه المنطقة يكون مؤثراً بشكل كبير. وأن زيـــادة عدد الفجوات تؤثر على مواقع توزيع الاجهادات ويزيد قيم الهبوط تحت الأساس في حال وقـــوع الفجـــوات ضـــمن المنطقة أو العمق الحرج.

Effect of cavity on Stress distribution and Settlement under Foundation

S. A. Khattab
Assistant Professor

A. A. Khalil
Assistant Lecturer

Civil Engineering Department-MOSUL University

Abstract

In this research the effect of cavities on the stability of foundation has been studied using non-linear finite elements analysis through the programs PLAXIS2D, and PLAXIS3D. The study included a number of variables represented by shape, size, sectional area, location, and depth of a single cavity under the base of footings. The effect of the above variables on settlement and stress distribution was studied on isolated square, round and strip footing.

Results showed that the shape and volume of the cavity has an effect on the settlement and concentration of stress under the footing for the chosen cavity sections (Circular, Ellipse1, Ellipes2, Loaf, Square) when the cavity is situated at a depth less than twice the width of strip foundation or 1.5 times the width/diameter of isolated square/circular footings. The study also showed an increase in the values of settlement and concentration of stress at what may be termed as the critical depth under the footing. It was also concluded that there exists a zone that may be called the critical zone below the footing (zone of radial shear and failure plane). If a cavity is situated within this zone then it will have a serious effect. Large value of settlement were recorded for cavities situated within this zone under the footing.

Keywords: Cavity, Settlement, Stress, Finite Element.

أستلم في 2008/11/10 **قبل في 2009/2/26**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1 - المقدمة

وجود الفجوات تحت سطح الأرض سواء الطبيعية منها في الترب والصخور القابلة للذوبان والتي تشكلت بتأثير وجود المياه أو النواتج العرضية لبعض المعامل أو صناعية كنتيجة لعمليات التعدين واستخراج الخامات يمكن أن تسبب مشاكل رئيسية في أعمال الهندسة المدنية. أظهرت دراسات عديدة وجود فجوات على أعماق مختلفة ممتدة أفقيا تحت سطح الأرض في مناطق عديدة من محافظة نينوى بسبب ذوبان طبقات الجبس والانهايدرايت تحت أجزاء واسعة من المدينة كدراسة الخشاب واخرين 1986, والليلة وثابت 1990, ودراسة السالم وثابت 2001 ودراسة المحجوب وآخرين 2006 فضلاً عن العديد من الدراسات الأخرى في هذا المجال.[1,2,3,4]

حركة المياه الجوفية تحت سطح الأرض في الصخور الجبسية والملحية والكلسية من خلال الشقوق والفواصل تعمل على توسيع الشقوق والفواصل وإذابة الصخور ونقل للمواد الناعمة مكونا الفجوات والتي تمتاز بأنها تكون غالبا ذات إشكال غير منتظمة وتتعرض للانهيار عندما تصل إلى الحجم الحرج.[5]

إن التحريات الدقيقة لتحديد موقع الفجوات والفراغات القريبة من السطح يعد من العوامل المهمة حيث يمكن أن تشكل هذه الفجوات قنوات لحركة المياه وتزداد في التوسع وتنهار عندما تصل إلى حجم حرج وبالتالي تؤثر سلبا على أسس الأبنية والركائز وغيرها من المنشات. من المهم أيضا معرفة خصائص المواد المالئة للفجوة والسطح المحيط به، حيث يمكن أن تكون الفجوة ممتلئة بالهواء (Dry-air Filled) أو ممتلئة بشكل جزئي أو كلي بالماء أو مواد مترسبة رخوة (Soft Sediment) وبالتالي تكون بكثافة مختلفة عن كثافة الأجزاء المحيطة بها.[6,7]

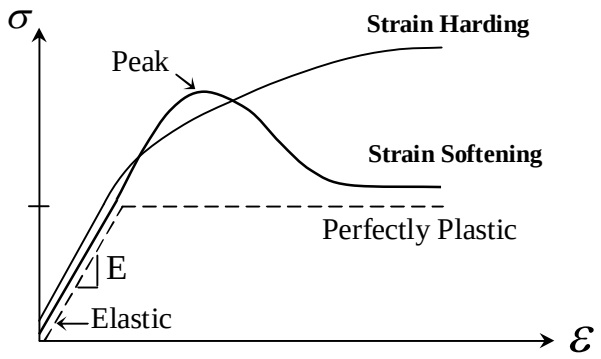
من الدراسات التي أجريت في هذا المجال دراسة قابلية تحمل أساس شريطي بوجود فجوة دائرية المقطع من قبل (Wang et al., 2001) ولمدى متغير لكل من عرض الأساس ومقطع الفجوة لتربة متغيرة الخواص مكونه من طبقة واحدة. أستخدم برنامج مكتوب بلغة (Boland C++). استنتج الباحثون مجموعة من المخططات التي من خلالها يمكن إيجاد العمق الحرج للفجوة والمؤثر على قابلية تحمل الأساس الشريطي[8]. درس (Peng et al., 2006) تأثير وجود فجوة ذات مقطع مربع على قابلية تحمل أساس شريطي باستخدام طريقة العناصر المحددة وبرنامج PLAXIS2D. استنتج الباحثون وجود منطقة حرجة تحت الأساس يؤثر وجود الفجوة خلالها سلبا على استقرارية الأساس ويقلل من قابلية تحمله.[9]

يهدف البحث بشكل أساسي إلى دراسة تأثير الفجوات المتكونة في الترب على استقرارية الأسس من الأسس من خلال دراسة الهبوط الحاصل تحت الأسس ومواقع توزيع الاجهادات داخل التربة استخدمت عدد من البرامج المعتمدة على مبدأ التحليل باستخدام طريقة العناصر المحددة لعدد من المتغيرات المتمثلة بشكل الفجوة و دراسة تغير كل من عمق وموقع الفجوة تحت الأساس .

2 - العلاقات التكوينية Constitutive Relationships

تمثيل التربة Soil Model

يمكن أن يوصف سلوك التربة تحت تأثير الإجهادات الداخلية نتيجة وزن طبقات التربة أو تحت تأثير الاجهادات الخارجية نتيجة أشكال مختلفة من الأحمال بأنه سلوك غير خطي أي أن التربة تسلك سلوكاً مرناً إلى مرحلة معينة ثم يتحول إلى السلوك اللدن كما موضح في الشكل(1)، يمكن كتابة تصرف التربة بأنه مرن-لدن (Elastic-Plastic) والذي يكون مناسباً في تمثيل التربة نموذجاً في الحاسبة.[10]



الشكل(1): علاقة الإجهاد – الانفعال في التربة [10]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

صياغة أنموذج مور -كولمب Formulation of Mohr-Coulomb Model

السلوك الميكانيكي للتربة قد يصاغ بدرجات مختلفة من الدقة، وفي برنامجينPLAXIS2D، PLAXIS3D تم اعتماد تفسير سلوك التربة عند الفشل على معيار مور -كولمب وتمثيل التربة حسب أنموذج مور - كولمبوالذي يعد تقريبا أفضل طريقة لوصف خواص التربة. والذي يتطلب إدخال خمسة متغيرات، معامل المرونة E ونسبة بوسون ν لتمثيل مرونة التربة والتماسك c وزاوية الاحتكاك الداخلية ϕ لتمثيل لدونة التربة فضلاً عن زاوية الاحتكاك ψ التي تعد عموما من المتغيرات المألوفة في مجال التربة ويمكن أن نحصل عليها من التجارب الأساسية لنماذج التربة. صياغة نموذج مور -كولمب معتمد على قانون كولمب للاحتكاك وعند الإجهاد الرئيسي في حالة الخضوع يتضمن ست معادلات خضوع:[11,12]

$$
\left.
\begin{aligned}
f_{1a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_2-\sigma'_3)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_2+\sigma'_3)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0\\
f_{1b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_3-\sigma'_2)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_3+\sigma'_2)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0\\
f_{2a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_3-\sigma'_1)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_3+\sigma'_1)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0\\
f_{2b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_1-\sigma'_3)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_1+\sigma'_3)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0\\
f_{3a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_1-\sigma'_2)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_1+\sigma'_2)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0\\
f_{3b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_2-\sigma'_1)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_2+\sigma'_1)\sin\phi - c\cos\varphi \le 0
\end{aligned}
\right\} \quad \ldots\ldots\ldots(1)
$$

