مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 39– العدد 3 (2023) 238-244

Damascus university Journal for engineering sciences
Vol 39 No.3 (2023) : 238-244

تحديد معامل المرونة الأودومتري وسلوك الهبوط للترب الناعمة بحالتي الإشباع التام والإشباع الجزئي

مها أجود أبو سعدى[1]

كلية الهندسة المدنية–جامعة دمشق.

الملخص

تعتبر الترب الناعمة من الترب الصعبة من حيث الدراسة وخاصة مفهوم الهبوط ومراحله. حيث أن دراسة الهبوط تتطلب مجموعة من الفرضيات الأساسية ضمن نظرية المرونة وفقاً لنظرية ترزاكي الذي أعتبر أن التربة مرنة خطية ومتجانسة الخواص وأن التربة بحالة إشباع تام.

ولكن، وفي واقع الأمر، فإن الترب الناعمة توجد تحت المنشآت الهندسية بالرطوبة الطبيعة أي بحالة الإشباع الجزئي، الأمر الذي يتيح للباحثين الدخول ضمن مجال علمي كبير لتحديد سلوك هذه الحالة ومقارنتها مع نتائج نظرية ترزاكي لمفهوم الهبوط.

يهدف البحث المقدم إلى دراسة سلوك الترب الناعمة، بحالة الإشباع الجزئي ومقارنته لحالة الإشباع التام، مستخدمين المنهج التجريبي المخبري، على عينات مخربة من الترب الناعمة وعددها 15 عينة لدراستها بحالة الإشباع التام، و15 عينة لدراستها بحالة الإشباع الجزئي. لتشكيل العينات تمّ بالاستعانة بقالب بروكتور النظامي وفق شروط ASTM. كما وتمّ اختيار تجربة الانضغاطية لتحديد قيم الهبوط وحساب قيم معامل المرونة الأودومتري E oed.

تاريخ الإيداع:2022/4/17
تاريخ القبول:2022/6/6

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

الكلمات المفتاحية: الترب الغضارية، الناعمة غير المشبعة، سلوك الغضار.

Determination of odometric elasticity model and the settlement behaviour for soft soils in saturated and unsaturated state

Maha Abu Saada
Geotechnical Department Civil Engineering, Damascus University.

Abstract

Soft soils are considered difficult soils to study, especially in terms of the settlement concept and its stages. Study of settlement requires a set of basic assumptions within the theory of elasticity according to the theory of Terzaki, who considered that the soil is linear elastic and has homogeneous properties and it is in a state of complete saturation.

However, in fact, soft soils are found under engineering buildings with natural moisture, that is in a state of partial saturation, which allows researchers to enter into a large scientific field to determine the behaviour of this condition and compare it with the results of Terzaki's theory of the concept of settlement.

Aim of presented research was to study the behaviour of soft soils, in saturated and unsaturated states, using the experimental method, on 15 damaged samples of soft soils to study them in the state of full saturation, and 15 samples to study them in the state of partial saturation. The samples were formed using a regular proctor test according to ASTM requirements. Also, a compressibility experiment was chosen to determine the values of settlement and oedometric modulus of elasticity, E oed.

Received: 17/4/2022
Accepted: 6/6/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Key words: Clayey soil, unsaturated soft soil, clay behaviour.

المقدمة:

يعتبر علم ميكانيك التربة علماً متعلقاً بميكانيك الأجسام الطبيعية المشتتة (المؤلفة من أجزاء دقيقة أو ناعمة). ولتحديد تشوهات التربة تحت تأثير القوى الخارجية أهمية بالغة في علميات تصميم أساسات المباني.

وبما أن التربة متعددة الأطوار (المركبات) ومعقدة، تعتمد تشوهاتها على كل من التغير العام لحجمها وعلى قابلية تشوه المركبات التي تتكون منها التربة (زحف التربة – انضغاطية الماء المسامي)، والفعل المتبادل فيما بينهم) Soil Mechanics T.H. WW 1966

في حالات معينة، تكون هناك أهمية كبرى للتشوهات المرنة للتربة وهذه التشوهات هي التي تهمنا في بحثنا هذا، في حين أن هناك حالات لا بد من حساب التشوهات غير المرنة وخاصة للأساسات الثقيلة أو الضخمة، وبما أن انتشار الترب الناعمة في الجمهورية العربية السورية كبير وعلى نطاق واسع، ومشاكل هذه التربة تتعلق بمشاكل الهبوط ومفهوم الانضغاطية، فإن البحث المقدم يلبي الإجابة عن كثير التساؤلات المهمة في هذا المجال الهندسي.

