مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (1) / المجلد (17) : 2009

التغيرات الحاصلة في معدلات الإجهاد الفعالة لتربة جامعة القادسية نتيجة سحب المياه الجوفية

خالد وليد هادي

كلية العلوم –جامعة القادسية

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير سحب المياه الجوفية لتربة جامعة القادسية في تغير معدلات الإجهادات المختلفة في طبقات التربة وبالأخص الإجهادات الفعالة ومن خلال نتائج العمل الحقلي ونتائج الاختبارات تم تحديد الخواص الفيزياوية والهندسية المهمة لطبقات التربة الرئيسية في منطقة الدراسة وتم تقييم الإجهادات الكلية والمتعادلة والفعالة في طبقات التربة عند منسوب الماء الاعتيادي ثم عند انخفاض منسوب الماء الى (4 متر) و(8 متر) حيث وجد ان قيم الإجهادات الفعالة ($\bar{\sigma}$) للتربة قد ازدادت من (15.93 طن\م^2)إلى (21.91 طن\م^2) ضمن الطبقة الناعمة الحبيبات والتي رمزنا لها بالرمز (C).

Abstract

The effect of ground water draging from the soil of Al -Qadisiya university on the rates of different stresses in the soil layers has been carried especially the effective stresses. From the results of field work and laboratory tests we detected of physical and engineering properties for the essential layers in the studied area and the evalution of total neutral and effective stresses in soil layers for the natural water table level and when it drops down ward to 4m and to 8m under the natural level the values of effective stresses ($\bar{6}$)raised between (15.93) Ton \m^2 – (21.91) Ton \m^2 in the fine bed (C).

1- المقدمة

ان فهم ميكانيكية الهبوط الأرضي الناتج عن سحب المياه الجوفية من تربة جامعة القادسية يعد مهماً لغرض معرفة مدى تأثيره على المنشآت الهندسية القائمة حالياً. ان فكرة هذا البحث تولدت بعد الحملة الواسعة لحفر الآبار المائية اليدوية في الجامعة ولأعماق ضحلة لا تتجاوز (10 م) لغرض استخدام هذه المياه في سقي الحدائق والمناطق الخضراء داخل الجامعة إضافة الى سحب المياه الجوفية المستمر من تربة بعض المواقع التي ينشأ عليها بعض المنشأت الجامعية كالموقع الذي التي ستقام عليه القاعة المتعددة الأغراض والذي رافقه حصول تشقق في جدران البنايات المجاورة المقامة حالياً وخاصة ابنية كلية العلوم.

2- الهدف من البحث

إن الهدف الأساس من البحث هو دراسة تأثير انخفاض منسوب المياه الجوفية في تربة جامعة القادسية على معدلات الإجهاد المختلفة في داخل التربة وتأثيرها في أسس المنشآت الهندسية.

3- **موقع منطقة الدراسة** : تمثل منطقة الدراسة المدينة الجامعية لجامعة القادسية والتي تقع ضمن مدينة الديوانية الى الجنوب من العاصمة بغداد بمسافة 180 كم .وتقدر مساحة منطقة الدراسة ب(2) كم^2 .

4- العلاقة بين الهبوط الأرضي وانخفاض منسوب المياه الجوفية :

لقد أشار (Monroe & Wicander, 2001) الى ان سحب المياه الجوفية المتزايد من التربة لأغراض السقي في منطقة وادي (San Joaquin) في كاليفورنيا من سنة 1935- 1977 أدى الى انخفاض سطح الأرض بمقدار (9 متر) .

ويعتبر برج (Pisa) المائل في ايطاليا من الأمثلة الشائعة على تأثير سحب المياه الجوفية في أسس البنايات حيث ان البرج بدأ بالميل بفترة وجيزة بعد إنشائه في 1173م بسبب الضغوط المتباينة المسلطة على اساس البرج والناتجة عن سحب المياه الجوفية من المنطقة لاغراض السقي (Monroe & Wicander, 2001).