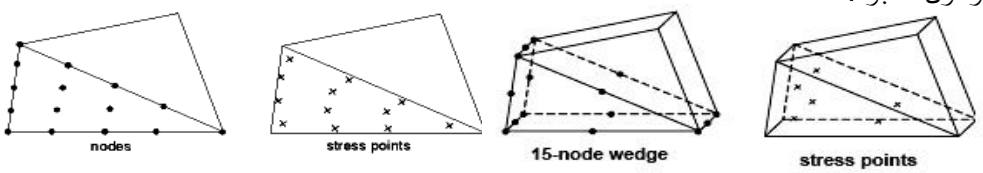
العاملان اللذان يظهران في المعادلات السابقة هما زاوية الاحتكاك الداخلية والتماسك والناتج عن هذه المعادلات مخروط سداسي . أما ضمن مدى اللدونة هنالك ست معادلات وكما موضح أدناه مع ظهور العامل الثالث وهو زاوية الاحتكاك ψ.[11,12]

$$
\left.
\begin{aligned}
g_{1a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_2-\sigma'_3)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_2+\sigma'_3)\sin\psi\\
g_{1b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_3-\sigma'_2)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_3+\sigma'_2)\sin\psi\\
g_{2a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_3-\sigma'_1)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_3+\sigma'_1)\sin\psi\\
g_{2b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_1-\sigma'_3)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_1+\sigma'_3)\sin\psi\\
g_{3a} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_1-\sigma'_2)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_1+\sigma'_2)\sin\psi\\
g_{3b} &= \tfrac{1}{2}(\sigma'_2-\sigma'_1)+\tfrac{1}{2}(\sigma'_2+\sigma'_1)\sin\psi
\end{aligned}
\right\} \quad \ldots\ldots\ldots(2)
$$

العناصر المستخدمة لتمثيل التربةElements Used to Model Soil

في برنامج (PLAXIS2D Version 8.2) تم تمثيل التربة باستخدام عنصر ثنائي البعد مثلثي ذي خمس عشرة عقدة (15-Node Triangles Element) واثنتي عشرة نقطة إجهاد (12-Stress or Gauss Points) بدرجتي حرية كما موضح في الشكل(2:a).

إما في برنامج (PLAXIS3D Tunnel Version 1.2) تم تمثيل التربة باستخدام عنصر ثلاثي البعد ذي خمس عشرة عقدة (15-Node Wedge Element) وست نقاط إجهاد (Stress or Gauss Points) وكما موضح في الشكل(2:b).تم اختيار حجم العنصر المناسب في الحل بعد عدد من المحاولات مع مراعاة عمل تنعيم للشبكة تحت الأساس وحول الفجوة.



(a):2D Element (b): 3D Element

الشكل (2): عنصر محدد ذو خمسة عشر عقدة.[11,12]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3- النتائج والمناقشة

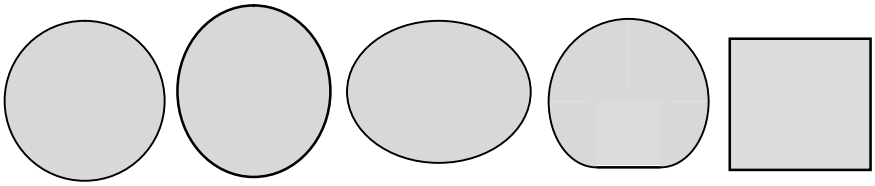
تم دراسة تأثير الفجوات الموجودة في التربة على مواقع توزيع الاجهادات وقيم الهبوط ضمن محورين أساسيين هما:

(أولا): دراسة تأثير الفجوات على توزيع الاجهادات والهبوط تحت أساس شريطي.

(ثانيا): دراسة تأثير الفجوات على توزيع الاجهادات والهبوط تحت نوعين من الأسس المنفردة الدائري والمربع.

تم الأخذ بنظر الاعتبار المتغيرات الآتية في الدراسة.

1. **شكل الفجوة**: تم تمثيل الفجوة بخمسة مقاطع مختلفة موضحة في الشكل (3) للمسائل ثنائية البعد أما للمسائل ثلاثية البعد فالمقاطع الموضحة في الشكل (3) تمثل مقطع للفجوة فيما لو تم اخذ مقطع يمر بمركزها.



الشكل(3):مخطط لأشكال مقاطع الفجوات المستخدمة. [13]

2. **عمق الفجوة**: المقصود بعمق الفجوة هو بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس والذي تم تعريفه في المسائل المطبقة بالمتغير (y).

3. **موقع الفجوة**: المقصود بموقع الفجوة هو بعد مركز الفجوة عن مركز الأساس(Center Line) والذي تم تعريفه في المسائل المطبقة بالمتغير (x).

4. **عدد الفجوات**: تم اخذ حالة وجود أكثر من فجوة واحدة حيث أن اغلب الدراسات والبحوث تفرض حالة وجود فجوة واحدة أثناء الدراسة.[13]

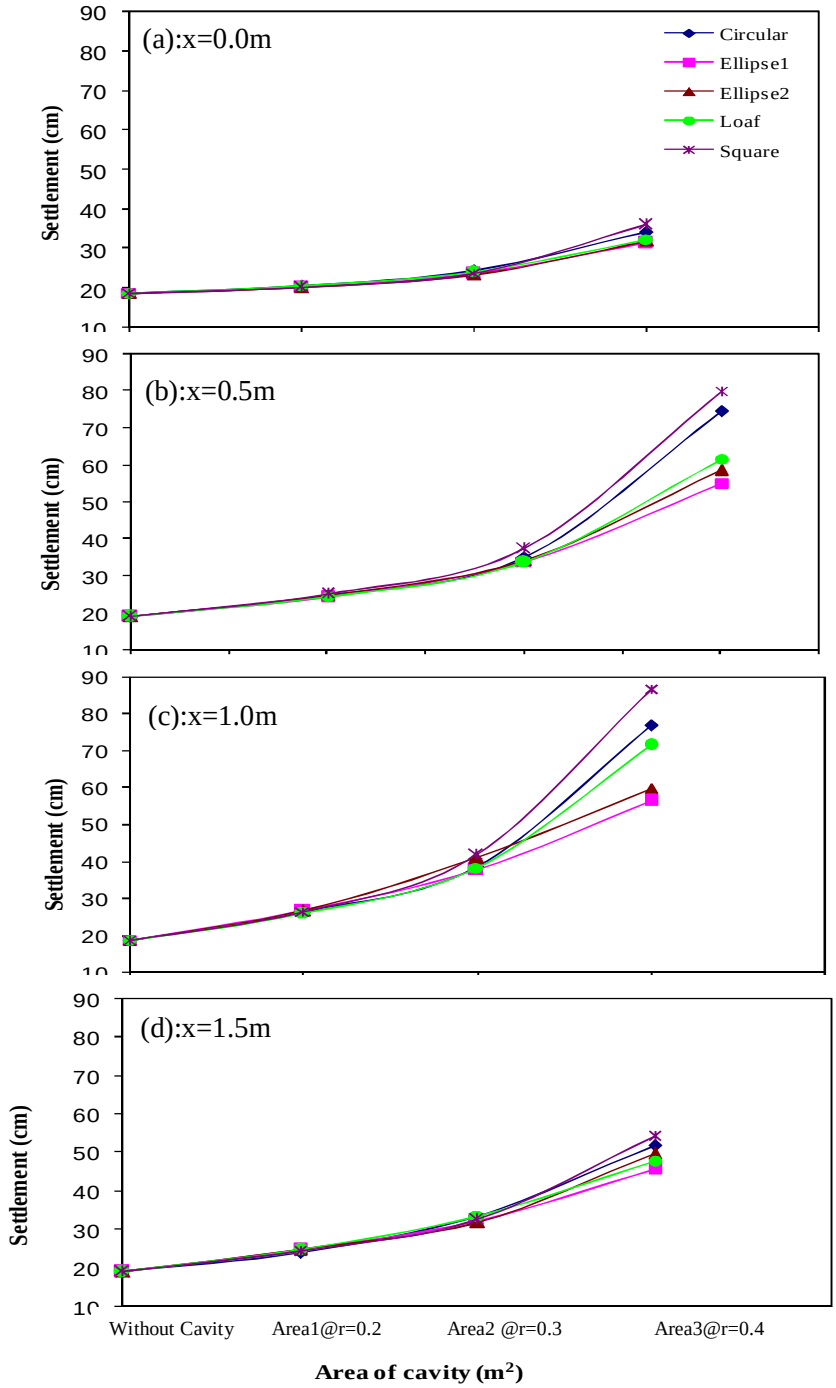
شكل الفجوة: دُرس تأثير شكل الفجوة على مواقع توزيع الاجهادات وقيم الهبوط. لمقاطع الفجوات الموضحة في الشكل (1). الخصائص المادية للتربة موضحة في الجدول (1). قيم مساحة المقاطع المختارة تحت أنواع الأسس كذلك مواقع وبعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس موضح في الجدول(2).

