

تأثير ضغط الانتفاخ على الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية لبعض الترب الغضارية الساحلية(قدرة التحمل في حالة الجدران الاستنادية)

الدكتور توفيق فياض*

(تاريخ الإيداع 20 / 10 / 2014. قُبل للنشر في 19 / 2 / 2015)

□ ملخص □

تؤسس أغلب المنشآت المنفذة و قيد التنفيذ في سوريا على ترب غضارية أو غضارية سيلتية تتصف بقابليتها للانتفاخ، و هو ما يجعل المنشآت المبنية عليها معرضةً لتشوهات تختلف بحجمها و شكلها و تأثيرها تبعاً لضغط الانتفاخ المسجل عليها. تتراوح هذه التشوهات بين التشققات البسيطة و الشقوق المتقدمة التي قد تؤثر سلباً على استثمار المبنى. تبدو هنا الحاجة ملحةً لتقديم دراسة كافية لخصائص هذه الترب للوقوف على التأثير المباشر و غير المباشر للانتفاخ على خصائص التربة من جهة، و سلوك المنشآت المبنية عليها من جهة أخرى. حاولنا في هذا البحث دراسة تأثير انتفاخ التربة الغضارية على خصائصها الفيزيائية و الميكانيكية من حيث انخفاض قيم زاوية الاحتكاك الداخلية ϕ ، و قيم التماسك c ، و بالتالي انخفاض قدرة التحمل لهذه التربة الذي سيفرض بدوره قيماً أكبر لأبعاد الأساسات المصممة. يظهر ذلك بوضوح على النماذج الثلاث من التربة الغضارية المستخرجة من مواقع مختلفة في المنطقة الساحلية، و التي أجريت عليها اختبارات التشديد للوقوف على قيم معامل الانتفاخ و ضغط الانتفاخ، و اختبارات القص المباشر و تحديد الكثافات لحساب قدرة التحمل و مقارنتها مع ترب تختلف معها بقيم معامل الانتفاخ.

الكلمات المفتاحية : التربة الغضارية، ضغط الانتفاخ، التماسك، زاوية الاحتكاك الداخلية، معامل الانتفاخ، قدرة التحمل، التشديد. القص المباشر، الكثافات.

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

The effect of swelling pressure on the physical properties and mechanical For some coastal soils Clays (endurance in the case of retaining walls)

Dr. Tewfik Faed*

(Received 20 / 10 / 2014. Accepted 19 / 2 / 2015)

□ ABSTRACT □

Establishing and executing most of the installations under construction in Syria on soils Clays or Clays Sillete characterized by its propensity to bulge, and is what makes them vulnerable installations built to deformities vary in size and shape and influence depending on the swelling pressure recorded them. These range from simple distortions between the cracks and crevices developed which may adversely affect the investment of the building. Look here is an urgent need to provide sufficient study of the properties of these soils to determine the effect of direct and indirect bulge on the characteristics of the soil on the one hand, and the behavior of structures built by the other hand

In this research, we tried to study the effect of swelling soils conflment on their physical properties and mechanical values in terms of reduced internal friction angle ϕ , and the values of cohesion c , and thus lower carrying capacity of these soils, which in turn would impose more valuable to the dimensions of the foundations designed. Clearly shown on the models of the three soil conflment extracted from different locations in the coastal region, and which have been tested to stress to determine the values of coefficient of swelling and swelling pressure, and shear tests direct and determine densities to calculate the endurance and compared with soils vary with the values of coefficient bulge.

Key words : Soils clays, Stress conflment, cohesion, Friction angle , bearing capacity, Consolidation, Direct shear, Densities

*Associate professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تنتشر الترب الغضارية الانتفاخية ضمن مساحات واسعة من أراضي الجمهورية العربية السورية، تمتاز هذه الترب بقابليتها للتغير بالحجم نتيجة لزيادة الرطوبة أو نقصانها، وذلك بسبب تركيبها المعدني (كاوالينيت، إيليت، مونيمورولونيت) وبسبب اختلاف البنية الكيميائية لهذه المعادن. ونظراً للآثار السلبية لهذه الترب في المنشآت نرى من المناسب دراسة سلوكية هذا النوع من الترب التي تؤدي إلى تشقق المنشآت أو تصدعها أو انهيارها أحياناً، وليكون بحثنا مساهمة في مجال تحديد خصائص الغضار.

و يتم قياس ضغط الانتفاخ بطرق عدة منها :