إن استخراج المياه الجوفية يقلل من ضغط الماء في الفجوات البينية (الضغط المتعادل). وطبقاً لمبدأ الضغوط الفعالة للعالم ترزاكي فان انخفاض الضغوط في الفجوات يعني انتقال الحمل الى هيكل التربة أي تزداد

الضغوط الفعالة وهذا في النهاية يؤدي الاختزال في الحجم العام للتربة والذي يؤدي الى الهبوط الأرضي وتعتبر خاصية الانضغاط (Compressibility) من أهم الخواص التي تؤدي الى اختزال عمودي في سمك التربة الناعمة (Fiqueroa, 1977).

إن انضمام التربة سيؤدي الى تقليل عدد الفجوات وحجمها بحيث تكون مسامية التربة (n) هي اصغر من المسامية الأولية (no) أي ان التربة ستتأثر بالاجهادات الخارجية المسلطة مما يؤدي الى انخفاض سطح الارض (Subsidence). (Derringh, 1998).

لقد أشار (Lofgren، 1968) الى ان الإجهادات التي تتحكم في إنضغاط الطبقات البينية الناعمة في اي مكمن للمياه الجوفية هي ثلاث انواع وكما يأتي:-

1- الإجهادات الجذبية التي تتكون نتيجة الوزن الفعال لعمود التربة التي تنتقل الى أسفل عن طريق حبيبات الرواسب (Grain to Grain contact).

2- الإجهادات الهيدروستاتيكية المتكونة من وزن المياه البينية (مياه الفجوات) وتنتقل الى أسفل عبر الماء.

3- الإجهادات المتولدة في الحبيبات من جراء السحب الاحتكاكي (viscous drag) للمياه البينية الصاعدة والنازلة .

ان الزمن اللازم لحصول الانضمام للتربة يزداد مع زيادة سمك الطبقات ويتناقص مع زيادة النفاذية للتربة (Stephen, 2002).

كما ذكر((Chen ctal, 2003) أن الهبوط الأرضي ممكن ان يحصل في منطقة الأهوار بفعل انضمام رواسب رخوة ترسب في بيئة الأهوار والناتج عن سحب المياه الجوفية المتزايد من التربة.

5- العمل الحقلي

تضمنت هذه المرحلة إنجاز أعمال ثلاث حفر اختبارية بعمق (20 م) بحفارة ميكانيكية نوع (Flight Augers) وتم حفر حفرتين قرب عمادة كلية العلوم والثالثة قرب قسم علوم الحياة

(كلية العلوم) داخل الحرم الجامعي وتمت عملية الحفر بمساعدة المكتب الاستشاري جامعة بابل والشكل (1) يوضح مواقع الابار المختارة في منطقة الدراسة.

وتم الحصول على عينات مشوشة (ds) (Disturbed samples) وعينات غير مشوشة (undisturbed samples)(us) والمقاطع العمودية لهذه الآبار موضحة في الشكل (2).