الجدول(1): الخصائص المادية للتربة المستخدمة في دراسة

Parameter	Name	Unite	Value	
			A	B
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat.}$	kN/m^3	16.5	17
Soil unit weight under phreatic level	$\gamma_{sat.}$	kN/m^3	20	20
Coefficient of permeability	K	m/day	8.5*10^{-5}	8.5*10^{-5}
Young's modulus	E	kN/m^2	5000	15000
Poisson's ratio	υ	-	0.35	0.3
Cohesion	c	kN/m^2	17.8	25
Angle of internal friction	ϕ	Deg.	29	29

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يلاحظ من الشكل (4) أن تأثير تغير شكل الفجوة على مقدار الهبوط تحت الأساس الشريطي يزداد بزيادة مساحة مقطع الفجوة. يظهر من الشكل (4) أيضا أن أعلى مقدار للهبوط تم الحصول عليه للفجوة ذات المقطع المربع يليه المقطع الدائري واقل هبوط كان للفجوة ذات المقطع البيضوي1. تجدر الإشارة إلى إن قيم الهبوط كانت متقاربة مع بعض للفجوات ذات المقاطع الدائرية والمربعة من جهة وذات المقاطع البيضوي2 واللوف من جهة أخرى.



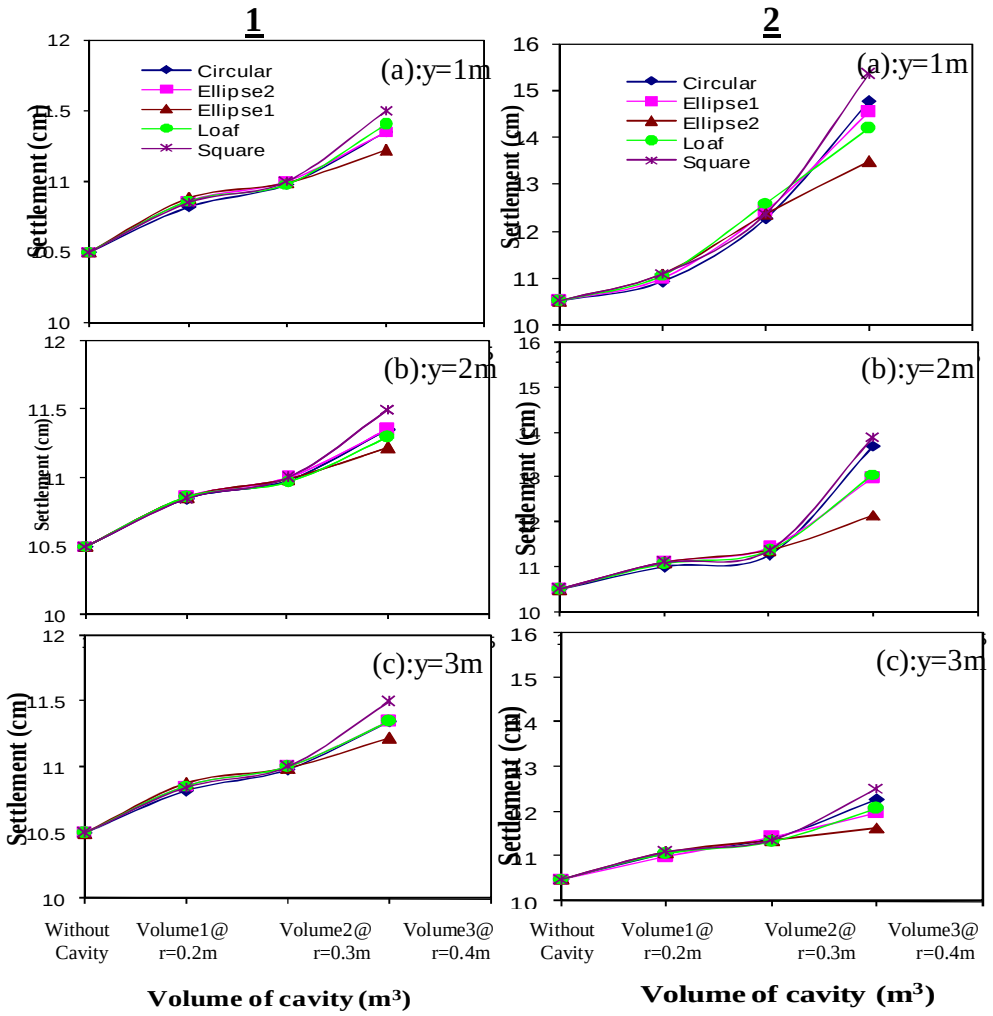
الشكل(4):العلاقة بين الهبوط ومساحة مقطع الفجوة عند
(d):x=1.5m, (c):x=1.0m, (b):x=0.5m, (a):x=0m

www.manaraa.com

الجدول(2):المتغيرات المدروسة و المتمثلة:نوع التحليل، نوع الأساس، أبعاد الأساس، خصائص التربة والثقل المسلط لكل فقرة من فقرات البحث.

نوع التحليل	الدراسة	نوع الأساس	أبعاد الأساس(m)	نصف قطر الفجوة r(m)	موقع الفجوة X(m)	عمق الفجوة Y(m)	خصائص التربة	الثقل المسلط (kN/m^2)
2D	شكل الفجوة	شريطي	B=3	0.2 0.3 0.4	zero,0.5,1,1.5	1.5	الخصائص موضحة في جدول (1)	250
3D	شكل الفجوة	دائري منفرد، مربع منفرد	D=B=3	0.2 0.3 0.4	Zero	1,2,3,4,5,6	الخصائص موضحة في جدول (1)	250
2D	مساحة مقطع الفجوة	شريطي	B=3	0.3 0.4 0.5	zero,0.5,1,1.5, 2	2,3.5,5,6.5,8	الخصائص موضحة في جدول (1)	250
3D	حجم الفجوة	دائري منفرد، مربع منفرد	D=B=3	0.3 0.4 0.5	Zero	1.5,2,2.5,3,3 .5,4,4.5,5,5. 5	الخصائص موضحة في جدول (1)	250
2D	عمق وموقع الفجوة تحت الأساس	شريطي	B=2	0.3	zero,0.5,1,1.5, 2	1,3,5	الخصائص موضحة في جدول (2)	250 350
3D	عمق وموقع الفجوة تحت الأساس	مربع منفرد	D=B=3	0.3	Zero	1,2,3,4,5,6	الخصائص موضحة في جدول (1)	250

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



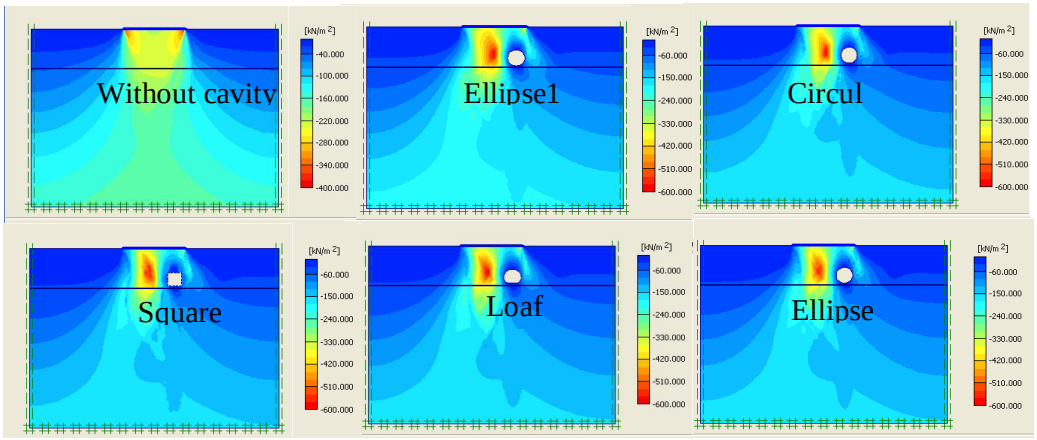
الشكل(5): العلاقة بين الهبوط وحجم الفجوة عند (a):y=1m و (b):y=2m و (c):y=3m

يلاحظ من الأشكال (5:1) و(5:2) أن مقدار الهبوط تحت الأساسين المنفردين دائري والمربع يزداد بزيادة حجم الفجوة لنفس مقاطع الفجوات المختارة. كما يلاحظ أن تأثير شكل الفجوة على مقدار الهبوط تحت نوعي الأساسين قليل لمقاطع الفجوات ذات الأحجام الصغيرة ولكن القيم تزداد بزيادة حجم الفجوة ويكون الهبوط ذا قيم أعلى تحت الأساس المربع منه تحت الأساس الدائري. ويلاحظ أيضا أن تأثير تغير حجم الفجوة على مقدار الهبوط لم يظهر بوضوح عند الحجم الأول V_1 والحجم الثاني V_2 في حين ظهر بشكل واضح عند الحجم V_3، وبقيم أعلى للفجوة ذات المقطع المربع واقل للفجوة ذات المقطع البيضوي1.

يتضح مما تقدم ولكون المقطع المربع للفجوة تكوينه في الطبيعة غير وارد واستنادا على ذلك سيتم تمثيل الفجوة بمقطع دائري لدراسة باقي المتغيرات كون المقطع المربع الأكثر هبوطا.

