

رصد هبوط المباني في مناطق التربة الضعيفة

الدكتور أديب محمود القاموح*

الدكتور سليمان علي خروش**

(قبل للنشر في 1997/11/24)

□ ملخص □

تشمل مدينة بنغازي مساحات كبيرة تصل إلى 25% من المناطق الحبيوية (السكنية والخدمية) ذات أرضية رخوة (تربة سبخية). وقد تعرضت العديد من المنشآت المشيدة في هذه المناطق إلى هبوط تجاوز الحد المسموح به مما أدى إلى تصدعات إنشائية ومعمارية. تتناول الدراسة منظومة إنشائية مقامة في مثل هذه المناطق، حيث تم تحديد مقادير الهبوط الحاصل لمنشآت بالقياس الدوري منذ المراحل الأولية للإنشاء باستخدام الطرق المساحية والمقارنة مع القيم المحسوبة نظرياً بالاعتماد على المعالم الجيوتقنية. تعرض الورقة نتائج هذه الدراسة وتناقش كفاءة الأسلوب المستخدم في القياس.

* مدرس في قسم ؟؟؟؟؟ - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** ؟؟؟؟ في قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة قارونوس - بنغازي - ليبيا

Settlement Monitoring of Buildings in Weak Soil Areas

Dr. Adib M. AL-KAMOUH*
Dr. S.A. DHATROSH**

(Accepted 24/11/1997)

□ ABSTRACT □

The city of Benghazi includes large areas approach 25% of the used areas (Domestic and Services) with soft grounds (sebkha soils). The structures constructed in such areas exhibited settlements exceeding the allowable value, causes architectural and structural damages.

The study focused on structural system founded in such regions, where settlement is evaluated by periodical measurements since the beginning of construction using surveying method and then compared with the values calculated theoretically on the bases of geotechnical parameters.

The paper presents the results of the study and discusses the effectiveness of the method adopted for monitoring.

* ??? at ?????????, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** ??? at Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Karyounes University, Benghazi, Lybia.

1- مقدمة:

إن تطور حجم الأعمار والتشييد في العقود الأخيرة، وظهور التجمعات السكنية والخدمية، قد ترافق أحياناً مع ظهور تصدعات ومشاكل خدمية لمنشآت هندسية، أو خروج بعضها من حالة الاستثمار، مما يحتم ضرورة الاهتمام لتلافي حصول مثل هذه الكوارث واستباق مرحلة مسيباته ثم إيجاد الحلول الهندسية الناجعة.

تبين التجربة الطويلة في تنفيذ المنظومات الهندسية، بأنها تخضع لهبوطات، وذلك تحت تأثير مجموعة عوامل أهمها الوزن الذاتي للمنظومة. أن ضمان سلامة المنظومة الهندسية خلال فترة التنفيذ والاستثمار يحتم أن لا تزيد قيم الهبوط عن حدود معينة [1].

لقد كانت مساهمة العلوم المساحية والجيوتقنية في مراقبة ومتابعة سلوكية أرضية تأسيس المنظومة الهندسية مساهمة كبيرة، كما كان لنتائجها دوراً أساسياً في وضع الحلول الهندسية للتدعيم والصيانة والإصلاح. ومن هنا كانت الدراسة البحثية الحالية والمقترح إجراؤها على عدد من المنظومات الهندسية المقامة في نطاق مدينة بنغازي وحيث تتواجد التربة السبخية ذات القابلية للانضغاط والتي تشكل ما يقرب على 25% من مساحة المناطق الحيوية بالمدينة. إن الهدف الأساسي هو التوصل إلى معيارية ملائمة لمساحية الهبوط، ومن ثم تحديد مواصفات التأسيس في مثل هذه المناطق، وذلك من خلال دراسة مجموعة منظومات هندسية والتي يشكل نموذج الدراسة إحداها.

2- نموذج الدراسة:

وهو عبارة عن مبنى مجمع تجاري مكون من طابقين مساحته الكلية 6600 متر مربع، مؤلف من سبعة أجزاء، يقع ضمن المناطق السبخية بمدينة بنغازي (شكل 1). والمنشأ مؤسس على حصيرة عامة خرسانية (Raft)، حفر الموقع وعلى كامل مساحة الحصيرة إلى عمق (1.0m). فرشت ردمية مرصوفة بقصد التسوية وتحسين التربة بسماكة (0.35m). ثم نفذت طبقة بيتون النظافة بسماكة (0.15m)، توضع عليها الحصيرة العامة والتي سماكتها (0.30m) وهذا مبين في الشكل رقم (2). ومتوقع أن تنتقل اجهادات إلى التربة تتراوح بين (60-80 KN/m²). تتكون أرضية الموقع من قطاع التربة المبين بالشكل رقم (2) حيث يتضح تواجد طبقة من تربة غضارية رخوة (رسوبيات سبخية) ممتدة على كامل الموقع، يتراوح سمكها من 5.0 حتى 7.5 متر. كما أن منسوب المياه الجوفية قريب من السطح.

3- منهجية الدراسة:

بما أن هدف الدراسة لا يكمن فقط في عمليات قياس مقادير الهبوط لمدة محددة، بل متابعته على مدى فترات زمنية قد تمتد إلى عدة سنوات، مما يترتب عليه، أخذ كل الاحتياطات الممكنة لضمان دقة القياس وثبوت المرجع وعدم تأثر كل ذلك بمتغيرات الموقع والزمن. تم اعتماد شبكة التسوية المرجعية المقفلة حول المنشأ والتي من مميزات الآتي:

أنها تضمن تحديد مناسيب العلامات المساحية وذلك من نقطتين مرجعيتين على الأقل لكل علامة.

يمكن الاستعاضة عن أي نقطة مفقودة أو مخفية في أي مرحلة قياس.

يمكن إضافة نقاط مرجعية جديدة عند الحاجة.

يمكن التأكيد من ثبوت نقاط الشبكة المرجعية وإلغاء النقاط المشكوك في ثباتها.