6- العمل المختبري

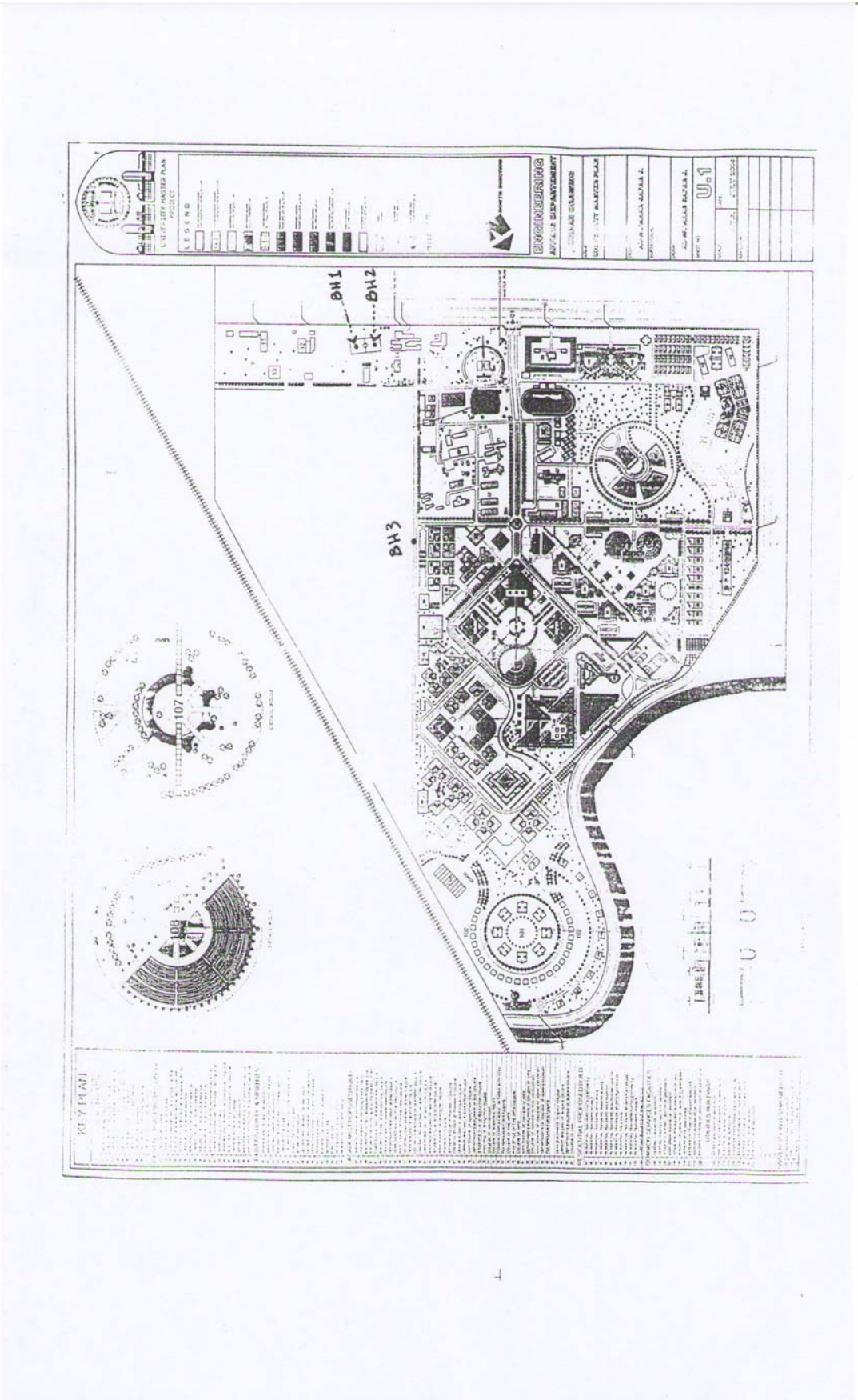
وتضمن إجراء الفحوصات المختبرية للنماذج المستحصلة من عملية الحفر وهذه الفحوصات هي:-

أ- الفحوصات الفيزياوية :-

شملت هذه الفحوصات ما يأتي :-

1- **التوزيع الحبيبي الحجمي للتربة:-** تم فحص العينات بموجب المواصفة الأمريكية ذات الرقم (ASTMD422 -63, ASTM D421-58) وبغسل النماذج بالماء المقطر على غربال (200) ونتائج هذه الفحوصات موضحة في الجداول (1،2و3).

2- **وزن وحدة الحجم المشبعة (γsat) والفعالة (γ m) :-** تم فحص العينات بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM,D2937-71) في حالتين الاولى في حالة التشبع عندما تكون التربة تحت منسوب المياه الجوفية واخرى في حالة التشبع الجزئي .ونتائج هذه الفحوصات موضحة في الجداول (1،2و3) .