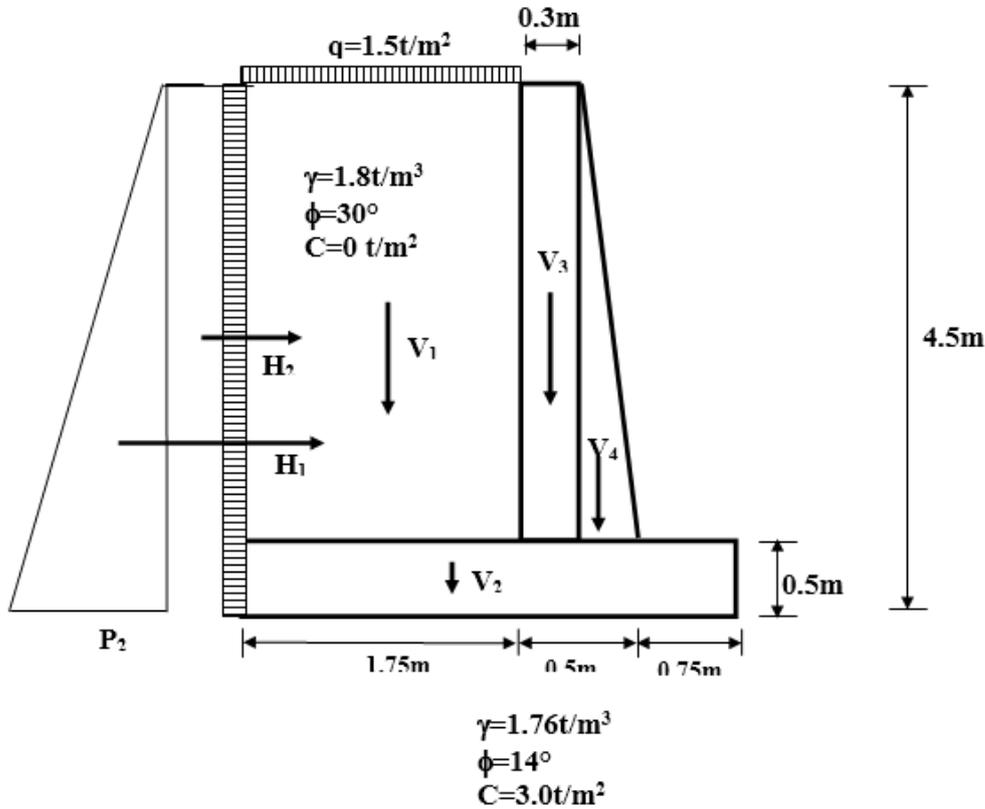
1- إجراء التحميل المتتالي للعينة حتى يتوقف الانتفاخ في العينة و يبدأ الهبوط و نحدد بعدها الاجهاد الذي توقف عنده الانتفاخ.

2- ترك العينة تنتفخ حتى يتوقف الانتفاخ ثم تحميل العينة حتى تعود لارتفاعه الأولي قبل الانتفاخ و تحديد الإجهاد الذي أعاد العينة لوضعها الأولي.

لقد اعتمدنا في دراستنا الطريقة الأولى لتحديد القيمة الفعلية لإجهاد الانتفاخ.

كما أن حساب قدرة تحمل التربة في حالة منشأة مكونة من جدار استنادي يفضل حساب قدرة تحمل التربة باستخدام علاقة مايرهوف أو هانزن التي تأخذ بعين الاعتبار تأثير القوى الأفقية.

و يتم ذلك من خلال وضع أبعاد تقريبية للجدار و وضع تأثير جميع القوى و حساب قيمة قدرة تحمل التربة.



أهمية البحث وأهدافه:

معرفة تأثير ضغط الانتفاخ على سلوك و خواص الترب الغضارية (قدرة تحمل الترب الغضارية و هبوطها)، و التي تشكل نسبة عالية من ترب التأسيس في المناطق الساحلية. لأجل هذا الهدف تم اختيار ثلاث أنواع من الغضار : النوع الأول هو **غضار كلسي** يتواجد في منطقة شارع الثورة في مدينة اللاذقية و النوع الثاني هو **غضار متعدد الألوان** و يميل إلى اللون العفني المتواجد في موقع جامعة تشرين و حولها في مدينة اللاذقية، و النوع الثالث هو **غضار بني فاتح** الموجود في جسر في مدينة جبلة. تم بإشرافنا تنفيذ سبور في المواقع بواسطة آلة سبر دورانية مع استخراج عينات كاملة للسبر بدءاً من سطح الأرض الحالية و حتى نهاية السبر. لوحظ وجود مياه تحت سطحية أثناء عملية الحفر و لكن لم نستطع مراقبة منسوب هذه المياه في السبور لعدة أيام و ذلك بسبب تهدم جوانب السبور.

II - خطة البحث :

معرفة تأثير ضغط الانتفاخ على سلوك و خواص الترب الغضارية، و التي تشكل نسبة عالية من ترب التأسيس في المناطق الساحلية.

1. الأعمال المخبرية :

تمت دراسة عينية لعينات كل سبر ووصفت من ثم اختير منها عينات ممثلة لكل طبقة و أجريت عليها التجارب المخبرية التالية :

1. تجربة الرطوبة
 2. تجربة الوزن الحجمي
 3. تجربة حدود أتبرغ
 4. تجربة القص المباشر
 5. تجربة الوزن النوعي
 6. تجربة التشديد وتحديد ضغط الانتفاخ لبعض العينات.
- تتم المقارنة بين ثلاث أنواع من الغضار.

1. طبقة **غضار كلسي**.
2. طبقة **غضار متنوع اللون**.
3. **غضار بني فاتح**.