وضعت وفقاً لذلك تسع نقاط مرجعية بحيث تكون في مواضع ثابتة وبعيدة عن منطقة التأثير بالتشوهات الحادثة في أرضية المنشأ (شكل 3). كما تم تثبيت 14 علامة مساحية في العناصر الإنشائية أثناء صب أساسات الأجزاء (G.D.F.A) الموضحة في (شكل 4) حيث اعتبرت ممثلة لبقية الأجزاء الأخرى.

ويتم بذلك تتابع أخذ القياسات دورياً بداية من المراحل الأولية للإنشاء وتستمر خلال فترة استثمار المنشأ، حيث يقيم دورياً سلوك المنشأ وتحديد أي بواحد غير اعتيادية.

4- القياسات المساحية:

استخدام قياس حركة العلامات المساحية نظام التسوية الهندسية الدقيقة باستخدام جهاز (Zeiss-Ni2) وقد روعي أثناء القياس الدوري متطلبات إجراء مثل هذا النوع من التسوية [2] لتأمين الدقة وذلك كما يلي:

- 1- وضع الجهاز على مسافات لا تتجاوز 50 متراً عن كل من القامتين.
- 2- إجراء اختبارات معايرة دورية للجهاز للتحقق من صحة شروط المحاور.
- 3- تم اختيار جملة ارتفاعية حرة وحساب خطأ القفل للشبكة وتمت مقارنته مع الخطأ المسموح به في التسوية الدقيقة ومن ثم توزيعه كالتالي:

$$V_{i,k} = -\frac{f_h}{\sum S} S_{i,k} \quad (1)$$

f_h : خطأ القفل.

$S_{i,k}$: المسافة بين النقطتين i و k .

$V_{i,k}$: التصحيح على فرق الارتفاع بين النقطتين I و K .

وتوجد المناسيب المعدلة للشبكة المرجعية في شكل رقم (3).

4- تم إجراء قياسات التسوية للعلامات المساحية على أجزاء المنشأ من نقطتين مرجعيتين على الأقل، وذلك في كل فترة زمنية محددة، خلال فترة التنفيذ، وقت تم حساب المناسيب النهائية لكل من العلامات المساحية بطريقة المتوسط الحسابي وذلك لتقارب قيم القياسات ووقوع الفرق بين المنسوبين لكل علامة مساحية ولنفس دورة القياس ضمن الحدود المسموح بها.

5- تم إجراء قياسات تحقيق لنقاط شبكة التسوية وذلك بعد مضي أكثر من سنة ونصف وقد وجد أن مناسيب النقاط ثابتة لم تتغير.

6- تم تقييم دقة القياس بالنسبة لنقاط الشبكة المرجعية وكذلك بالنسبة للعلامات المساحية. وبحيث أن الفروقات المسموحة في فرق الارتفاع (f_{Ah}) لنفس النقاط في كل قياس لا يزيد عن الحد المسموح بالمحسوب بالعلاقة [4].

$$f_{Ah} \leq \mu_{Km} \sqrt{2R} \quad (2)$$

حيث أن:

μ_{Km} : الخطأ المتوسط التربيع في فرق الارتفاع لوحد كيلو متر من مسلك تسوية.

R: طول المسلك بالكيلو متر.

بعد تعديل القياسات، تم تقييمها بحساب الخطأ على واحدة الوزن بالعلاقة [4].

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum P.V^2}{r}} \quad (3)$$

حيث P: الوزن، V: التصحيحات، r: عدد القياسات الزائدة.

5- حساب الهبوط من القياسات المساحية:

استنتجت قيم الهبوط من قياس المناسيب النهائية للعلامات المساحية، والمقابلة للفتحات

الزمنية المحددة للقياسات والخاصة بالأجزاء A.D.F.G وقد حدد مقدار الهبوط ($\Delta S_{i,i-1}$) بالعلاقة:

$$\Delta S_{i,i-1} = H_i - H_{i-1} \quad (4)$$

حيث:

H_i : منسوب النقطة من القياس الحالي.

H_{i-1} : منسوب نفس من القياس السابق.

ونبين نموذج لمقادير الهبوط المتحصل عليها للمبنى "D" في جدول رقم (1).

جدول (1): مناسيب وقيم الهبوط للعلامات الخاصة بالجزء (D)

قيم الهبوط (مليمتر)					مناسيب العلامات المساحية (متر)						العلامة
H ₀ H ₅	H ₀ H ₄	H ₀ H ₃	H ₀ H ₂	H ₀ H ₁	H ₅	H ₄	H ₃	H ₂	H ₁	H ₀	السلحية
55.34	52.41	51.58	43.54	12.80	29.12.94	15.12.94	2.12.94	20.10.94	26.6.94	14.12.93	D ₁
52.61	55.75	51.99	35.88	25.2	14.995915	14.99884	14.999665	15.00774	15.038065	15.05125	D ₂
43.17	43.27	42.32	28.05	14.80	15.090165	15.087025	15.09070	15.1069	15.117575	15.142.775	D ₃
14.24	15.92	13.12	12.97	10.95	15.201275	15.204175	15.205125	15.2194	15.23265	15.247445	D ₄
					15.18335	15.181675	15.184475	15.184625	15.18665	15.197595	

6- الحسابات الجيوتقنية:

اعتمدت هذه الحسابات على خصائص التربة المأخوذة من نتائج الاستكشافات المخبرية لعدد ست جسّات بالموقع (شكل 1). وأجريت تجارب مخبرية على العينات المأخوذة من المجسات الست وتم تحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية للعينات مخبرياً. وبما أن البحث يقتصر فقط على تعيين الهبوط ومقارنته مع مثيله من القياسات المساحية، لذلك ذكرت في النص فقط العوامل والمواصفات التي تدخل في حساب قيم الهبوط. كانت قيم معامل الانضغاط الحجمي (m_v) تتراوح بين $(0.795 \text{ m}^2/\text{MN})$ وحتى $(0.666 \text{ m}^2/\text{MN})$. وقيم معامل التصلب أو التشديد (C_v) هي بين $(4.5 \text{ m}^2/\text{Yr})$ وحتى $(5.9 \text{ m}^2/\text{Yr})$ لجميع التغيرات في الأحمال خلال فترة الرصد. يبين الجدول رقم (2) قيم (m_v). ويوضح الشكل رقم (5) منحنى الانضغاط (e -log pressure) لعينتين من اختبارات التصلب المنفذة في منطقة الموقع.