الشكل (1):- يوضح مواقع الابار المحفورة في منطقة الدراسة

جدول (1) : يوضح نتائج الفحوصات الفيزيائية لتربة البئر (1)

BH_1

S. No	Depth(m)	Clay%	Silt%	Sand%	Gravel%	γ m gm/cm^3	γ sat gm/cm^3	Soil Description
1	0–0.5	48	47	5	0	1.4	1.68	Brown silty clay
2	0.5-1	55	42	3	0	1.4	1.8	Brown silty clay
3	2-2.5	50	40	10	0	1.45	1.85	Brown silty clay
4	5-5.5	10	25	65	0	1.47	1.86	Clayey silty sand
5	8.5-9	11	25	64	0	-	-	Clayey silty sand
6	9.5-10	53	38	9	0	1.6	2	Grey silty clay
7	14.5-15	66	28	6	0	-	-	Grey silty clay
8	16-16.5	63	25	12	0	-	-	Grey silty clay
9	17.5-18	22	30	48	0	1.62	2.03	Clayey silty sand

جدول (2) : يوضح نتائج الفحوصات الفيزيائية لتربة البئر (2)

BH_2

S. No	Depth(m)	Clay%	Silt%	Sand%	Gravel%	γ m gm/cm^3	γ sat gm/cm^3	Soil Description
1	0-0.5	52	45	3	0	-	-	Brown silty clay
2	0.5-1	51	43	6	0	1.41	1.82	Brown silty clay
3	2-2.5	53	40	7	0	1.47	1.86	Brown silty clay
4	5.5-6	21	36	43	0	1.57	1.96	Clayey silty sand
5	7-7.5	18	25	57	0	-	-	Clayey silty sand
6	9.5-10	55	36	19	0	1.55	1.97	Grey silty clay
7	18.5-19	26	33	41	0	1.61	2	Clayey silty sand

جدول (3) : يوضح نتائج الفحوصات الفيزيائية لتربة البئر (3)

BH_3

S. No	Depth(m)	Clay%	Silt%	Sand%	Gravel%	γ m gm/cm^3	γ sat gm/cm^3	Soil Description
1	0.5-1	52	45	3	0	-	-	Brown silty clay
2	2-2.5	55	43	2	0	1.44	1.86	Brown silty clay
3	5-5.5	25	30	45	0	1.56	1.97	Clayey silty sand
4	7.5-8	26	32	42	0	-	-	Clayey silty sand
5	8.5-9	56	40	16	0	1.54	1.93	Grey silty clay
6	12.5-13	53	41	12	0	-	-	Grey silty clay
7	18-18.5	23	37	40	0	1.61	2.02	Clayey silty sand