طبقة غضار كلسي

المشروع: تقاطع شارع الثورة مع شارع السابع من نيسان في مدينة اللاذقية

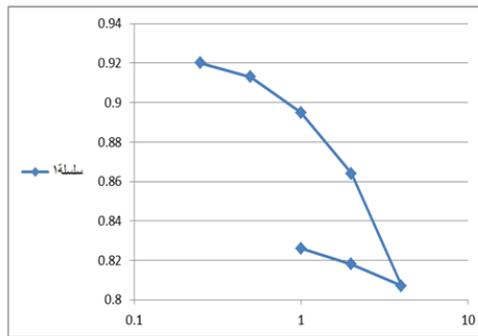
حدود أتريغ والرطوبة الطبيعية

الوسطي	الرطوبة %	وزن العلبة+ التربة جافة (g)	وزن العلبة+ التربة رطبة (g)	وزن العلبة فارغة (g)	رقم العلبة	
59.98	60.07	33.74	42.96	18.39	123	حد السيولة بواسطة المخروط
	59.94	30.97	38.48	18.44	102	
	59.92	30.44	37.78	18.19	120	
	29.80	29.57	33.08	17.79	113	حد اللدونة W _p
	23.94	312.43	361.12	109.06	-	الرطوبة الطبيعية W

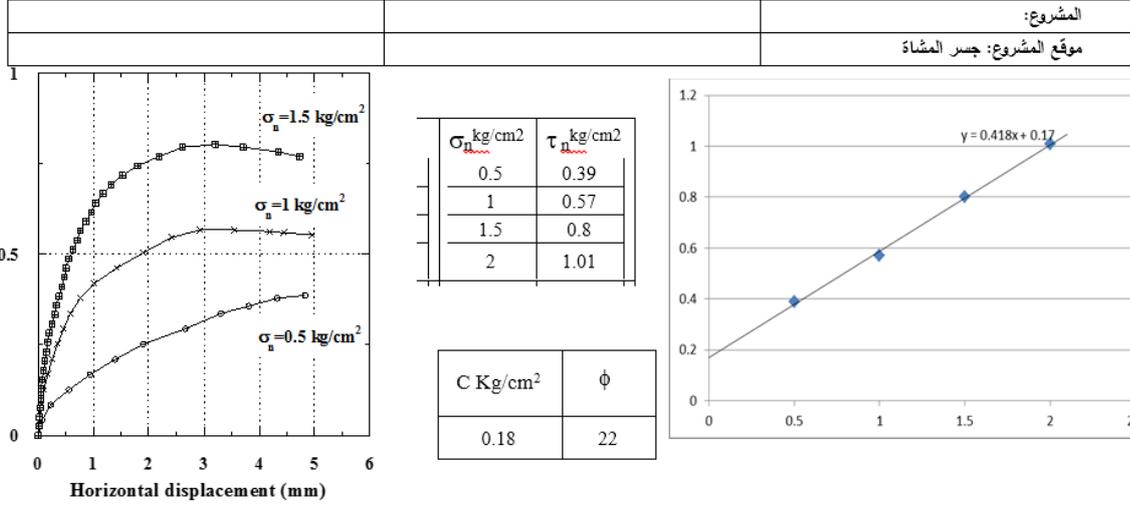
الوزن الحجمي

الوزن الحجمي g/cm ³	حجم العينة cm ³	وزن العينة+ الشمع بالماء g	وزن العينة+ الشمع بالهواء g	وزن العينة بالهواء g
2.02	71.41	72.30	148.60	144.20

الحمولة الضاقتولية kg/cm ²	الانتقال الضاقتولي (mm)	التشوه الضاقتولي %	نسبة الفراغ e	عامل الانضغاط cm ² /kg	عامل التشوه E _{as} (بونغ) (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.920		
0.25	0.000	0.00	0.920		
0.50	0.069	0.34	0.913	0.0280	48
1.00	0.265	1.32	0.895	0.0360	37
2.00	0.580	2.90	0.864	0.0310	43
4.00	1.182	5.91	0.807	0.0285	47
2.0	1.062	5.31	0.818		
1.0	0.982	4.91	0.826		
0.00	0.260	1.30	0.895		



DIRECT SHEAR TEST تجربة القص المباشر



3 . حساب قدرة التحمل :

يتم حساب قدرة تحمل التربة من علاقة مايرهوف الموضحة كما يلي :

$$q_{ult} = C * N_c * S_c * d_c * I_c + \gamma * D_f * N_q * S_q * d_q * I_q + 0.5\gamma * B * N_\gamma * S_\gamma * D_\gamma * I_\gamma$$

بفرض أبعاد أولية للجدار الاستنادي (الشكل 2) و بفرض عمق تأسيس D_f=2m تحت منسوب الرفت .

في حال عدم أخذ القوة الخارجية (N = 34t/m) بعين الاعتبار :

$$K_a = tg^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = tg^2 \left(45 - \frac{23}{2} \right) = 0.44$$

$$P_1 = \gamma * h * K_a - 2C\sqrt{K_a}$$

<p>α = 17.86 e = 0.32m B = 6.5m S_c = 1 , S_q = S_γ = 1 d_c = 1.08 d_q = d_γ = 1.04 i_γ = 0,0 i_c = i_q = 0.64 φ = 18° N_γ = 2 N_q = 5.3 , N_c = 13.2</p>	<p>P₁ = 5.08 t/m P₂ = q*K_a = 1.8*0.44 = 0.79 t/m H1 = 22.86 t/m H2 = 7.13 t/m V₁ = 50.96 t/m V₂ = 16.25 t/m V₃ = 10 t/m V₄ = 5 t/m V₅ = 3.64 t/m V = 93.05 t/m M = 29.65 t.m/m H = 29.99t/m</p>
---	---

q_{ULT} = 61.2 t/m²

q_{all} = 61.2/3 = 20.4 t/m² = 2.04 kg/cm²

حساب الهبوط

يحسب الهبوط من العلاقة التالية :

$$S = \sigma_{net} * B * I_w * \frac{(1 - \nu^2)}{E}$$

حيث :

σ_{net} : الإجهاد الصافي المطبق على تربة التأسيس (Kg/cm²)

B : عرض الأساس بالسنتيمتر .