جدول (2): قيم (m_v)

رقم العينة	M_v (m^2/MN)				
	1	2	3	4	5
0.00					
	2.78	3.41	2.55	1.27	0.74
25					
	0.76	0.93	1.128	0.79	0.70
50					
	0.55	0.66	0.711	0.67	0.74
100					
	0.253	0.31	0.37	0.38	0.47
200					
	0.147	0.15	0.188	0.18	-
400					
	0.063	0.09	0.10	0.10	-
800					

وقد روعي في حساب هبوط التصلب (أو التشديد) اعتبار التغير المتزايد للأحمال أثناء فترة الإنشاء وثبوتها بعد انتهاء هذه الفترة [3] بالإضافة إلى إدخال تأثير الأحمال المنقلة من الأجزاء المتجاورة للمنشأ واعتبار تعاقب الإنشاء فيما بينها تم حساب الهبوط في الجزئين A,G وكذلك في كل من الجزء D والجزء F. وقد تمت الحسابات وفق الخطوات التالية:

- تم رسم العلاقة البيانية بين الزمن ومقدار الزيادة في الأحمال الإنشائية لكل جزء حسب مراحل الإنشاء. (شكل 6).

- تم تحديد زمن بداية التحمل على طبقات التربة وذلك بتحديد الفترة الزمنية الخاصة بإعادة التحميل المكافئة لعمليات الحفر والإزالة.

- افتراض أن علاقة التزايد في الأحمال الإنشائية مع الزمن علاقة خطية [7] [Taylo2, 1982].

- قسمت طبقات التربة إلى ثلاث شرائح، للحصول على قيم أكثر دقة.
- تم الأخذ في الاعتبار الاجهادات المنقلة إلى التربة من الأجزاء المجاورة.
- حددت قيم الاجهادات المنقلة إلى طبقات التربة ($\Delta\sigma$) وفق العلاقة (6):

$$\Delta\sigma = I.q \quad (5)$$

حيث أن:

- q: مقدار الزيادة في الاجهادات الخارجية المتتالية لكل مرحلة زمنية.
- تحسب قيم (I) من تبيان فادوم [Fadum, 1948] شكل رقم (7).
- حدد الهبوط في مركز كل شريحة من الطبقة الرئيسية وفق العلاقة (6):

$$\delta_c = m_v \cdot \Delta\sigma \cdot H \quad (6)$$

- أخذت قيم (m_v) من الاختبارات المخبرية في المنطقة (جدول 2).
- تحدد قيم معامل الزمن T_v وفق العلاقة (6):

$$T_v = \frac{t.c_v}{H^2} \quad (7)$$

حيث أن:

H: سماكة الطبقة الكلية (على اعتبار أن التصريف أحادي).

أخذت قيم (c_v) من الاختبارات المخبرية في المنطقة (المنحنيات النموذجية، شكل رقم

5)، وفق مقدار التغير في الإجهاد المناظر لكل شريحة.

أما بالنسبة لقيم (t) فتحسب كالتالي [7] شكل (6):

في حالة استمرار الأحمال في التزايد:

$$t = tc/2 \quad (8)$$

- في حالة استقرار الأحمال الخارجية:

$$t = t_1 - tc/2 \quad (9)$$

من العلاقة بين معامل الزمن T_v ومعامل التشديد C_v ، حددت قيم درجة التشديد U خلال كل فترة زمنية جدول رقم (3):

جدول (3)

T_v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848	1.163	∞
$U\%$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	100

ويستخرج الزمن اللازم للتشديد حسب الجدول رقم (3) والمعادلات (7,8,9).

نوضح فيما يلي نموذجاً لحساب الزمن اللازم للتشديد عند درجة تشديد 50%:

نجد من المعادلة (7) أن:

$$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$$

ومن الجدول رقم (3) فإن $T_v = 0.167$

بفرض: $H = 6.25 \text{ m}$ ، $c_v = 5.2 \text{ m}^2/\text{yr}$

ينتج أن:

$$t \approx 1.5 \text{ yr} = 18 \text{ Month}$$

- تم تعيين قيم الهبوط من العلاقة التالية (6) وفق درجة التشديد المناظرة:

$$\delta_t = U \cdot \delta_c \quad (10)$$

يبين الشكل رقم (8) قيم الهبوط المقاسة للعلامات المساحية لكل الفترات الزمنية لجميع أجزاء

المنشأ الداخلة في الدراسة. يوضح الشكل رقم (9) العلاقة بين متوسط الهبوط المقاس مساحياً

لجميع الفترات الزمنية المحددة للأجزاء الإنشائية.