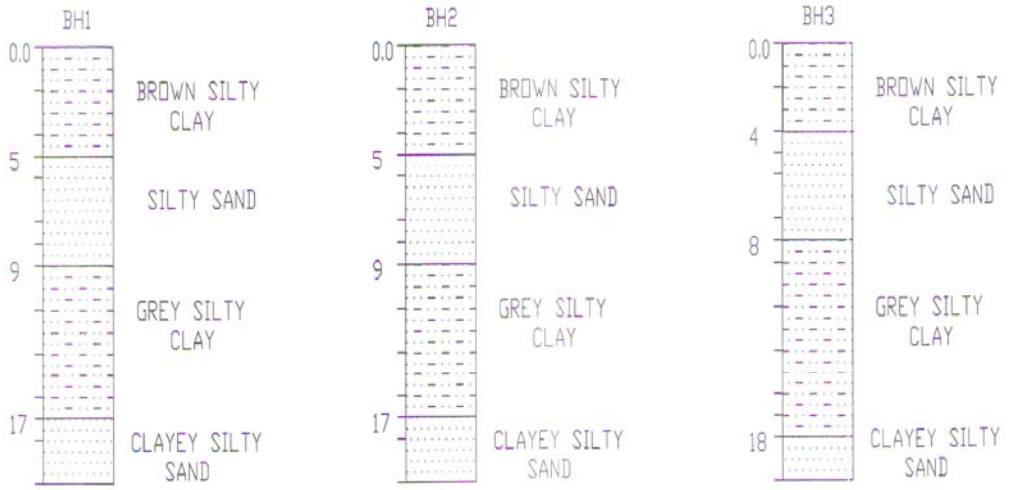
ب- الفحوصات الهندسية :-

1- فحص انضمام التربة (Consolidation):-

لغرض دراسة انضغاطية التربة (Compressibility) في منطقة الدراسة تم التعبير عنها بدلالة دليل الانضغاط (Cc) (Compression Cofficent) ومن نتائج فحص الانضمام للتربة والذي تم إجرائه استنادا إلى المواصفة البريطانية (BS.1377/1969). حيث تم إجراء فحصين للانضمام لنموذجين من البئر (BH1) الأول على عمق (2- 2.5م) والأخر على عمق (9.5 – 10م) ونموذجين من (BH3) الأول على عمق (2- 2.5م)والثاني على عمق (8.5-9 م) ونتائج الفحوصات مبينة في الجدول (4). ويلاحظ من خلال النتائج المستحصلة ان معامل إنضغاط التربة (Cc)عالي نسبياً مقارنة بالمعدلات العامة لقيم هذا المعامل في الطبقات الناعمة .

جدول رقم (4):يوضح نتائج فحوصات الانضمام لنماذج الآبار المختارة

PC KN/m^2	Cr x 10^{-2}	Cc x 10^{-2}	e o	Depth	رقم البئر
1.9	6.2	27.3	0.91	2.5 – 2	BH_1
2.1	6.5	23	0.95	10 – 9.5	
1.95	5.1	25.5	0.87	2.5 – 2	BH_2
2.1	5.5	22	0.93	9 -8.5	



الشكل (2) : يوضح المقاطع العمودية للآبار الثلاثة المحفورة في منطقة الدراسة

7- وصف طبقات التربة

من خلال نتائج التوزيع الحبيبي الحجمي للتربة تبين ان طبقات التربة في المنطقة هي أربعة طبقات رئيسية وهي :-

1- **الطبقة (A) :-** وتمتد من سطح الأرض الطبيعية الى عمق (5 متر) وهي طبقة من الطين الغريني بنية اللون (Siltyclay).

2- **الطبقة (B):-** وهي طبقة رملية غرينية طينية وتمتد لغاية عمق (9 متر).

3- **الطبقة (C):-** وهي طبقة طينية غرينية تمتد الى عمق (18 متر).

4- **الطبقة (D)-** وهي طبقة رملية تمتد الى نهاية الحفر.

أن الشكل (2) يوضح مقاطع ممثلة لطبقات التربة والمستنبطة من نتائج الوصف الحقلي والفحوصات المختبرية.

لغرض حساب الإجهادات في تربة منطقة الدراسة تم احتساب معدلات السمك والكثافة المشبعة والكثافة الفعالة للطبقات الثلاثة الرئيسية والواضحة في المنطقة وكما في الجدول (5).

ان التغير في معدلات الإجهادات سيؤثر على الطبقات الناعمة للتربة وذلك لقابليتها للانضمام اي الطبقتين (A)و(C) .

جدول (5) : يوضح معدلات السمك والكثافة المشبعة والفعالة لطبقات منطقة الدراسة

الطبقة	معدل السمك (م)	معدلات الكثافة المشبعة γsat	معدلات الكثافة الفعالة γm
A	5	1.81	1.42
B	4	1.93	1.53
C	9	1.96	1.56

8-تحليل الإجهادات في التربة

8-1- الإجهاد الكلي (σ)

وهو الإجهاد الناتج عن الوزن الكلي لعمود التربة حيث تكون التربة تحت منسوب الميـاه الجوفيـة مشبعة وتكون فوق منسوب المياه الجوفية مشبعة جزئيا .وقد تم حساب هذا الإجهاد من خلال ضرب سـمك عمود التربة (h) في وزن وحدة الحجم الفعال (γm) للتربة الواقعة فوق منسوب الماء الجوفي وفـي وزن وحدة الحجم المشبع (γsat) للتربة الواقعة تحت منسوب الماء الجوفي وإجراء جمع تراكمي للاجهادات الكلية وفق المعادلة (1) (Derringh/1998) إذ تم افتراض أن منسوب الماء الجوفي الساكن ينخفض عند سـحب المياه الجوفية الى عمق (8متر) مقسمة على مرحلتين ينخفض في كل مرحلة بمقدار (4 م).

$$\sigma = h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots hi\ \gamma i \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن :-

h_1:- يمثل سمك الطبقة الأولى.