ν : عامل بواسون

E : عامل التشوه المرن

I_w : عامل شكل الأساس .

و منه :

$$S = 20 * 1.50 * 1.06 * \frac{(1 - 0.3^2)}{430}$$

$$S = 7\text{cm}$$

وهي قيمة أكبر من الحدود المسموحة للهبوط لذلك نعتمد قدرة تحمل التربة.

طبقة غضار متعددة الألوان.

قمنا بنفس التجارب السابقة على النوع الثاني من الغضار

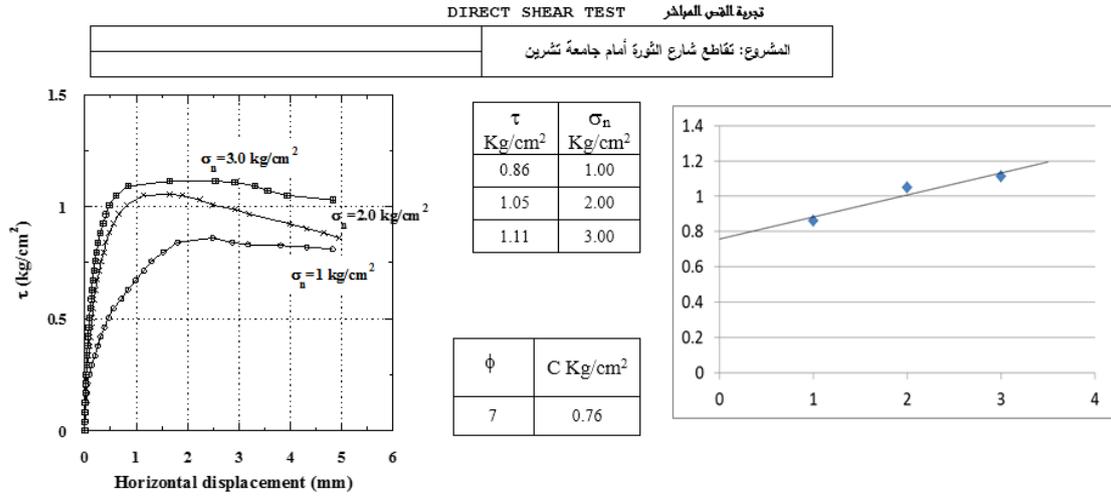
المشروع: تقاطع شارع الثورة أمام جامعة تشرين

حدود أتبرغ والرطوبة الطبيعية

الوسطي	الرطوبة %	وزن العلبة+ التربة جافة (g)	وزن العلبة+ التربة رطبة (g)	وزن العلبة فارغة (g)	رقم العلبة	
64.68	64.80	33.76	43.81	18.25	118	حد السيولة بواسطة المخروط
	64.55	36.51	48.53	17.89	137	
	64.70	33.38	43.04	18.45	102	
	35.78	29.0	33.05	17.68	104	حد اللدونة W_p
	31.13	189.92	217.45	101.49	-	الرطوبة الطبيعية W

الوزن الحجمي

الوزن الحجمي الوسطي g/cm ³	الوزن الحجمي g/cm ³	حجم الحلقة cm ³	وزن العينة g	وزن الحلقة+العينة g	وزن الحلقة g
1.93	1.92	76.0	146.09	202.0	55.91
	1.94	76.0	147.46	203.37	55.91



تاريخ أخذ العينة: (5-6)/5/2005	الوزن النوعي: 2.78	السبر: B1	المشروع: تقاطع شارع الثورة أمام جامعة تشرين
تاريخ التجربة: (18/5-7/6)/2005	العمق: (4.0-6.0) m		

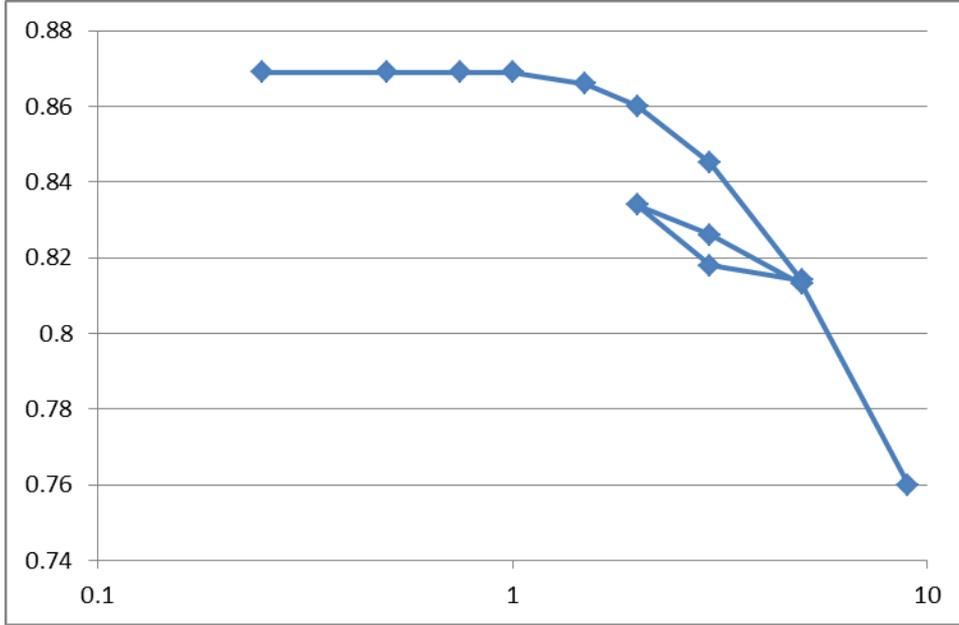
قطر الحلقة (mm)	71.4
ارتفاع الحلقة (mm)	20
وزن الحلقة (g)	144.5
وزن التربة + الحلقة (g)	300.5
الوزن النوعي	2.78