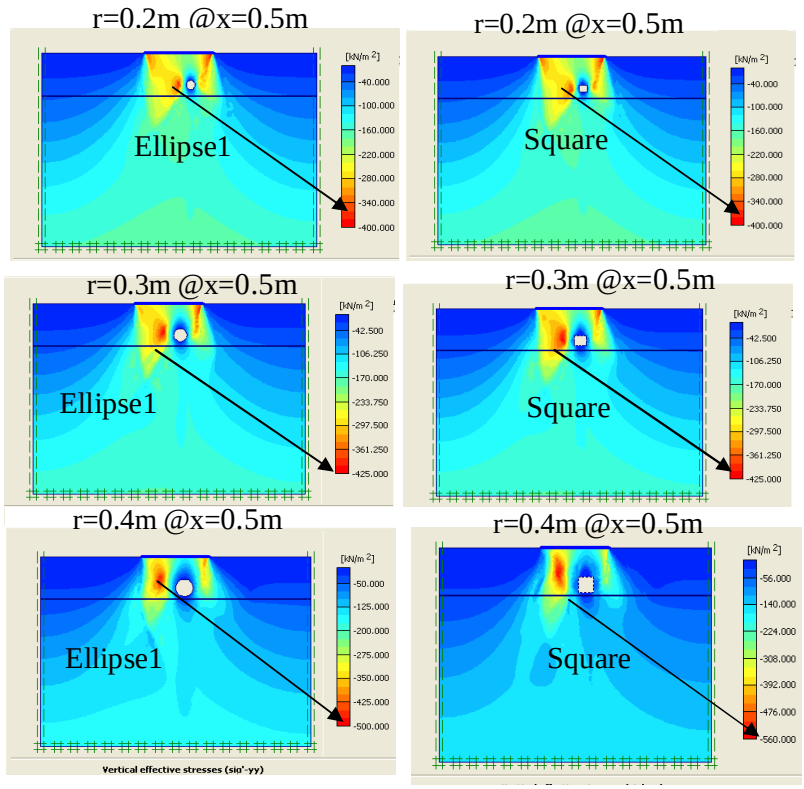
تشير نتائج الشكل (6) إلى مواقع توزيع الإجهاد العمودي الفعال الحاصل داخل التربة عند اكبر مساحة مقطع للفجوة A_3 لمقاطع الفجوات المختارة نتيجة الثقل المسلط وزيادة التركيز في قيم الإجهاد في مواقع تحت الأساس نتيجة وجود الفجوة. تظهر النتائج ايضا (الشكل 6) فرقاً لقيم الإجهاد عند اكبر مساحة مقطع مختارة A_3 حيث إن أعلى قيم للإجهاد للمقطع المربع واقل قيمة للإجهاد للمقطع البيضوي1 أما باقي أشكال المقاطع المختارة فأنها تسجل قيماً ومواقع متقاربة لتوزيع الإجهاد.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



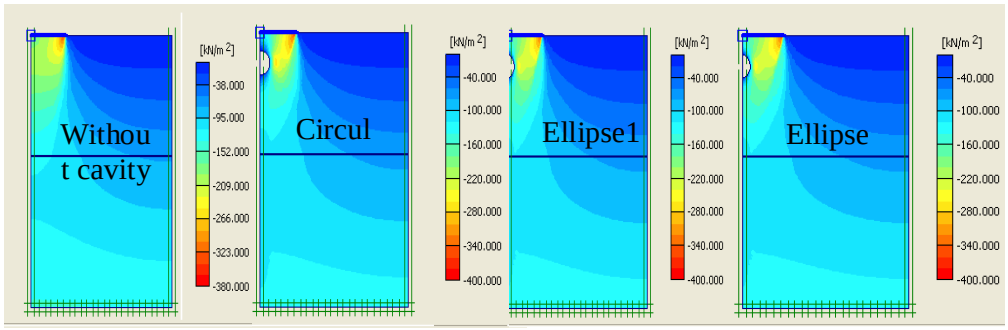
الشكل(6): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة (لقيمة
x=1.0m ، Y=1.5m لمقاطع الفجوات عند الحجم r=0.4m)

يبين الشكل (7) تأثير وجود وتغير شكل ومساحة مقطع الفجوة على توزيع الإجهاد العمودي الفعال داخل التربة للأساس الشريطي وبمقطعين مربع وبيضوي1. تم اختيار مساحات المقاطع الثلاثة المشار إليها A_1 و A_2 و A_3 للموقع الذي يبعد فيه مركز الفجوة عن مركز الأساس x=0.5m. اختير هذا الموقع كونه سجل أعلى قيم للإجهاد مقارنة بالمواقع الأخرى للفجوة والتي سجلت أعلى قيم للهبوط أيضا.



الشكل(7): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة (لبعد مركز الفجوة عن
مركز الأساس x=0.5m ، Y=1.5m بمقطعيه المربع والبيضوي1)

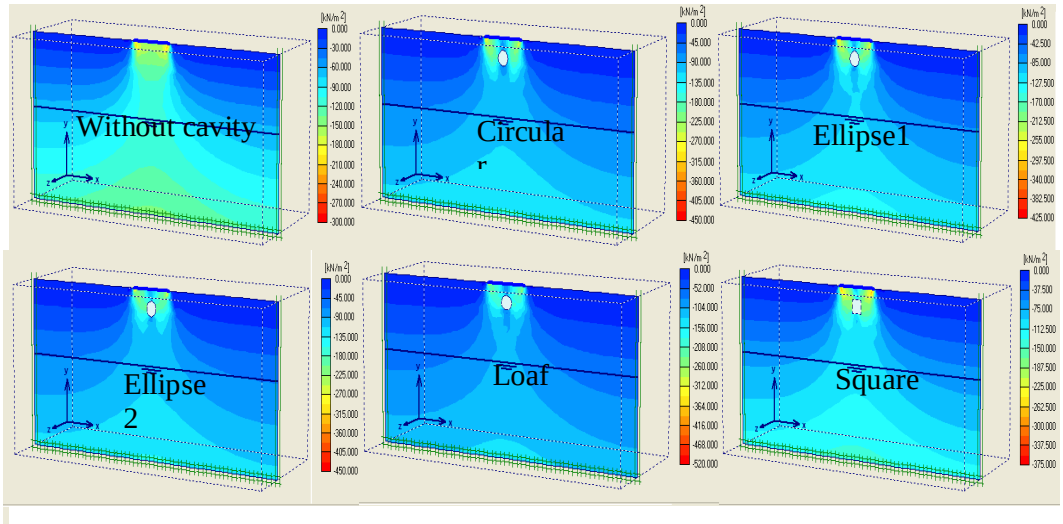
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل(8): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة بوجود الفجوة عند (r=0.4m، y=1.0m) لأساس دائري منفرد

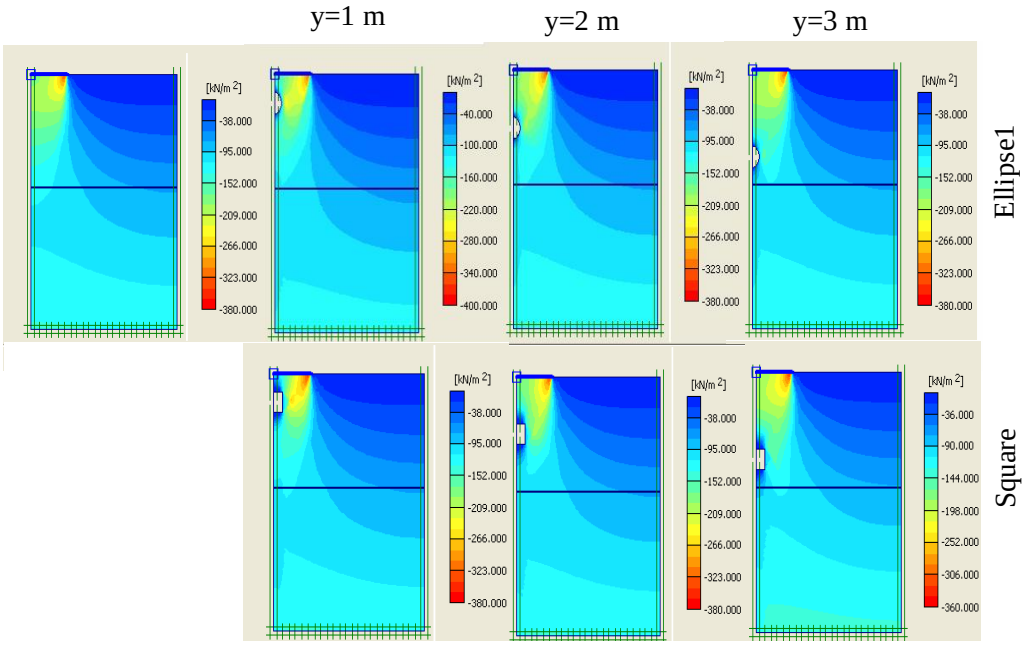
توضح الأشكال (8) و (9) مواقع توزيع الإجهاد العمودي الفعال داخل التربة تحت الاساس الدائري المنفرد والأساس المربع المنفرد لمقاطع الفجوات المختارة عند اكبر حجم للفجوة V_3. وتشير النتائج إلى زيادة في قيم الإجهاد العمودي الفعال في مواقع تحت الأساس نتيجة الثقل المسلط عند العمق y=1m بوجود الفجوة مقارنة بحالة عدم وجود فجوة. من جانب أخر يلاحظ

إن هنالك اختلافاً في قيم الإجهاد عند اكبر حجم مختار V_3 لتمثيل مقطع الفجوة حيث سجل أعلى قيم للفجوة الممثلة بمقطع مربع في حين أن اقل قيمة سجلت كان للفجوة الممثلة بالمقطع البيضوي1. من جهة أخرى تشير نتائج باقي أشكال المقاطع الممثلة بها الفجوة إلى قيم ومواقع متقاربة للاجهادات ولكن بقيم تحت الأساس الدائري المنفرد اقل منه تحت الأساس المربع المنفرد.