γ:- يمثل وزن وحدة الحجم للطبقة الأولى.

h_2:-سمك الطبقة الثانية .

γ_2:- وزن وحدة الحجم للطبقة الثانية .

8-2- الإجهاد المتعادل (U):-

وهو ضغط ماء الفجوات ويؤثر في حبيبات التربة بصورة متساوية في جميع الاتجاهات حيـث انـه يمثل ضغط ماء الفجوات داخل التربة المشبعة ،وهو لا يعمل على تقارب الحبيبات من بعضها او تغيير حجم الفجوات في هيكل التربة لذا يدعى الإجهاد المتعادل ويعتمد ضغط ماء الفجوات على موقع التربة من الميـاه الجوفية ،فعند سطح الماء الجوفي يكون الضغط مساويا الى الصفر ويدعى سطح المـاء الحـر (Phreatic Water) او منسوب الماء (water table)، وتحت هذا السطح يكون هذا الضغط موجبا في تأثيره، ويكـون سالبا فوقه ويتكون هذا الضغط بسبب الخاصية الشعرية.

ان الإجهاد المتعادل عند أي نقطة هو عبارة عن وزن عمود الماء لوحدة المساحة عند تلك النقطـة ،لذا يتم حساب هذا الإجهاد من خلال ضرب سمك عمود الماء (والذي يمثل المسافة بين سطح الماء الجـوفي وعمق المستوى الذي يحسب عنده الإجهـاد فـي وزن وحـدة الحجـم للمـاء (γ_w) وفـق المعادلـة (2) (Bowles ،1984)

$$U=d\ \gamma_w \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث (d)هو سمك عمود الماء والذي يمثل المسافة بين سطح الماء الجوفي والمستوي الذي يتم حساب الإجهاد عنده.

(γ_w) وزن وحدة الحجم للماء .

8-3-الإجهاد الفعال للتربة ($\bar{6}$):

وهو الإجهاد الذي يؤثر في هيكل التربة وينتقل من حبيبة الى أخرى كأنها سلسلة مرتبطة ببعـضها ويعمل هذا الإجهاد على تقارب حبيبات التربة من بعضها ،اي يؤدي الى تقليص حجم الفجـوات وانـضغاط هيكل التربة ويحسب هذا الإجهاد وفق المعادلة (3) :

$$\bar{6} = \sigma - U \ldots\ldots\ldots (3)$$

إن فكرة هذا البحث مبنية على اساس استخدام المياه الجوفية لتربة لأغراض الـسقي حيـث بـدأت عملية حفر واسعة للآبار في كل مرافق جامعة القادسية وذلك يلعب دور مهم في تغير قيم الإجهادات الثلاثـة المؤثرة في التربة لذلك سيتم حساب قيم الإجهادات عند مستوى الماء الساكن اي عندما يكون عمق (1متـر) وعند انخفاض منسوب المياه الجوفية الى(4 متر) وكذلك عند انخفاضه الى (8 متر)، والجدول (6) يوضـح قيم الإجهادات الكلية والمتعادلة والفعالة والتي حسبت عند منسوب الماء الجوفي الـساكن وعنـد انخفـاض المنسوب الى(4 متر) والى (8 متر).