7- مناقشة قيم الهبوط المقاسة والمحسوبة:

من خلال نتائج القياسات الحقلية والمقارنات التي أجريت مع الحسابات النظرية يمكن

استنتاج الآتي:

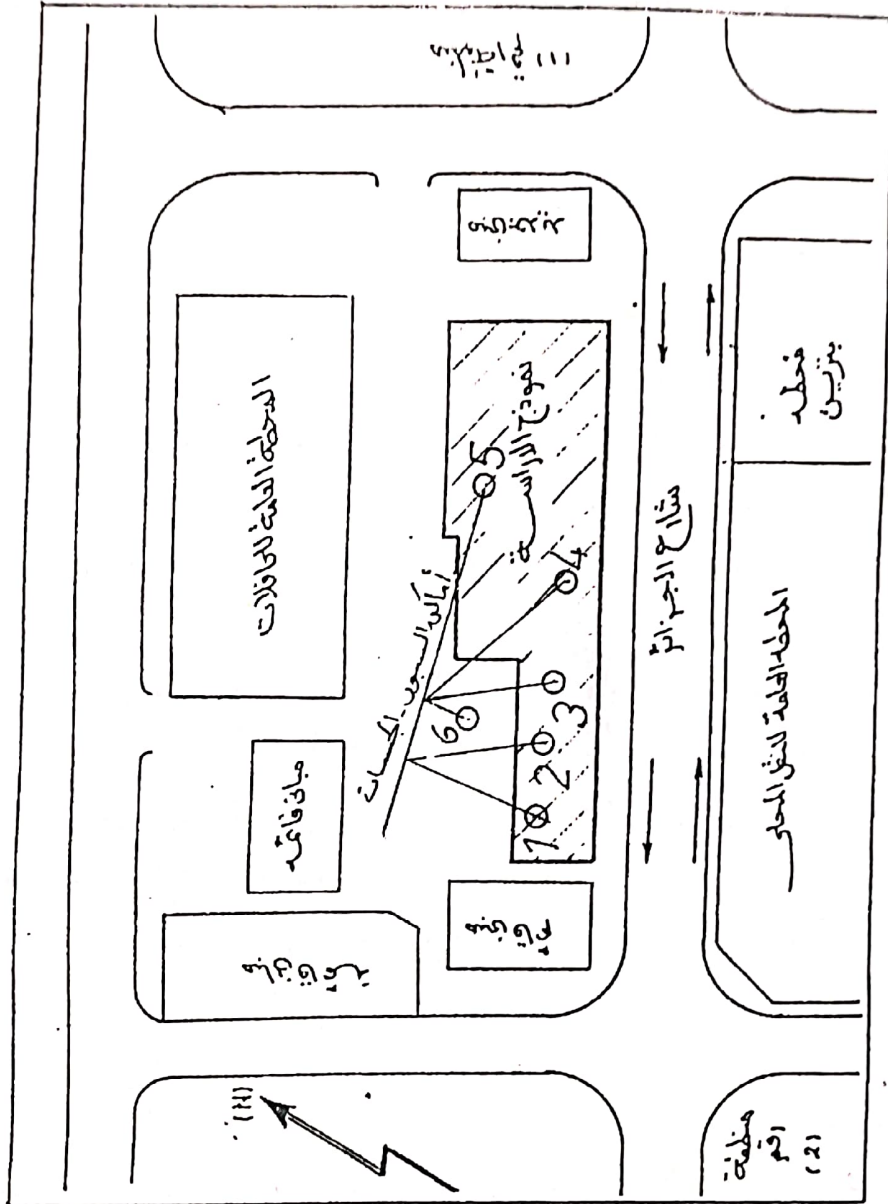
1- لم تكتمل عملية التصلب على الرغم من مرور ما يقرب من العامين على الإنشاء. وقد

دلت الحسابات الجيوتقنية أن الهبوط حتى آخر قراءة قد وصل إلى 55% فقط من

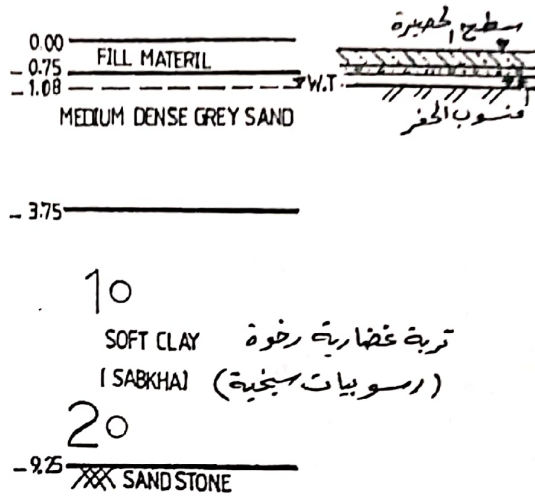
- قيمتها النهائية. ويتوقع زيادة قليلة أخرى في الهبوط بسبب الأحمال الحية التي لم تسلط بعد على المنشأ والتي لا تتجاوز 20% من الأحمال الواقعة عليه حالياً.
- 2- بالنظر إلى شكل رقم (8) يتضح أن قيم الهبوط المقيسة لكل نقطة على المنشأ بها بعض التباين ويعلل ذلك بشكل رئيسي لتأثير بعض النقاط بالاجهادات المنتقلة من المباني المجاورة المستجدة. وكذلك تفاوت التركيز في أعمال الإنشاء على جانب دون آخر، إضافة إلى التعاقب الكبير في زمن الإنشاء بين الأجزاء المختلفة.
- 3- بمقارنة نتائج القياسات على قيم الهبوط المحسوبة باستخدام نظرية التصلب شكل رقم (9) يتضح أن هناك تقارباً في مسار الهبوط بينها، غير أن التباين الواضح في المراحل الأولية يرجع إلى عدم إضافة قيم الهبوط الفوري والذي يتراوح بين 10 إلى 15 ملم. بينما متوسط أقصى هبوط في جميع الأجزاء يساوي تقريباً 60 ملم.
- 4- يتضح أن جميع أجزاء المنشأ الداخلة في الدراسة تسلك نفس مسار الهبوط مع بعض التفاوت الناتج عن تعاقب الإنشاء وتأثير المنشآت المجاورة والظروف المحيطة. ولم يظهر في أي منها بواحد إخفاق أو أضرار معمارية أو إنشائية أو أي ظاهرة غير اعتيادية. ويرجع ذلك لعدم تعرض المنشأ لفرق هبوط كبير بين أي نقطتين متجاورتين بسبب جساوة الأساس ولم يتجاوز أقصى فرق 26 ملم والذي أعطي زاوية انحراف $(\alpha = 1/1000)$ والتي تعتبر في جانب الأمان لمثل هذا النوع من المنشآت [5].