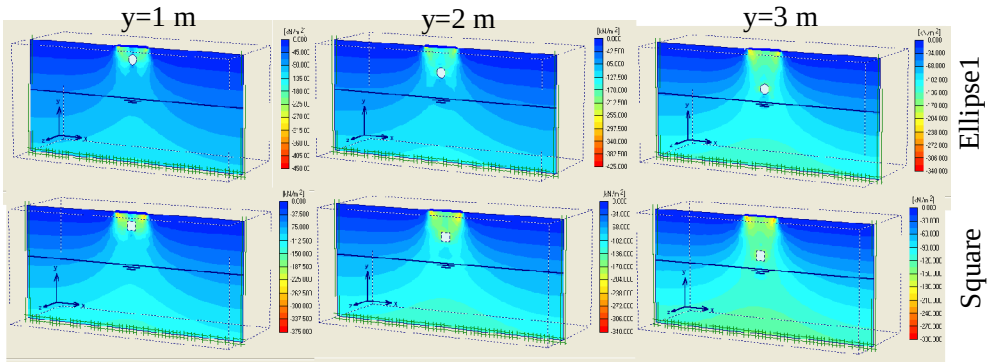
الشكل(9): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة بوجود الفجوة عند (r=0.4m، y=1.0m) لأساس منفرد مربع

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل(10): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة
لأشكال الفجوات عند r=0.4m لأساس منفرد دائري

توضح الأشكال (10) و (11) توزيع الإجهاد العمودي الفعال داخل التربة تحت الأساس الدائري المنفرد والمربع المنفرد على التوالي لأحجام الفجوات الثلاثة المختارة عند الأعماق y=1,2&3m لمقطعي الفجوة المربع والبيضوي1. تشير النتائج إلى تقارب في قيم ومواقع التربة التي تتحمل الإجهاد لمقطعي الفجوتين تحت كلا الأساسيين عند الأحجام الصغيرة المختارة لتمثيل الفجوات والمتمثلة V_1,V_2. أما عند الحجم المتمثل V_3، فتظهر زيادة في قيمة الإجهاد في مواقع التربة التي تتحمل الاجهادات وامتداد أجزاء التربة التي لا تتحمل الإجهاد حول الفجوة ذات المقطع المربع أكثر من الفجوة ذات المقطع البيضوي1 ولكن بقيم تحت الأساس المنفرد المربع أكثر بقليل من تلك القيم تحت الأساس الدائري المنفرد.

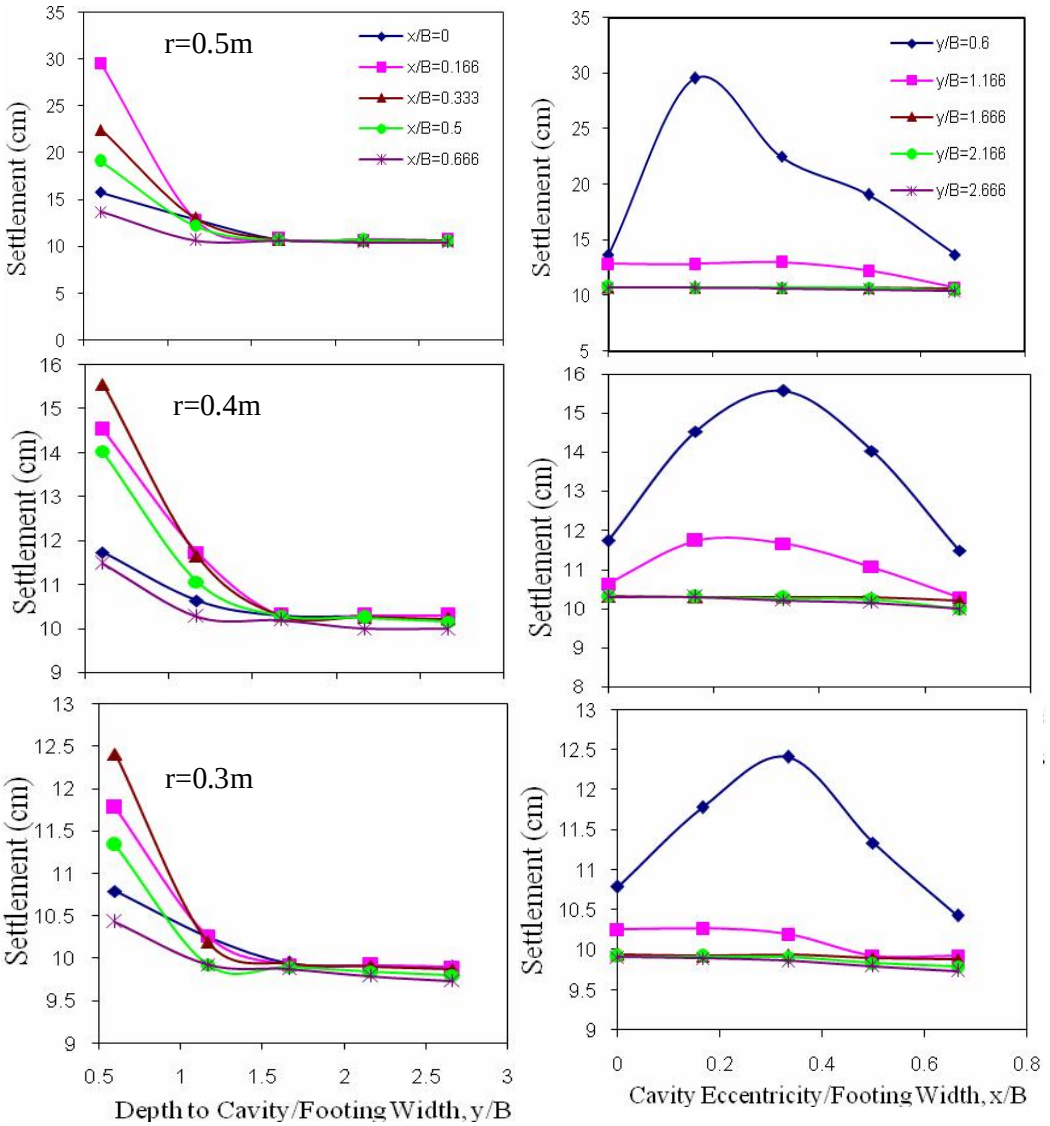


الشكل(11): تأثير تغير شكل مقطع الفجوة على توزيع الإجهاد في التربة
لأشكال الفجوات r=0.4m لأساس منفرد مربع

مساحة مقطع وحجم الفجوة: استنادا إلى ما تم ملاحظته في الفقرة السابقة (دراسة تأثير تغير شكل الفجوة) من تأثير تغير مساحة مقطع وحجم الفجوة فقد تمت دراسة تأثير تغير مساحة مقطع وحجم الفجوة على مواقع توزيع الاجهادات والهبوط تحت الأسس للتربة الموضحة خصائصها في الجدول (1). قيم مساحة المقاطع المختارة تحت أنواع الأسس كذلك مواقع وبعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس موضح في الجدول(2).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