1- الهدف من البحث والمنهج العلمي:

يهدف البحث إلى دراسة الاختلاف ما بين سلوك الترب الناعمة المشبعة كلياً وسلوك الترب الناعمة المشبعة جزئياً وانعكاس هذا الأمر على قدرة تحملها مع الزمن.

(Das B M 2006) يتحقق هذا الهدف من خلال دراسة مفهوم الانضغاطية معتمدين على تجربة الأدومتر لتحديد معامل المرونة E والهبوط S (Fredlund M D 1999), (Noor Md., MJ. Jidin R. Mat., Hafes M.A. 2008).

اعتمدنا المنهج التجريبي المخبري من خلال أخذ 15 عينة من تربة ناعمة مشبعة بالكامل و15 عينة من تربة ناعمة مشبعة جزئياً كي يكون العامل الرياضي الإحصائي متوفراً في استخلاص النتائج ،(Fredlund D G 1996) هذا من جهة ومن جهة ثانية لإظهار تغيُّر خصائص التربة المتمثلة بقيم معامل المرونة وقيم الهبوط مع درجات الإشباع المختلفة وتأثيرها في سلوك هذه التربة - Georgiadis K, 2003), (Lambe T W, Whitman R V, 1969).

2- الدراسة التجريبية:

في البداية تمّ اختيار العينات الطبيعية السليمة من منطقتين في اللاذقية، وأجريت التجارب الفيزيائية الأساسية الخاصة بتصنيف الترب الناعمة المدروسة حسب الـ ASTM.

درست هذه العينات بحالتين: حالة الإشباع التام وحالة الإشباع الجزئي. ولكي نكون قادرين على المقارنة ما بين النتائج، كان لا بد من اختيار متغيرات أساسية في تجربة الانضغاطية ليتم المقارنة بينها.

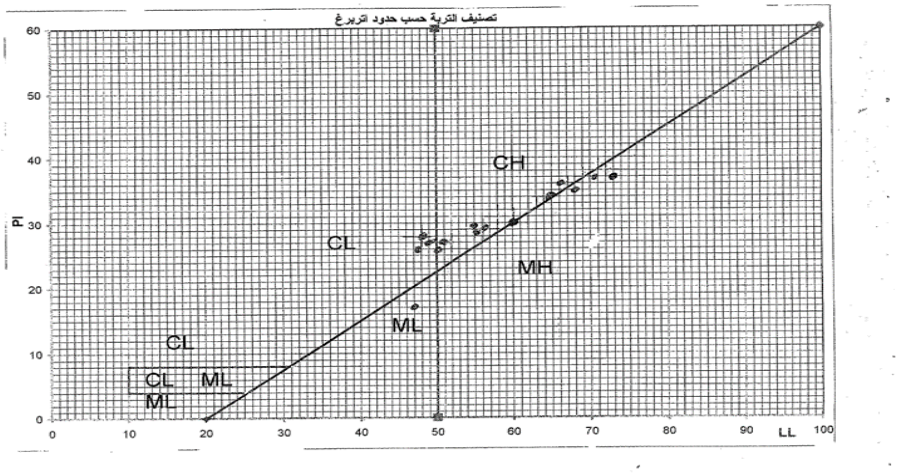
1.3 نتائج التجارب المخبرية على الترب الناعمة المشبعة كلياً:

تم اختيار العينات من موقعين مختلفين في محافظة اللاذقية، وهي محطة معالجة 1

ومحطة معالجة 11، وتم إجراء مجموعة تجارب على هذه العينات تتضمن الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والمبينة بالجدول (1).

الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للعينات المشبعة كلياً

الرطوبة الطبيعية	الوزن الحجمي الرطب	الوزن النوعي	معامل المسامية	درجة الإشباع	حد السيولة	حد اللدونة	قرينة اللدونة
24.89%	1.937	2.69	0.734	91.20%	54.14%	24.36%	29.78%
22.33%	2.02	2.67	0.618	92.16%	48.12%	20.22%	27.90%
25.81%	1.958	2.7	0.735	94.78%	55.57%	26.59%	28.98%
34.12%	1.881	2.7	0.92	99.58%	73.26%	35.66%	37.60%
26.03%	1.94	2.71	0.76	92.85%	56.67%	27.38%	29.29%
21.25%	2.018	2.68	0.634	93.27%	47.64%	21.43%	26.21%
28.26%	1.89	2.72	0.843	91.18%	60.49%	29.57%	30.92%
32.87%	1.897	2.69	0.884	100.0%	70.88%	33.47%	37.41%
29.62%	1.87	2.69	0.86	92.30%	66.33%	29.94%	36.39%
22.98%	1.993	2.67	0.648	94.76%	49.00%	21.65%	27.35%
29.03%	1.92	2.7	0.81	96.79%	47.17%	30.11%	17.06%
23.44%	1.982	2.68	0.67	93.87%	50.68%	22.86%	27.82%
31.94%	1.86	2.71	0.92	94.12%	68.11%	32.26%	35.85%
23.87%	1.956	2.69	0.704	91.21%	50.30%	23.98%	26.32%
30.11%	1.94	2.72	0.823	99.47%	66.25%	31.88%	34.37%