الحمولة الشاقولية kg/cm ²	الانتقال الشاقولي (mm)	التشوه الشاقولي	نسبة الفراغ e
0.00	0.000	0.0000	0.869
0.25	0.000	0.0000	0.869
0.50	0.000	0.0000	0.869
0.75	0.000	0.0000	0.869
1.00	0.000	0.0000	0.869
1.50	0.033	0.0017	0.866
2.00	0.097	0.0049	0.860
3.00	0.252	0.0126	0.845
5.00	0.589	0.0294	0.814
3.00	0.542	0.0271	0.818
2.00	0.375	0.0188	0.834
3.00	0.457	0.0228	0.826
5.00	0.599	0.0299	0.813
9.00	1.171	0.0586	0.760

CONSOLIDATION TEST

تجربة التشديد

المشروع: تقاطع شارع الثورة أمام جامعة تشرين



3 . حساب قدرة تحمل تربة التأسيس من وجهة نظر المتانة :

تحسب قدرة التحمل الحدية للأساس المستطيل الشكل من العلاقة :

$$q_{Ult} = \gamma * D_F * N_q + 0.4B * \gamma * N_\gamma + C * N_c \left(1 + 0.3 \frac{B}{L}\right)$$

تحسب قدرة تحمل التربة المسموحة من العلاقة :

$$q_{all} = q_{ult} / FS$$

تربة التأسيس مكونة من غضار متعدد الألوان :

$$\phi = 7^\circ , C = 0.76 \text{ kg/cm}^2 , \gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 7^\circ \Rightarrow N_c = 8.2 , N_\gamma = 0.75 ; N_q = 2$$

بفرض عرض الأساس 4.5m وعمق التأسيس 4m

$$q_{Ult} = 1.9 * 4 * 2 + 0.4 * 1.9 * 4.5 * 0.75 + 7.6 * 8.2 * \left(1 + 0.3 \frac{4.5}{6}\right) = 94.1 \text{ t/m}^2$$

و منه :

$$q_{all} = 3.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{all} = 3 \text{ kg/cm}^2$$

نعتمد

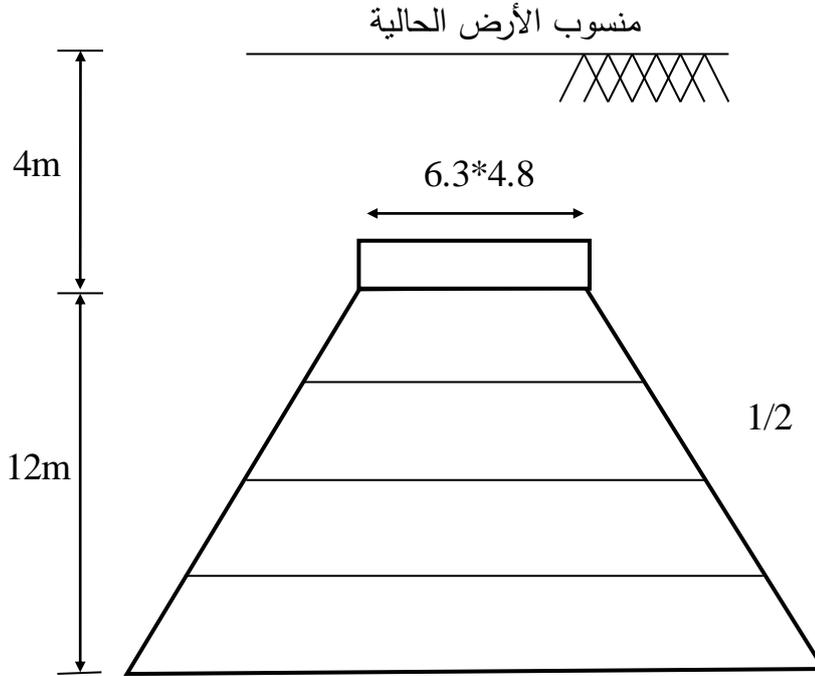
4 - حساب الهبوط :

$N = 860 \text{ t}$

أبعاد الأساس الأولية :

$A = 1.05 * N / q_{all} = 1.05 * 860 / 30$

$A = 30.1 \text{ m}^2 \quad B * L = 4.8 * 6.3$



حساب هبوط الأساس

بحسب قيمة الضغط المسبق σ_p من نتائج تجارب التشديد $\sigma_p = 3 \text{ kg/cm}^2$

نلاحظ أن قيمة الضغط المسبق تتجاوز الضغط الأولي (σ_0) الناتج عن أوزان التربة التي تعلو منسوب العينة المختبرة .