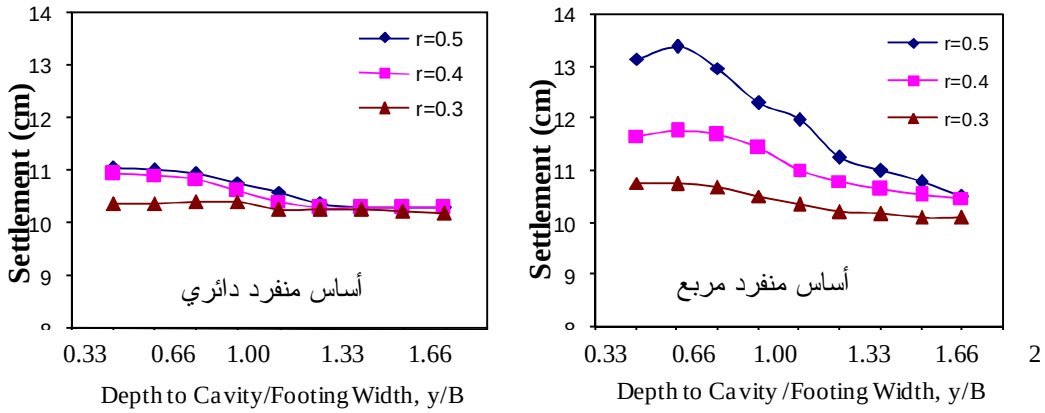
يبين الشكل(12) العلاقة بين إحداثيات (x,y) الفجوة مع الهبوط تحت الأساس لمقطع الفجوة ولـثلاث مـساحات مختارة. حيث يلاحظ إن زيادة مساحة مقطع الفجوة الواقعة ضمن العمق المؤثر تؤدي إلى زيـادة قـيم الهبـوط المسجل في حين لا يكون لمساحة مقطع الفجوة أي تأثير خارج المدى المؤثر. كما إن لتغير مساحة مقطع الفجوة تأثيراً على الهبوط تحت الأساس بتغير مواقع الفجوة بالنسبة لمركز الأساس والذي يزداد بزيادة مـساحة مقطـع الفجوة بشكل عام. من الجدير بالذكر ان الزيادة في قيم الهبوط بزيادة مساحة مقطع الفجوة يكون بشكل ملحوظ في حال وقوع الفجوة على مستوي الفشل أو منطقة القص ألشعاعي عند العمق y=2m (المتمثـل بقـيم x=0.5 , x=1m و x=1.5m) الموضح في المخططات.



الشكل(12): الهبوط تحت الأساس بوجود فجوة دائرية المقطع بمساحات مقاطع ومواقع مختلفة

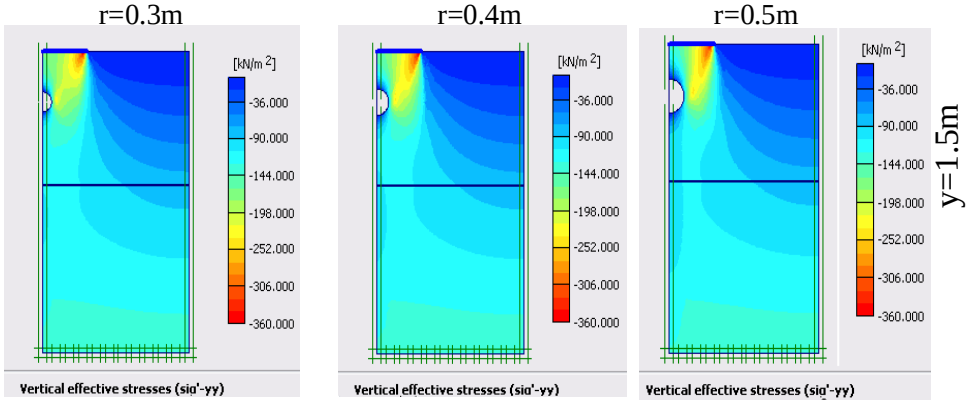
ويوضح الشكل(13) العلاقة بين إحداثيات (x,y) للفجوة مع الهبوط تحت الأساسين المنفردين (الدائرة والمربع). ويظهر الشكل زيادة في قيم الهبوط بزيادة حجم الفجوة ولنفس بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس ويقل مقدار الهبوط ولأحجام الفجوات المختلفة بالابتعاد عن قاعدة الأساس ضمن العمق الذي يعادل مرة ونصف بقدر عرض أو قطر الأساس(العمق الحرج) ولكن بقيم أعلى للأساس المنفرد المربع عنه للأساس المنفرد الدائري. في حين لا يظهر تأثير لحجم الفجوة بابتعاد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس بعد العمق الحرج لنوعي الأسس.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

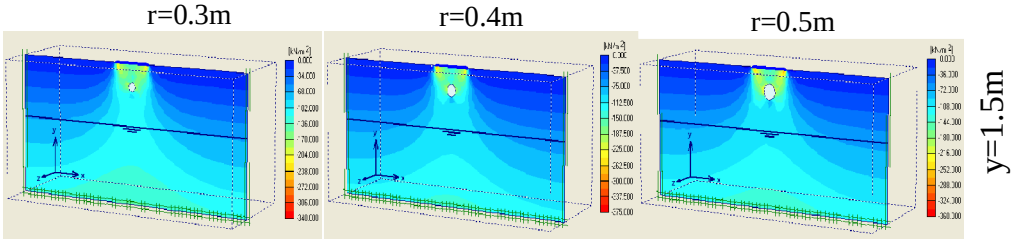


الشكل(13): علاقة بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس مع الهبوط

من جهة أخرى تبين النتائج في الأشكال (14) و الأشكال(15) تأثير زيادة حجم مقطع الفجوة على تركيز الإجهاد العمودي الفعال في مواقع تحت الأساسين المنفردين الدائري والمربع حيث يظهر أجزاء التربة التي لا تتحمل الاجهادات حول الفجوة وزيادتها بزيادة حجم مقطع الفجوة عند الموقع y=1.5m.
وأخيرا يمكن القول إن هنالك فرقا في قيم الإجهاد العمودي المسجل تحت الأساسين وبقيم أعلى تحت الأساس المنفرد المربع منه تحت الأساس المنفرد الدائري.



الشكل(14): تأثير تغير حجم الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة تحت أساس دائري منفرد بوجود الفجوة عند y=1.5m تحت الأساس المنفرد الدائري



الشكل(15): تأثير تغير حجم الفجوة على شدة توزيع الإجهاد في التربة بوجود الفجوة عند y=1.5m تحت الأساس المنفرد المربع

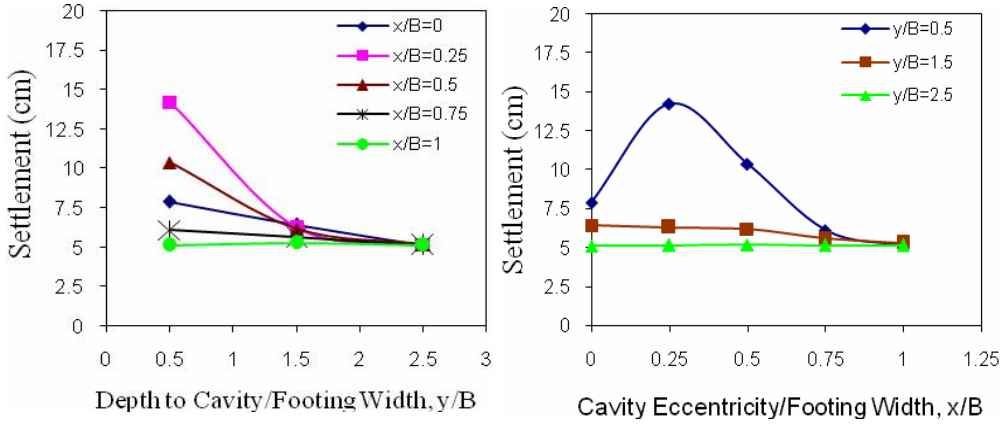
<u>عمق وموقع الفجوة تحت الأساس</u>: تمت دراسة تأثير عمق وموقع الفجوة تحت أنواع الأسس المختارة. الخصائص المادية للتربة موضحة في الجدول (1). قيم مساحة المقاطع المختارة تحت أنواع الأسس كذلك مواقع وبعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس موضح في الجدول(2). **تم تغيير خصائص التربة في الدراسة لأجل التمكن**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

من دراسة تأثير المتغيرات المتمثلة بعمق وموقع الفجوة حيث عند تطبيق الدراسة على نفس التربة بالخصائص المشار إليها في الجدول(1) حدث انهيار للفجوة وفشل للتربة في أغلب المواقع المختارة للفجوة.