8- الخلاصة:

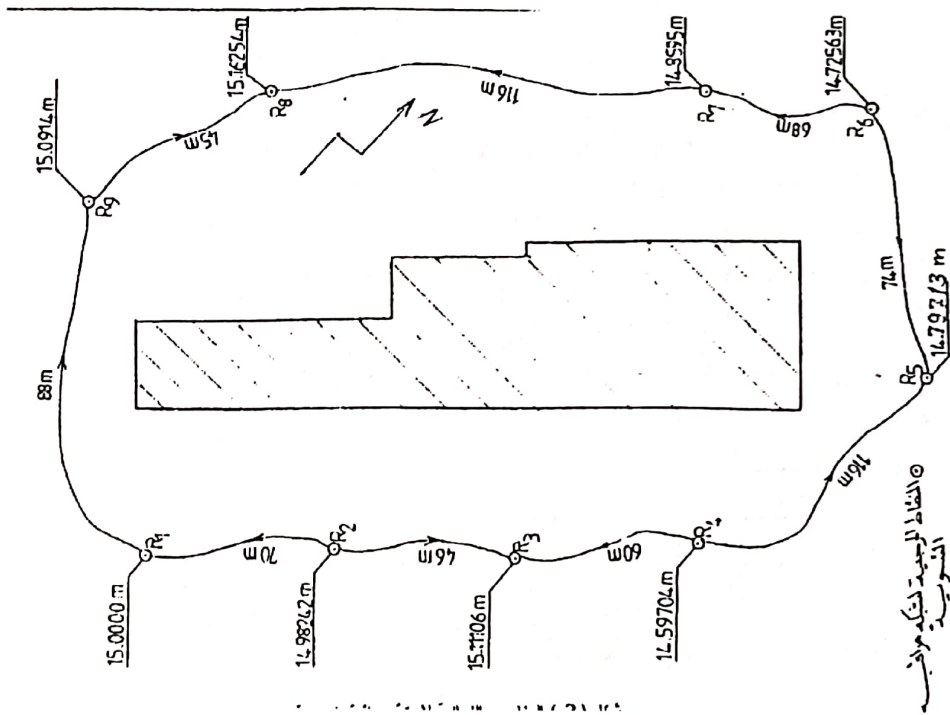
تهدف دراسة الهبوط لنموذج منظومة هندسية منفذة في مناطق التربة السبخية الضعيفة بمدينة بنغازي والتي تمت باستخدام القياسات المساحية بالاعتماد على شبكة التسوية الهندسية الدقيقة، لرصد الحركة الرأسية للعلامات المساحية المثبتة على المنظومة، وذلك منذ المراحل الأولية للتنفيذ وحتى مرحلة التشطيبات النهائية. وقد أثبتت الطريقة كفاءة في تحديد القيم المتحصل عليها وتحديد سلوك المنظومة. وقد تضمنت الدراسة أيضاً مقارنة للقيم المتحصل عليها بالقياسات المساحية وتلك المحسوبة من التحليل الجيوتقني والمستند على معالم التربة. لقد وجد تقارب فيما بينها مما يجزم بملائمة فرضيات نظرية التصلب لحساب الهبوط في مثل هذا النوع من الأراضيات. تجدر الإشارة إلى أن المتغيرات في منطقة الدراسة كالهدم والإنشاء والحركة غير المنتظمة أثناء التنفيذ، تعتبر من المصاعب الكبيرة التي تواجه مثل هذا النوع من الدراسات.



شكل (1): الموقع العام لنموذج الدراسة.

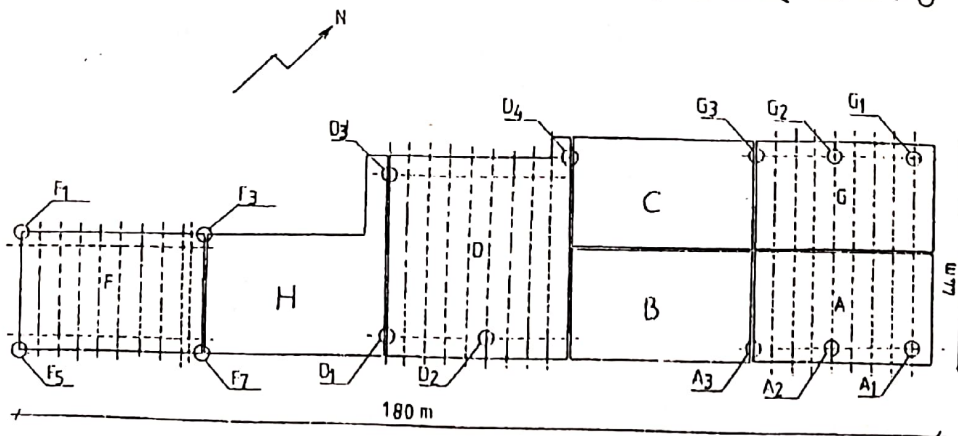


شكل (2): مقطع طبقي ممثل لطبقات التربة في السبور
 ○ عينة مأخوذة.