بحسب هبوط الغضار المسبق التشديد في حال كون $\sigma_p > \sigma_0 + \Delta\sigma$ بالعلاقة التالية:

$$S_i = \frac{H_0}{1 + e_0} C_S * \text{Log} \frac{\sigma_{0i} + \Delta\sigma_i}{\sigma_{0i}} * \mu_R * \mu_{em}$$

نفرض ارتفاع المنطقة المتأثرة بالهبوط $H = 2.5B = 12 \text{ m}$

نقسم هذا الارتفاع إلى أربع طبقات بسماكة 3م لكل طبقة ($H_0 = 3 \text{ m}$) (الشكل 1).

بحسب الاجهاد الإضافي الناتج عن وجود الأساس بالعلاقة التالية:

$$\Delta\sigma_i = \frac{N}{(B + h_i) * (L + h_i)}$$

h_i بعد مركز كل طبقة عن منسوب التأسيس.

$h_i(m)$	5.5	8.5	11.5	14.5
$\sigma_{0i}(t/m^2)$	10.5	16.15	21.85	27.55
$\Delta\sigma_i(t/m^2)$	17.5	8.6	5.1	3.3

$e_0=0.77$, $C_s=0.06$, $H_0 = 300cm$, $\mu_R=0.8$, $\mu_{em}=0.75$

بالتالي يكون الهبوط:

S1(cm)	S2(cm)	S3(cm)	S4(cm)	S (cm)
2.5	1.1	0.53	0.29	4.42

3 . حساب قدرة التحمل للجدران الاستنادية:

$$K_a = \text{tg}^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = \text{tg}^2\left(45 - \frac{28}{2}\right) = 0.36$$

$$P_1 = \gamma * h * K_a - 2C\sqrt{K_a}$$

$\alpha = 20.85$
 $S_c = 1$, $S_q = S_\gamma = 1$
 $d_c=1.16$
 $d_q=d_\gamma=1.08$
 $i_c=i_q=0.59$
 $i_\gamma=0.00$
 $C=7.6 t/m^2$
 $\phi = 7^\circ$
 $N_\gamma = 0.2$, $N_q = 1.9$, $N_c = 7.3$

$P_1 = 4.32 t/m$
 $H_1 = 12.96 t/m$
 $V_1 = 21.2 t/m$
 $V_2 = 7.35 t/m$
 $V_3 = 4.0 t/m$
 $V_4 = 2.65 t/m$
 $V_5 = 2.12 t/m$
 $V = 39.7 t/m$
 $M = 9.22 t.m/m$
 $H = 15.12 t/m$
 $e = 0.23m$

$q_{ULT} = 44.87 t/m^2$
 $q_{all} = 44.9/3 = 15.0 t/m^2 = 1.5 kg/cm^2$

3- غضار بني فاتح :

تم استخراج عينات من هذا النوع من الغضار في منطقة جبلة - في موقع مشروع جسر أبو برغل على طريق جبلة - عرب الملك.

واستمرت هذه الطبقة من عمق 8 متر و حتى 12 متر، قد أظهرت نتائج التجارب المخبرية المواصفات التالية:

الخواص الفيزيائية و الميكانيكية	
$\gamma = (1.76-1.81)t/m^3$	الوزن الحجمي
$\omega=(36.64-46.67)\%$	نسبة الرطوبة
$\phi = 14-21^\circ$	زاوية الاحتكاك الداخلي
$C=(0.3-0.48)kg/cm^2$	التماسك

LL=(69.7-75.3)%	حد السيولة
PL=(31.76-32.37)%	حد اللدونة
E=(35-56)kg/cm ²	عامل التشوه المرن (معامل يونغ)
v=(0.36-0.41)	عامل بواسون
Cc=(0.13-0.20)cm ² /kg	دليل الانضغاط

المشروع: جسر أبو يرغل - جبلة

الرطوبة الطبيعية

رقم العبة	وزن العبة فارغة (g)	وزن العبة+ التربة رطبة (g)	وزن العبة+ التربة جافة (g)	الرطوبة %
-	115.52	309.70	250.79	43.55

الوزن الحجمي

وزن الحلقة (g)	وزن الحلقة+العينة (g)	وزن العينة (g)	حجم الحلقة (cm ³)	الوزن الحجمي (g/cm ³)
55.86	187.25	131.39	76.0	1.73