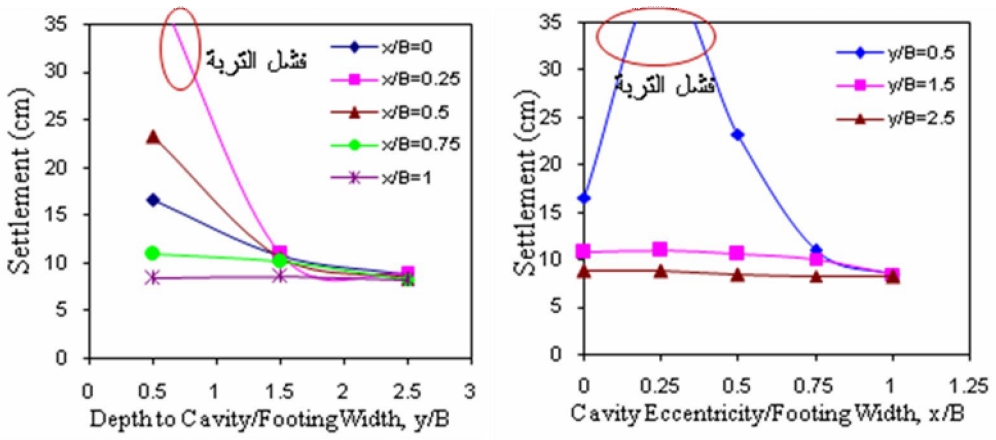
بينت النتائج في الشكل (16) تأثير تغير عمق وموقع الفجوة تحت الأساس على الهبوط للحالة الأولى من تسليط الثقل($q=250\ kN/m^2$). إذ يُلاحظ انخفاض في قيم الهبوط مع زيادة العمق وابتعاد موقع الفجوة عن الأساس. سُجّل أعلى قيم للهبوط للحالة الأولى من تسليط الثقل عند وقوع الفجوة على عمق $y=1m$ ولبعد مركز الفجوة عن مركز الأساس $x=0.5m$.

وتجدر الإشارة إلى انه يتم الحصول على قيم متقاربة للهبوط عندما تكون الفجوة على عمق $y=3m$ و $y=5m$ كما يقل تأثير وجود الفجوة على الهبوط عندما يكون مركز الفجوة على بعد 0.5m عن نهاية زاوية الأساس ($x=1.5m$).



الشكل (16) تأثير تغير بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس الشريطي وبعد مركز الفجوة عن مركز الأساس على مقدار الهبوط عند الثقل $250kN/m^2$

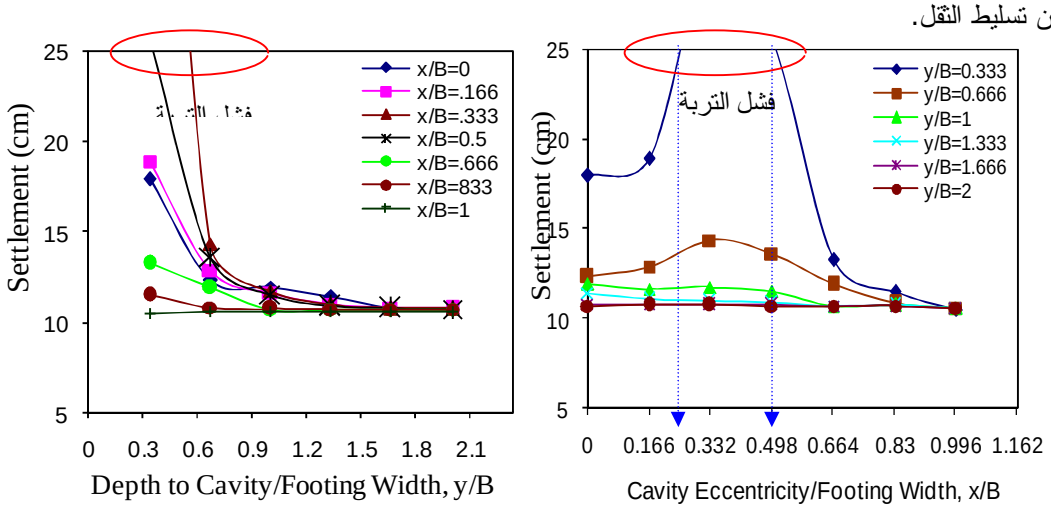
يظهر الشكل(17) عرضا آخر لنتائج الهبوط تحت الأساس بتغير بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس وبعد مركز الفجوة عن مركز الأساس للحالة الثانية من تسليط الثقل$q=350\ kN/m^2$. حيث يلاحظ الحصول على قيم للهبوط تحت الأساس أعلى من الحالة الأولى ولنفس مواقع الفجوة. يلاحظ أيضا تقارب في قيم الهبوط تحت الأساس عندما تكون الفجوة على عمق $y=3m$ بالإضافة إلى عدم ظهور تأثير لوجود الفجوة بعد العمق الذي يعادل تقريبا ضعف عرض الأساس وكذلك عند ابتعاد مركز الفجوة عن نهاية زاوية الأساس ولكن تكون بقيم للهبوط أعلى من قيم الهبوط للحالة الأولى من تسليط الثقل$q=250\ kN/m^2$.



الشكل (17): تأثير تغير بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس الشريطي وبعد مركز الفجوة عن مركز الأساس على مقدار الهبوط عند الثقل $350kN/m^2$

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن المهم ملاحظة أن النتائج تشير إلى حصول فشل في التربة عندما تكون الفجوة على عمق y=1m وعلى بعد مركز الفجوة عن مركز الأساس x=0.5m والذي سجل بدوره أعلى قيم للهبوط تحت الأساس عند الحالة الأولى من تسليط الثقل.

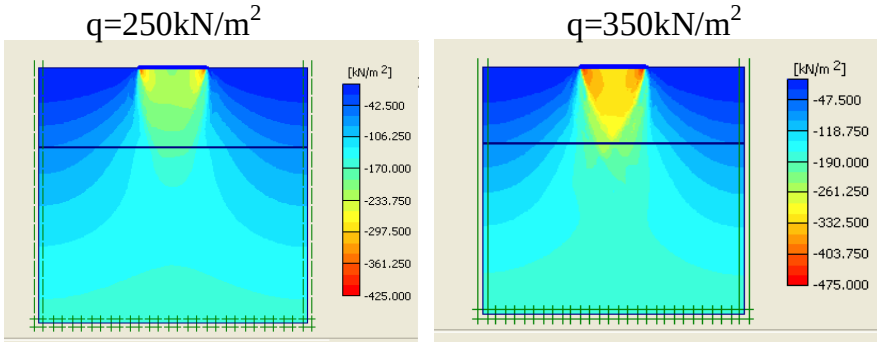


الشكل (18): العلاقة بين بعد مركز الفجوة عن قاعدة الأساس المنفرد المربع وبعد مركز الفجوة عن مركز الأساس والهبوط عند الثقل $250kN/m^2$

ويوضح الشكل(18) تأثير تغير عمق وموقع الفجوة تحت الأساس على قيم الهبوط. إذ يلاحظ انخفاض في قيم الهبوط بزيادة عمق الفجوة وابتعاد مركز الفجوة عن مركز الأساس. من جانب أخر يلاحظ حصول فشل في التربة عندما تكون الفجوة على عمق (y=1m) في موقع يبعد فيه مركز الفجوة عن مركز الأساس (x=1.0-1.5m) والواقع ضمن العمق الأقل من مرة ونصف بقدر عرض الأساس (العمق الحرج). كما يظهر تقارب لقيم الهبوط تحت الأساس عند الموقع (y=3m) وكذلك عند الموقع (y=4m) بالرغم من تغير موقع الفجوة بالنسبة لمركز الأساس وبقيم اقل من قيم الهبوط المسجل تحت الأساس عند العمق (y=2m). من جهة أخرى فان تأثير وجود الفجوة يقل عندما يكون خارج العمق الحرج.

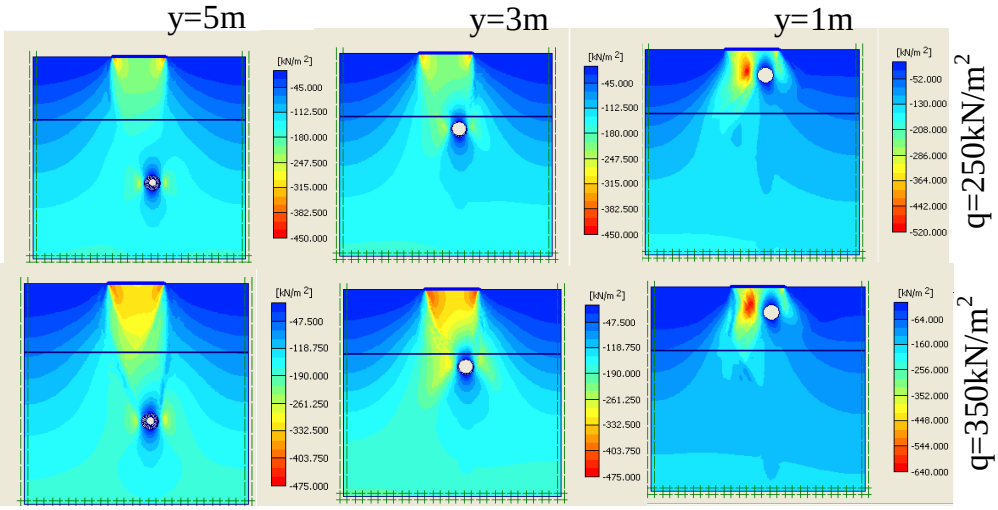
الشكل (19) عموما يُشير إلى شكل توزيع الإجهاد العمودي أسفل الأساس في التربة لحالتي الثقل المسلط لحالة عدم وجود فجوة.