الشكل (1) تصنيف العينات

أما نتائج تجربة الانضغاطية لهذه الترب مبيَّنة في الجدول (2)

الجدول (2) نتائج تجربة الانضغاطية للترب المشبعة كلياً

الهبوط S (mm)	معامل المرونة E (Kg/cm^2)	الرطوبة% W
0.5298	19	24.89
0.469	31	22.33
0.626	23	25.81
1.098	11	34.12
0.624	23	26.63
0.51	31	21.25
0.618	18	28.26
1.076	13	32.87
0.775	16	29.62
0.566	31	22.98
0.352	27	29.03
0.597	29.6	23.44
0.957	14.8	31.94
0.561	28	23.87
0.915	15	30.11

2.3 نتائج التجارب المخبرية على الترب الناعمة المشبعة جزئياً:

تم اختيار العينات من موقعين مختلفين في محافظة اللاذقية، وهي محطة معالجة 7 ومحطة معالجة 13، وتم إجراء مجموعة تجارب على هذه العينات تتضمن الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والمبينة بالجدول (3).

الجدول (3) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للعينات المشبعة جزئياً

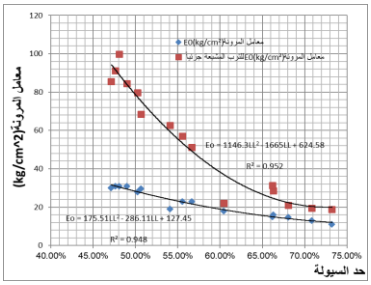
الرطوبة الطبيعية	الوزن الحجمي الرطب	الوزن النوعي	معامل المسامية	درجة الإشباع	حد السيولة	حد اللدونة	قرينة اللدونة
%18.34	1.886	2.69	0.688	%73.68	%54.14	%24.36	%29.78
%18.00	1.942	2.67	0.622	%79.43	%48.12	%20.22	%27.90
%19.21	1.893	2.7	0.7	%74.43	%55.57	%26.59	%28.98
%24.12	2.049	2.7	0.635	%70.69	%73.26	%35.66	%37.60
%19.98	1.933	2.71	0.682	%76.76	%56.67	%27.38	%29.29
%18.11	1.945	2.68	0.627	%78.47	%47.64	%21.43	%26.21
%20.20	1.91	2.72	0.71	%77.09	%60.49	%29.57	%30.92
%23.87	2.034	2.69	0.638	%72.62	%70.88	%33.47	%37.41
%21.62	1.981	2.69	0.651	%72.99	%66.33	%29.94	%36.39
%18.20	1.865	2.67	0.692	%79.20	%49.00	%21.65	%27.35
%18.30	1.862	2.7	0.715	%63.04	%47.17	%30.11	%17.06
%18.25	1.867	2.68	0.697	%77.86	%50.68	%22.86	%27.82
%21.71	1.9	2.71	0.74	%79.76	%68.11	%32.26	%35.85
%18.87	1.921	2.69	0.665	%79.05	%50.30	%23.98	%26.32
%21.43	1.973	2.72	0.674	%71.17	%66.25	%31.88	%34.37

أما نتائج تجربة الانضغاطية لهذه الحالة مبيَّنة في الجدول (4).

الجدول (4) نتائج تجربة الانضغاطية للترب المشبعة جزئياً

الرطوبة w %	معامل المرونة $E\ (Kg/cm^2)$	الهبوط S (mm)
18.34	62.7	0.4
18.00	99.75	0.346
19.21	57	0.406
24.12	18.9	0.56
19.98	51.3	0.442
18.11	91.2	0.343
20.20	22	0.497
23.87	19.4	0.543
21.62	28.6	0.512
18.20	84.36	0.331
18.30	85.5	0.355
18.25	86.4	0.378
22.94	21	0.534
18.87	79.8	0.42
21.43	31.4	0.51

لدراسة تغيرات قيم معامل المرونة لهذه الترب بالحالتين، تمّ رسم العلاقة ما بين تغير قيم معامل المرونة المحسوب وفق تجربة الانضغاطية مع تغير قيم حد السيولة للتربة المدروسة والمبينة بالشكل (2).