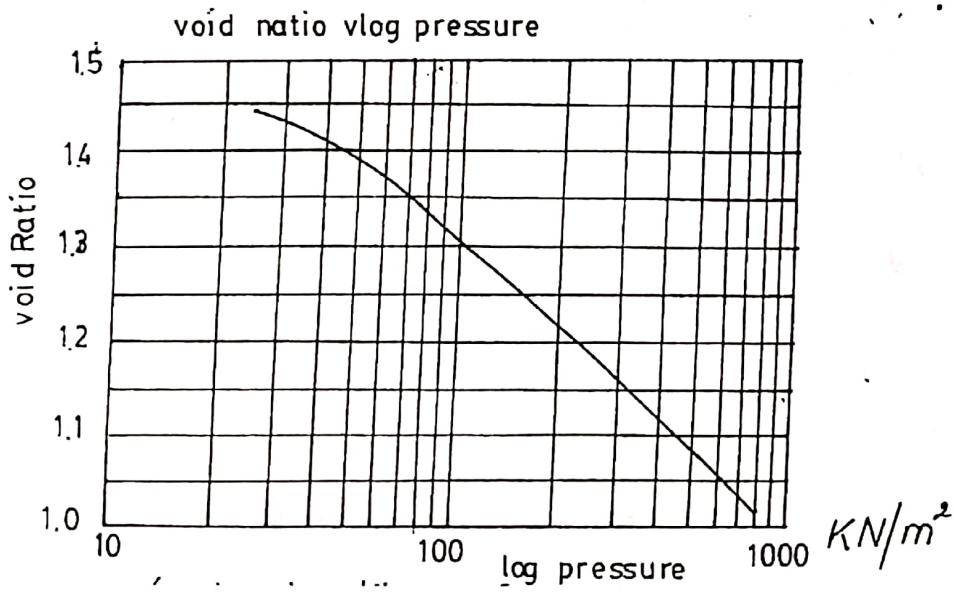
شكل (3): المناسيب النهائية لشبكة مراقبة التسوية.

الأعداد الواردة عليها العلامات المساحية

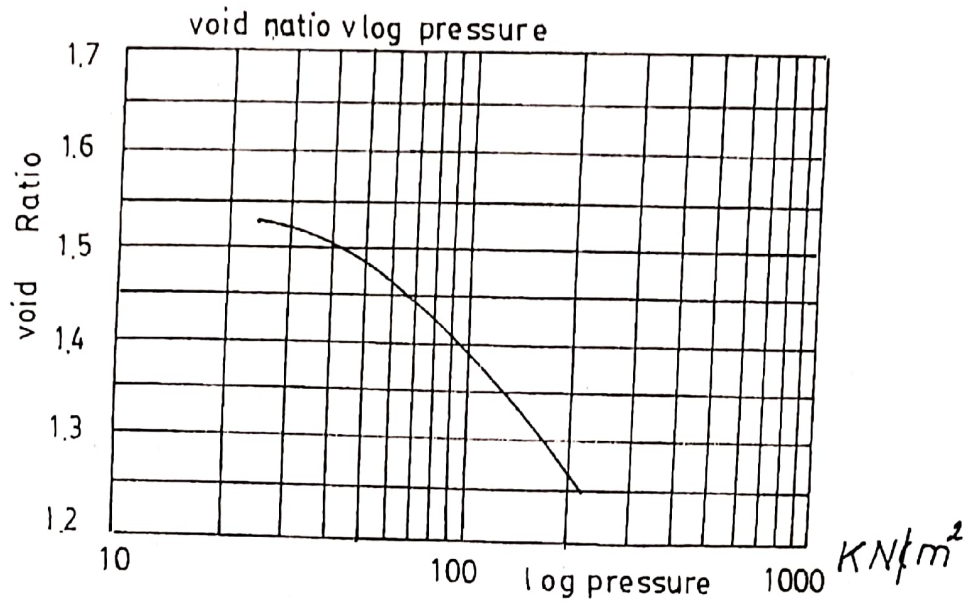


SCALE 1 / 800

شكل (4): مواضع العلامات المساحية على المنشأ.

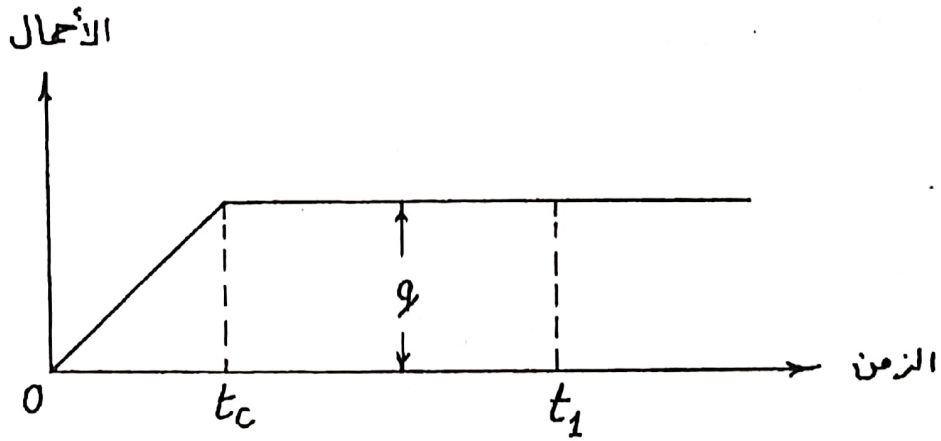


العينة رقم (1) على المقطع الطبقي في الشكل (2)