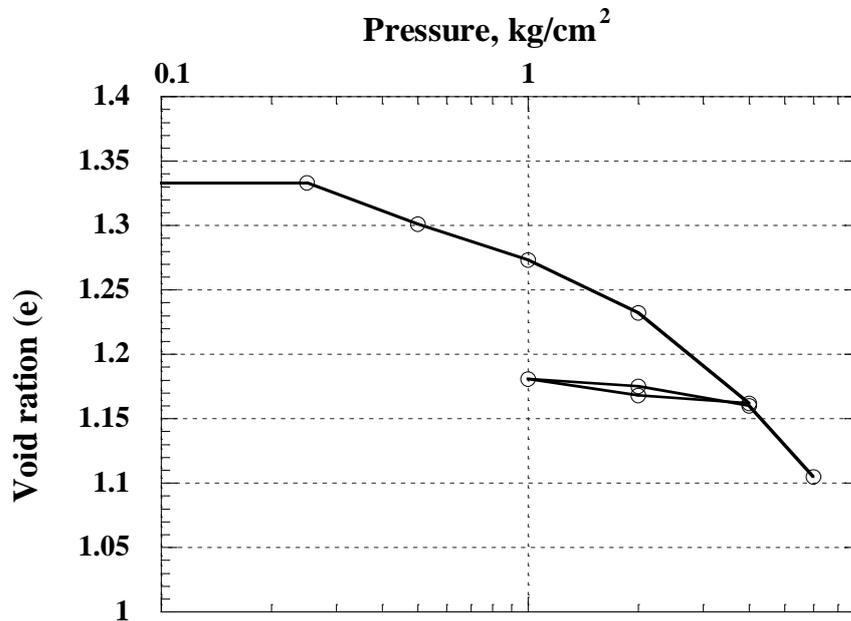
CONSOLIDATION TEST

تجربة التشديد

المشروع: جسر أبو برغل
موقع المشروع: جبلة

الحمولة الشاقولية kg/cm ²	الانتقال الشاقولي (mm)	التشوه الشاقولي %	نسبة الفراغ e	عامل الانضغاط cm ² /kg	عامل التشوه E _{ak} (kg/cm ²)
0.0	0.000	0	1.333		
0.25	0.000	0.00	1.333		
0.5	0.273	1.37	1.301	0.1280	9
1.0	0.515	2.58	1.273	0.0560	21
2.0	0.870	4.35	1.232	0.0410	29
4.0	1.462	7.31	1.162	0.0350	33
2.0	1.412	7.06	1.168		
1.0	1.305	6.53	1.181		
2.0	1.352	6.76	1.175		
4.0	1.482	7.41	1.160		
6.0	1.951	9.76	1.105	0.0275	43

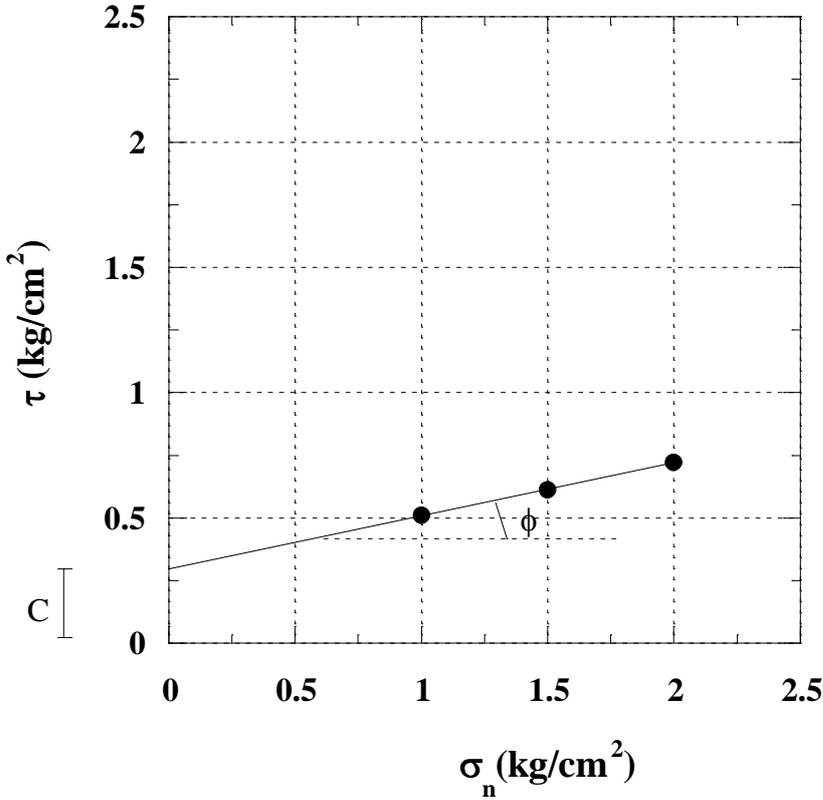
1.73	الوزن الحجمي الرطب (g/cm ³)
43.55	الرطوبة الأولية %
2.81	الوزن النوعي
0.39	عامل بواسون
40.55	الرطوبة النهائية %
0.28	دليل الانضغاط C _c



DIRECT SHEAR TEST

تجربة القص المباشر

المشروع: جسر أبو برغل
موقع المشروع: جبلة



σ_n	τ
Kg/cm ²	Kg/cm ²
1.00	0.51
1.50	0.61
2.0	0.72

C	ϕ
Kg/cm ²	
0.30	12

تربة الجدران الاستنادية

بفرض عمق التأسيس 2.0m تحت قدم الجدار، تكون تربة التأسيس مكونة من الغضار البني الفاتح، وتتلخص الخواص الفيزيائية و الميكانيكية لتربة التأسيس كما يلي:
 بفرض أبعاد أولية للجدار الاستنادي (الشكل 1) و بفرض عمق تأسيس $D_f=2.0m$ تحت منسوب الأرض الحالية من جهة قدم الجدار (المنحدر).