جدول (6) يوضح قيم الإجهادات الكلية والمتعادلة والفعالة عند منسوب الماء الجوفي الساكن وعند انخفاض المنسوب الى(4متر) والى (8 متر)

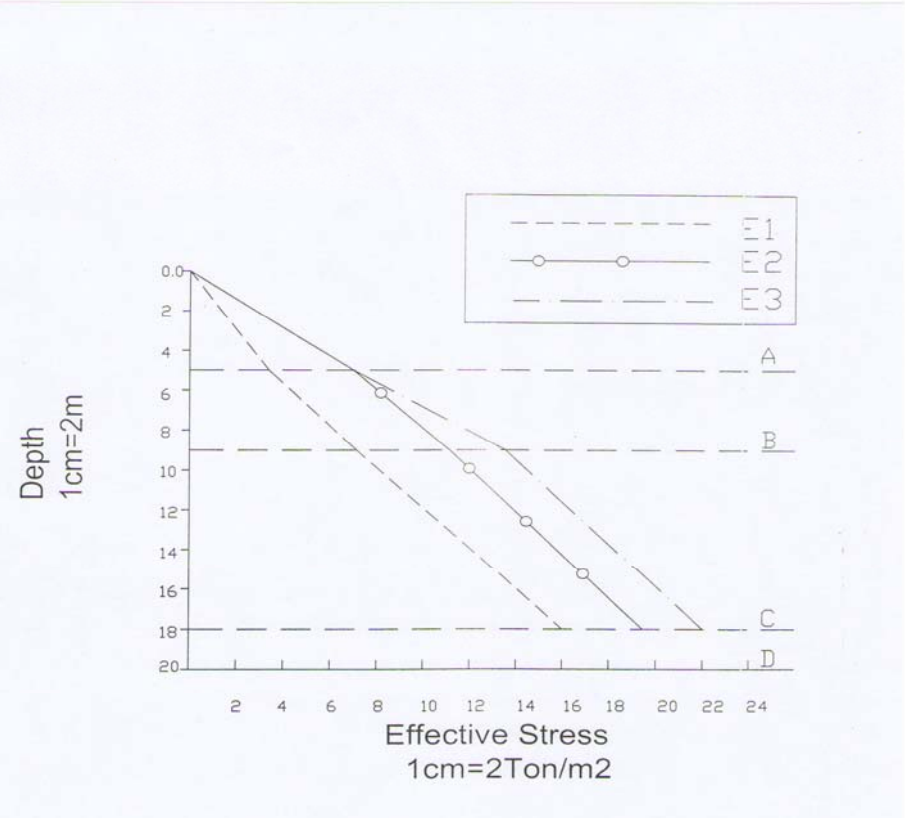
الطبقة	سمك م	الاجهادات عند منسوب الماء الجوفي الساكن*			الاجهادات عند انخفاض منسوب الماء الجوفي 4م			الاجهادات عند انخفاض منسوب الماء الجوفي 8م		
		σ Ton\m^2	U Ton\m^2	$\bar{6}$ Ton\m^2	σ Ton\m^2	U Ton\m^2	$\bar{6}$ Ton\m^2	σ Ton\m^2	U Ton\m^2	$\bar{6}$ Ton\m^2
A	5 m	7.82	4.25	3.57	7.15	0	7.15	7.15	0	7.15
B	4 m	15.54	8.25	7.29	14.87	4	10.87	13.27	0	13.27
C	9 m	33.18	17.25	15.93	32.15	13	19.15	30.91	9	21.91

*منسوب الماء الجوفي في المنطقة هو(1 متر) تحت سطح الأرض.

ويبين الشكل (3) مخططا لتوزيع الإجهادات الفعالة العاملة على الطبقات وعند انخفـاض منـسوب المياه الجوفية الى (8 متر) عن سطح الارض.

إن زيادة قيم الإجهادات الفعالة من (3.57 طن\م^2) الى (7.15 طن\م^2)ضـمن الطبقـة A عنـد انخفاض منسوب المياه الجوفية بمقدار (4 متر) سيؤدي الى هروب ماء الفجوات وزيادة في معـدل انـضمام التربة كما ان زيادة قيم الإجهادات الفعالة من (15.93 طن\م^2)إلى (21.91 طن\م^2) ضمن الطبقة (C)عنـد انخفاض منسوب الماء الجوفي بمقدار (8) أمتار سيؤدي الى زيادة في معدلات انضمام هذه الطبقة وبالتـالي زيادة احتمالية حصول هبوط ارضي للمنطقة عن مستواها الأصلي مما يمكن ان يسبب فـي هبـوط أسـس البنايات والمنشآت الهندسية القائمة حاليا داخل الحرم الجامعي .ان سحب المياه من الطبقة الرمليـة(B) ذات النفاذية العالية والذي يبلغ معدل سمكها(4 متر) سيؤدي الى تقليل الضغوط الهيدروستاتيكية وبالتالي إمكانيـة نضوح الماء من الطبقة العليا (A) ولو بمعدلات بسيطة بسبب نفاذيتها الواطئة نسبيا مما يؤدي الـى زيـادة الإجهادات الفعالة في الطبقة وزيادة انضمام التربة .