أظهرت نتائج توزيع الإجهادات العمودي الفعال داخل التربة الموضح في الشكل(20) عند وجود الفجوة إلى تجانس في قيم ومواقع الانتشار داخل التربة عند زيادة عمق الفجوة عند العمق الذي يعادل تقريبا ضعف عرض الأساس (درجة الإجهاد اقل من 0.25q) وكذلك عند ابتعاد موقع الفجوة عن نهاية زاوية الأساس لحالتي الثقل (q=250 kN/m^2 و q=350 kN/m^2) المسلط.



الشكل(19): شدة توزيع الإجهاد في التربة بدون وجود الفجوة لحالتي الثقل المسلط

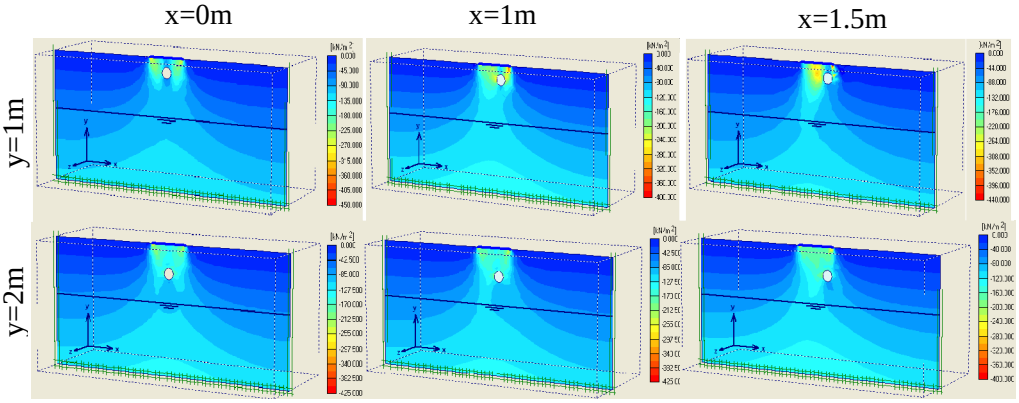
www.manaraa.com



الشكل(20): تأثير تغير قيمة الثقل المسلط على شدة توزيع الإجهاد في التربة عند x=0.5m

استنادا لما سبق يمكن استنتاج زيادة في مقدار الإجهاد العمودي في أجزاء التربة تحت الأساس في حالة زيادة الحمل المسلط من (250 إلى 350). بالإضافة إلى مساحة التربة التي لا تتحمل الاجهادات حول الفجوة والمتمثلة في الجزء الأعلى والأسفل عندما تكون الفجوة ضمن مدى العمق الأقل من ضعف عرض الأساس.(الموقع x=0.5m لحالتي الثقل المسلط عند الأعماق y=1,3&5m).

من جانب أخر أظهرت النتائج في الشكل (21) إن قيم توزيع الإجهاد العمودي الفعال داخل التربة اقل من تلك التي سجلت تحت الأساس الشريطي. من جانب أخر تشير النتائج الموضحة في الشكل (21) الى زيادة في قيم الإجهاد لأجزاء من التربة تحت الأساس في الموقعين (x=1&1.5m) عند العمق (y=1m) نتيجة لفشل التربة بسبب وجود الفجوة مع تجانس في توزيع الاجهادات داخل التربة عند العمق (y=1m).



الشكل(21): تأثير تغير قيم (x,y) على شدة توزيع الإجهاد في التربة بوجود الفجوة

4- الاستنتاجات Conclusions

من خلال إجراء التحليل النظري بطريقة العناصر المحددة يمكن الوصول إلى الاستنتاجات الآتية :

1. أن لشكل الفجوة تأثيرا محدوداً على الهبوط تحت الأسس وكذلك مواقع توزيع الاجهادات عند المقاطع الصغيرة للفجوات. في حين ظهر تأثير الشكل بوضوح عند زيادة كل من مساحة مقطع أو حجم الفجوة وبقيم أعلى تحت الأساس الشريطي منه تحت الأساسيين المنفردين الدائري والمربع. كما سجل أعلى قيم للهبوط والاجهادات تحت أنواع الأسس المختارة للفجوة الممثلة بمقطع مربع فيما كانت اقل القيم المستحصلة للهبوط والاجهادات تحت أنواع الأسس المختارة للفجوة الممثلة بمقطع بيضوي1 . كما أن قيم الهبوط للفجوة ذات المقطع الدائري كانت قريبة من تلك القيم المسجلة للمقطع المربع من جهة وتقارب القيم للفجوات ذات المقاطع البيضوي2 واللوف من جهة أخرى.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2. أظهرت دراسة تأثير عمق الفجوة (قيم y) تحت أنواع الأسس المختارة إلى وجود عمق حرج يعادل تقريبا مرة ونصف إلى مرتين بقدر عرض الأساس بالاتجاه العمودي (العمق) معتمدا على نوعية الأساس (أساس شريطي، وأساس منفرد دائري، وأساس منفرد مربع) عند وقوع الفجوة ضمن هذا العمق يكون مؤثراً ويقل تأثيره بالابتعاد عن هذا العمق.
3. بالنسبة لدراسة تأثير تغير مساحة مقطع أو حجم الفجوة فقد أظهرت النتائج زيادة كل من قيم الهبوط تحت أنواع الأسس المختارة والاجهادات واتساع أجزاء التربة التي لا تتحمل الاجهادات حول الفجوة مع زيادة مساحة مقطع الفجوة أو حجمها ضمن العمق أو المنطقة الحرجة.
4. أظهرت نتائج دراسة تأثير تغير موقع الفجوة أفقيا (قيم x) تحت أنواع الأسس المختارة إلى زيادة قيم الهبوط والاجهادات بزيادة الثقل المسلط بصورة عامة. كما تم تأشير حصول انهيار للفجوة وفشل التربة بزيادة قيمة الثقل المسلط عند وقوع الفجوة على مستوى الفشل أو ضمن منطقة القص ألشعاعي (المعرفة بالمنطقة الحرجة) والذي يكون له تأثير سلبي على الأسس أكثر مما لو كانت الفجوة في مواقع أخر تحت الأساس.

5- المصادر

1. AL-Kaashab, M. N., Thabet, K. M. & AL-Ashow, M. O. (1986), "Some Effects of Cavities on the Stability of Buildings in Mosul City-A Case History", Jur. Geo. Soc., Iraq, Vol.19, No.3.
2. الليلة، محمد طيب، ثابت، كنانة محمد (1990)، " تكون الفجوات في الترسبات النهرية في مدينة الموصل"، المؤتمر العلمي الثاني لمركز بحوث سد صدام، جامعة الموصل، الموصل ،العراق.
3. AL-Salim, T. H., & Thabet, K. M. (2001), "Underground Cavities in AL-Mogher South Mosul City – Acase Study", Raf. Jour. Sci., Vol. 12, No. 3, pp 66-75.
4. AL-Mahjoob, M. M., AL-Dewachi, B. M., & AL-Salim, T. H. (2006), "A Reconnaissance Detection of Caves and Subsurface Channels by Horizontal Electrical Profiting", Jur., Geo., Soc., Iraq, Vol. 6, No. 1, pp 64-73.
5. Culshaw, M. G., & Waltham, A. C. (987),"Natural And Artificial Cavities as Engineering Hazards", Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol. 20, pp 139-150.
6. Vogelaar, B. B. (2001), "Cavity Detection", MSc. Thesis, Earth Sciences Department, Utrecht University, Netherlands.
7. Styles, P., McGrath, E., & Cassidy, N. (2005),"The Use of Microgravity for Cavity Charaterization in Karstic Terrains ", Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol. 38, pp 151-169.
8. Wang, M. C., Kim, Y. U, & Jun, J. T. (2001), "Cavity Effect on Collapse Load of Strip Footings ", Proceedings of 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, CONF. 15, Vol. 1, pp 317-320.
9. Peng, F. L., Kiyosumi, M. Ohuchi, M., & Kusakabe, O., (2006), "Cavity Effects on the Bearing Capacity of Footing Foundations and the Calculation Method", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. No. , pp 50-57.
10. Said, F. M. (2005), "Finite Element Analysis of Soil Settlement Due to Salt Dissolution", M.Sc. Thesis, AL-Nahran University, Baghdad.
11. Brinkagreve, R.B. J. (2001), "Plaxis3D Tunnel Manuals", Published, A.A.Balkema. a member of Swets & Zeitlinger.
12. Brinkagreve, R.B. J. (2002), "Plaxis2D Manuals", Published, A.A.Balkema. a member of Swets & Zeitlinger.
13. الشمام، أمينة احمد خليل (2007)، " تأثير الفجوات على توزيع الاجهادات والهبوط تحت الأسس"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، الموصل ،العراق.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com