$$K_a = tg^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = tg^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0.333$$

$$P_i = \gamma * h * K_a$$

$P_1 = 0 \text{ t/m}$ $P_2 = 2.7 \text{ t/m}$ $V_1 = 12.6 \text{ t/m}$ $V_2 = 3.6 \text{ t/m}$ $V_3 = 2.88 \text{ t/m}$ $V_4 = 0.96 \text{ t/m}$ $V_5 = 2.625 \text{ t/m}$ $V = 22.67 \text{ t/m}$ $H1 = 6.08$ $H2 = 2.25$ $H = 8.33 \text{ t/m}$	$M = 6.41 \text{ t.m/m}$ $e = 0.283 \text{ m}$ $\alpha = 20.14$ $B = 3.0 \text{ m}$ $S_C = 1$, $S_q = S_\gamma = 1$ $dc = 1.17$ $dq = dg = 1.09$ $ig = 0.0$ $ic = iq = 0.6$ $Df = 2.0 \text{ m}$ $N_\gamma = 0.9$ $N_q = 3.6$ $N_C = 10.4$
---	---

$$q_{ULT} = 30.38 \text{ t/m}^2$$

$$q_{all} = 30.38/3 = 10 \text{ t/m}^2 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$$

جدول يلخص نتائج التجارب المخبرية على عينات الغضار المختلفة

E (kg/cm ²)	ϕ (°)	γ (g/cm ²)	C (kg/cm ²)	الهبوط (cm)	قدرة تحمل	ضغط انتفاخ	
47	22	2.02	0.18	7	1	0	غضار بني فاتح
	7	1.92	0.76	7	2	1	غضار كلسي
43	14	1.73	0.3	4.4	3	2	غضار متنوع اللون

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات

بعد الاطلاع على نتائج التجارب المخبرية المجراة على عينات مختارة من عدة أنواع الترب الغضارية، حيث تمت التجارب بنفس الشروط

1. قدرة تحمل الترب الغضارية التي تمتلك ضغط انتفاخ عالي أكبر من نظيرتها ذات ضغط الانتفاخ الأقل.
2. الهبوط في حالة الترب الغضارية التي تمتلك ضغط انتفاخ عالي أكبر من الهبوط عند الترب الأقل انتفاخاً.
3. تزداد قيمة التماسك حتى قيمة ضغط الانتفاخ 1 kg/cm^2 ثم تتناقص من أجل قيمة أكبر من 2 kg/cm^2 .
4. تتناقص قيمة زاوية الاحتكاك الداخلية ϕ و عامل المرونة E مع تزايد قيمة ضغط الانتفاخ.
5. أبعاد الأساسات المنشأة على الترب المنتخبة أصغر من أبعادها في الترب الأقل انتفاخاً و قد تكون أبعاده إنشائية لمقاومة ضغط انتفاخ.

التوصيات:

- 1- عند التأسيس على الترب الغضارية يجب التأكد و حساب قيمة ضغط الانتفاخ، لنفاذي المشاكل الخطيرة على سلامة المنشأة التي ستُنشأ فيما بعد.
- 2- في حال كانت قيمة ضغط الانتفاخ كبيرة يجب وضع حلول للتقليل من تأثير الانتفاخ (تحسين تربة التأسيس، تصميم أساسات بأبعاد صغيرة).
- 3- يجب الانتباه جيداً فيما يخص بإبعاد مصادر المياه عن هذه الترب.

4- يجب - في حالة الترب الانتفاخية - التركيز على ربط الأساسات بشناجات ذات مقاطع كافية لتضمن عمل الأساسات بشكل مشترك و تقليل قيم فرق الهبوط المحتمل.

المراجع :

1. FU HUA CHEN (1975): "Foundations on Expansive Soils", Elsevier scientific publishing Company, New York.
2. SATYANARAYANA. D (1966): "Swelling pressure and related mechanical properties of Black cotton soil", Ph.D. Thesis I.I.Sc., Bangalore.
3. PHATAK. D.R. (1990): "Foundations engineering", Everest publishing house, Pune.
- 4- Geotechnical and Foundation Engineering, By Robert,1999
- 5- AMES K. MITCHELL, Fundamentals of Soil Behavior (John Wiley & Sons Inc., New York 1993).
- 6 - T. WILLIAM LAMB & ROBERT V. WHITMAN, Soil Mechanics (John Wiley & Sons Inc., New York 1969)
- 7- Geotechnical and Foundation Engineering, By Robert, 1999.
- 8- Foundation Of Soil Physics, By Daniel Hill, 1980.
- 9- Properties of Compacted Clay, By Olsen ,1970.
- 10- Foundation on expansive soils: Tom ١ By Fu Hu Chen, 1975.
- 11- Practical Problems in Soil Mechanics and Foundation Engineering: Tom ١ , Tom ٢ , By Bernard Bou , 1984.
- 12- Analysis For Engineers and Scientists ,By J, Wesley Statistical Barnes ,1994, New York .
- 13- Identification et Prevision du gonflement de quelques Sols de la region deTlemcen (Algerie), By Abdelkader, Abdelmalek , Sidi Mohammed Barnes ,1994, New York .