ان عملية التقييم للاجهادات في هذا البحث أجريت دون حساب الإجهادات الخارجية الناتجة عـن وزن البنايات والتي تشكل اجهادات إضافية تساهم وبشكل كبير في زيادة احتمالية حصول هبـوط لـسطح الأرض وانخفاض مستوى الأسس عن المستوى الهندسي التصميمي مما يمكن ان يسبب مشاكل للبنايـات والمنـشآت الهندسية المقامة.



الشكل (3) : يوضح التغيرات الحاصلة في معدلات الاجهادات الفعالة مع العمق نتيجة سحب المياه الجوفية من تربة منطقة الدراسة حيث ان (E1) يمثل منحني الاجهاد الفعال مع العمق عند منسوب الماء الطبيعي (1) م و(E2) يمثل منحني الاجهاد الفعال مع العمق عند انخفاض مستوى الماء الجوفي الى (4) م بينما (E3) يمثل منحني الاجهاد الفعال مع العمق عند انخفاض مستوى الماء الجوفي الى (8) م .

9- الاستنتاجات

بناء على النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة نستنتج بأن سحب المياه المستمر من تربة جامعة الفادسية وبالأخص من الطبقة الرملية النفاذة (B) سيؤدي الى زيادة في قيم الإجهادات الفعالة للتربة مما يمكن ان يسبب زيادة في معدلات انضمام الطبقة الناعمة (C) والتي تتميز بقابليتها على الانضمام وبالتالي إمكانية حصول انخفاض سطح الأرض وبالتالي انخفاض لأسس المنشات الهندسية المقامة داخل الحرم الجامعي عن مستواها الحالي مما يمكن ان يسبب أضرار بهذه المنشآت لذلك يجب ان تكون عملية سحب المياه الجوفية عملية منظمة ومسيطر عليها بحيث لا تسبب أضرار للمنشآت والأبنية.

10- المصادر

العشو، محمد عمر، (1991): مباديء ميكانيك التربة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل.

American Standards for Testing and Materials (ASTM), Manual Book, part II, (1970) &(1973).

Bowles J.E., 1984: Physical &Geotechnical properties of Soils, 2nd .Ed. Mc GRAW-HILL International Book Company.

British Standards Institution (B.S. 1377), 1975, Methods of Test for Soil, for Civil Engineering Purposes. 130 p.

Chen C. Pie S. and Jian J.J., 2003: Land Subsidence caused by Ground –Water exploitation in Suzhou City, China university of Geosciences Publishing House, Wuhan, China.

Derringh E., 1998 : Computational Engineering Geology, Department of Applied Mathematics and Sciences, Went worth Institute of Technology.

Figueroa G.E., 1977: subsidence of the city of Mexico, A Historical Review, Publication No. 121 of the International Association of Hydrological Sciences, pp. 35-38.

Leake S.A., 1997 :Land Subsidence from Ground-Water Pumping, U.S. Geologic Survey, URL, http ://geo changer, er. Usgs. Gov/ sw/ changes/ anthropogenic/ subsid/ :Last apdated 10 Jul 1997.

Lofgren B.E., 1968 : Analysis of stresses causing land subsidence V.S. Geol. Survey Prof. paper 600-B, P. 219-225.

Monroe J.S., & Wicander R., 2001: Physical geology, Exploring the Earth, 4 th. By Brooks \ cole, 712 p.

Stephen M., 2002: subsidence Mechanics Review, GG 454, University of Hawaii.