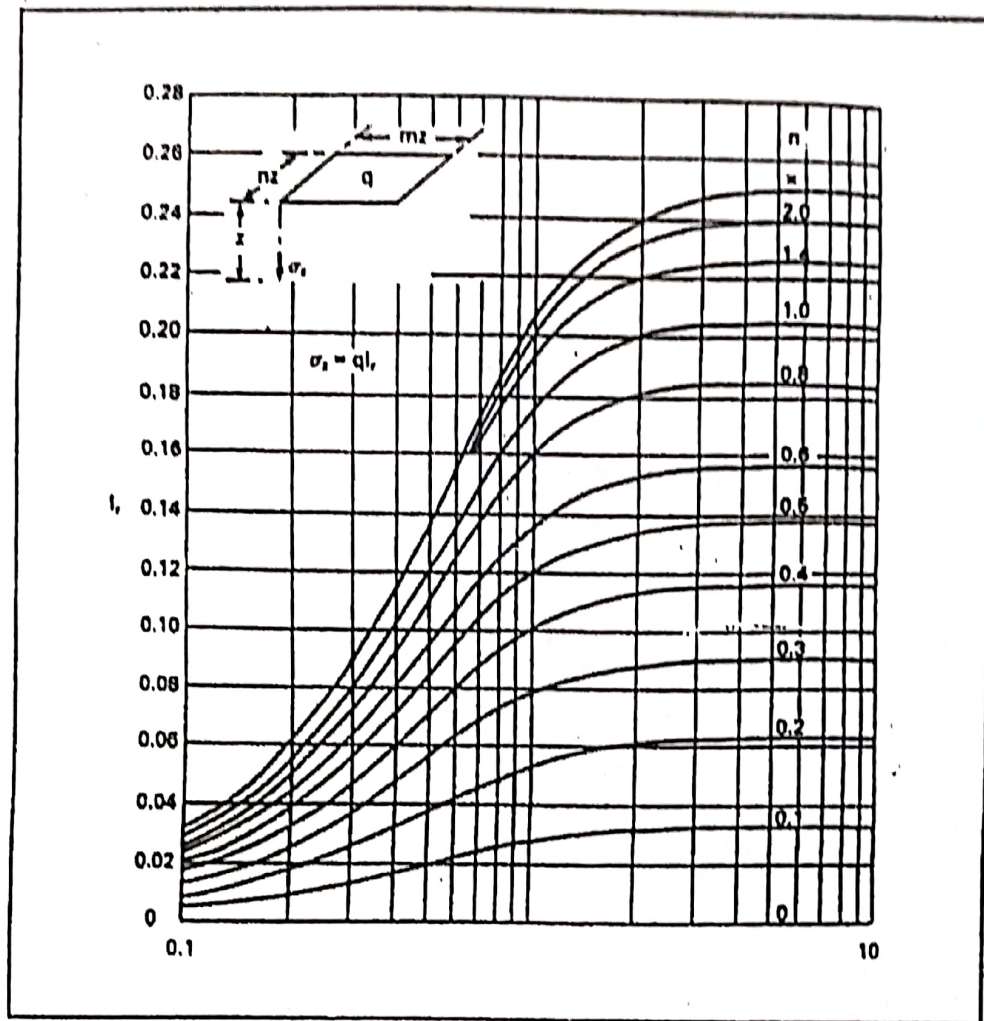


العينة رقم (2) على المقطع الطبقي في الشكل (2)

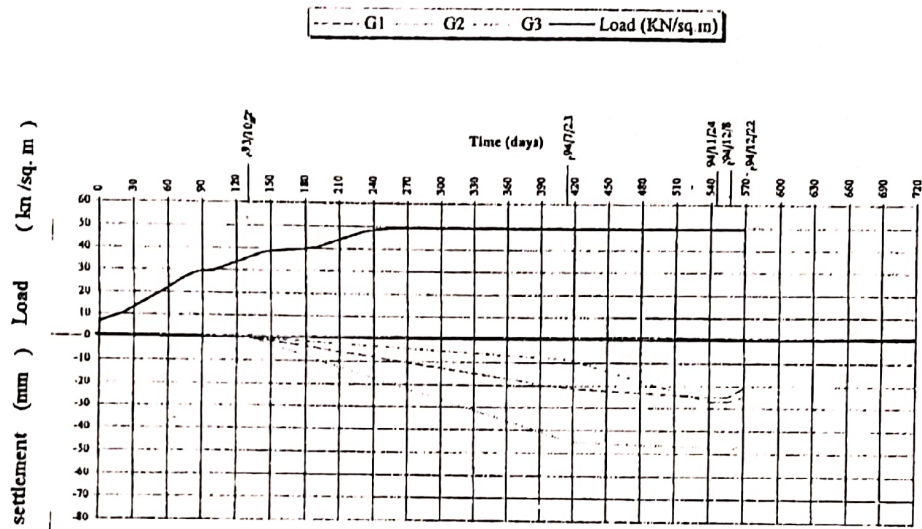
شكل (5)



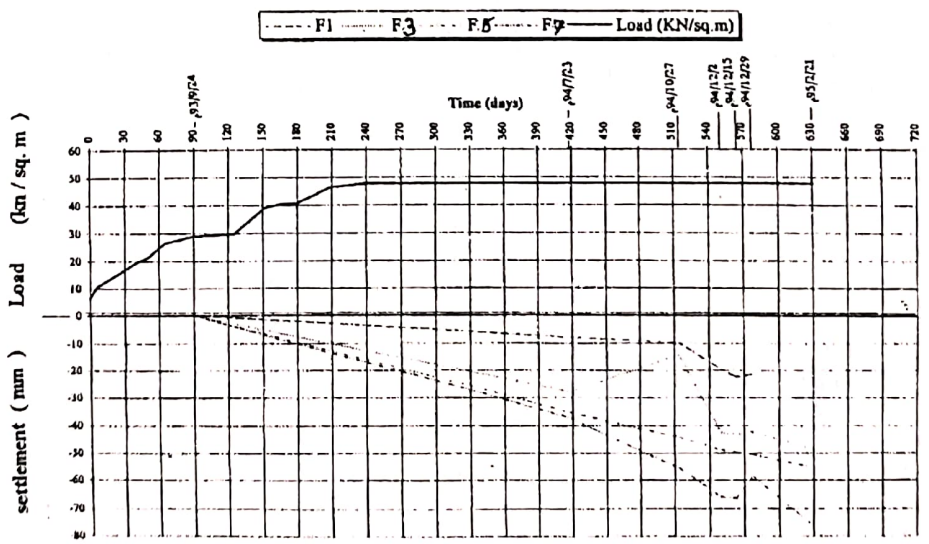
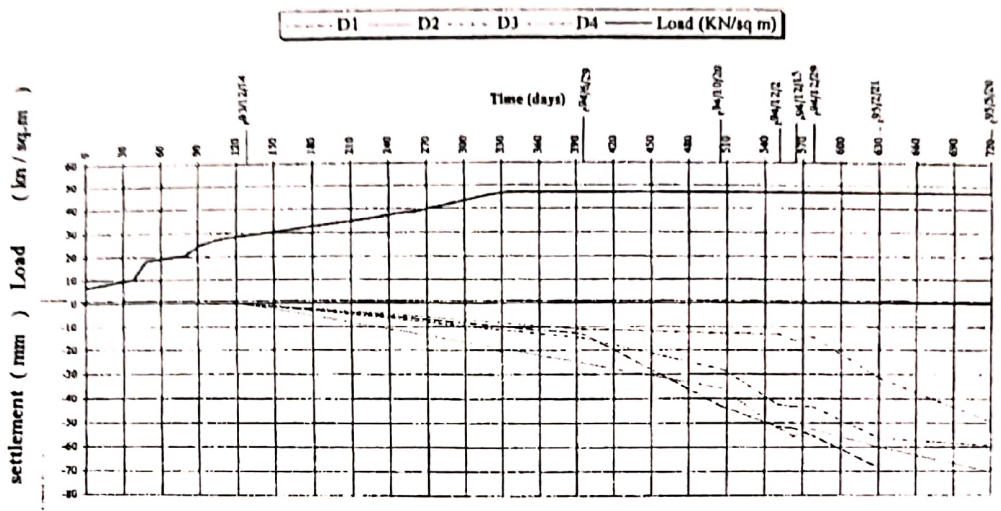
شكل (6)



شکل (7): تبیین فادوم

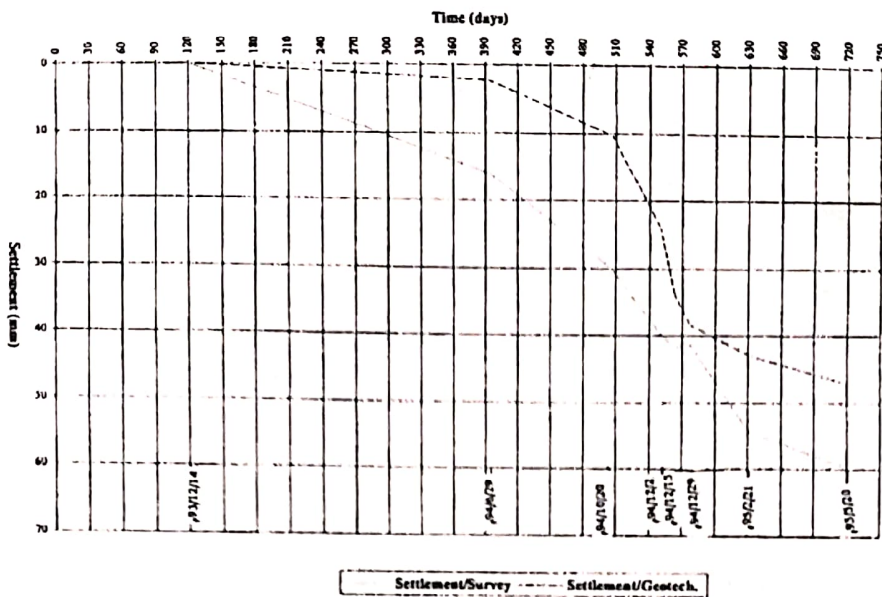


شكل (8): مقادير الهبوط المقاسة للعلامات المساحية

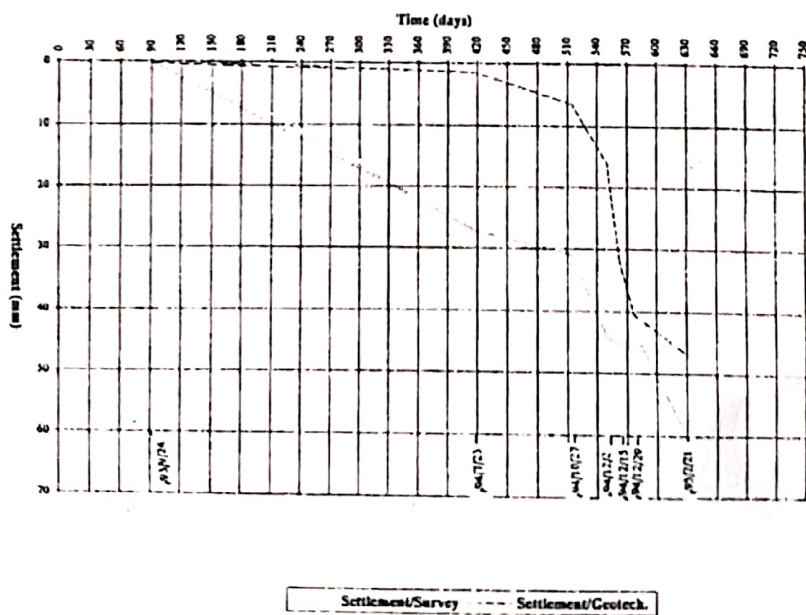


تابع شکل (8)

Time vs. Average Settlement (D)



Time vs. Average Settlement (F)



تابع شكل (9)

9- المصطلحات:

Consolidation	تصلب (تشديد)	Settlement	هبوط
Immedieate	فوري	Reference point	نقطة مرجعية
Monitoring	رصد	Soft clay	طين رخو
Vertical	رأسي	Rigid	جاسئ
Excavation	حفر وإزالة	Reloading	إعادة التحميل
Time factor	معامل الزمن	Linear	علاقة خطية

REFERENCES

10- المراجع

- [1]- Burlad, J.B. & Wroth, C.L. "Settlement of building and associated damage" state of the art report proc. Conf, settlement of structures, Cambridge, 1975.
- [2]- الصيام يوسف "أصول في المساحة" منشورات الجامعة الأردنية - عمان 1983.
- [3]- Taylor D.W. - "Fundamentals of soil mechanics" J.Wiley 1948.
- [4]- Kurtel "Ingenerna Geodesia" Tehnika, Sofia 1979.
- [5]- "Structural soil interaction" institution of structural engineering, London 1978.
- [6]- القصبى السيد "ميكانيكا التربة" دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع الاسكندرية 1993.
- [7]- Lambe, T., W. - Whitman, R., V., Soil mechanics SI version, John Wiley & Soohn 1979.