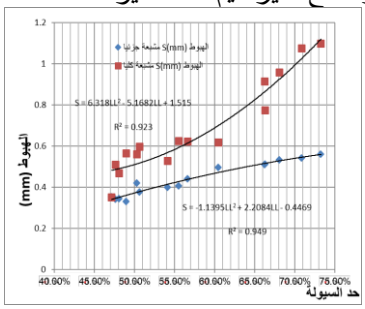


الشكل (2) يبين العلاقة بين حد السيولة ومعامل المرونة للترب المشبعة جزئياً وكلياً والمقارنة بينهما

من خلال الشكل (2) نلاحظ أن حد السيولة في حالة الترب الناعمة المشبعة كلياً يؤثر على تغير الخواص الفيزيائية والميكانيكية بشكلٍ كبير جداً. ويزداد التشوه وتقل قيم معامل المرونة وذلك لأن التناسب يكون عكسياً مع التشوه. أما في حالة الترب الناعمة المشبعة جزئياً فليس لزيادة حد السيولة التأثير الكبير، حيث أن العوامل التي تؤثر على المتانة صغيرة نسبياً، وبالتالي تكون قيم التشوه أقل من قيم تشوه الترب الناعمة المشبعة كلياً وكذلك قيم معامل المرونة للترب الناعمة

المشبعة جزئياً أكبر منه للترب الناعمة المشبعة كلياً (Giulia Scelci, 2021).

في اتجاه آخر، قمنا بدراسة تغير قيم الهبوط للحالتين المدروستين كما هو مبين في الشكل (3)، حيث تم رسم تغير قيم الهبوط مع تغير قيم حد السيولة.



الشكل (3) يبين العلاقة بين حد السيولة والهبوط للترب المشبعة جزئياً وكلياً والمقارنة بينهما

من خلال الشكل (3) يمكننا ملاحظة ما يلي:

في حالة الإشباع الكلي نجد أن تغير قيم الهبوط مع زيادة قيم حد السيولة للتربة يتزايد بميل متزايد للوصول إلى قيم كبيرة جداً غير مقبولة في تصميم المنشآت الهندسية. في حين أن تغير قيم الهبوط مع تغير قيم حد السيولة لحالة الإشباع الجزئي تتجه نحو ميل متناقص وتقريباً ثبات بقيمة الهبوط وعند قيم مقبولة لحالة تصميم أساسات المنشآت الهندسية. هذه النتيجة مهمة جداً للمهندسين المدنيين.

في الجدول (5) تمّ عرض نتائج تغير قيم الهبوط لكلا الحالتين المدروستين مع تغير قيم حد السيولة.

الجدول (5) مقارنة الهبوط لنوعي الترب

حد السيولة %	الهبوط للترب المشبعة كلياً	الهبوط للترب المشبعة جزئياً
54.14	0.5298	0.4
48.12	0.469	0.346
55.57	0.626	0.406
73.26	1.098	0.56
56.67	0.624	0.442
47.64	0.51	0.343
60.49	0.618	0.497
70.88	1.076	0.543
66.33	0.775	0.512
49.00	0.566	0.331
47.17	0.352	0.355
50.68	0.597	0.378
68.11	0.957	0.534
50.30	0.561	0.42
66.25	0.915	0.51

وفي الجدول (6) قمنا بعرض نتائج المقارنة ما بين قيم معامل المرونة لكلا الحالتين.

الجدول (6) مقارنة معامل المرونة لنوعي الترب

حد السيولة %	E للترب المشبعة كلياً	E للترب المشبعة جزئياً
54.14	19	62.7
48.12	31	99.75
55.57	23	57
73.26	11	18.94
56.67	23	51.3
47.64	31	91.2
60.49	18	22
70.88	13	19.4
66.33	16	28.6
49.00	31	84.36
47.17	27	85.5
50.68	29.6	68.4
68.11	14.8	21
50.30	28	79.8
66.25	15	31.4

بالنتيجة نلاحظ أن التعامل مع الترب الناعمة غير المشبعة يتطلب إجراءات مراقبة وإجراءات لتأمين المحافظة على الرطوبة بحيث لاتصل إلى درجات الإشباع.

هذا الأمر يمكن السيطرة عليه من تأثير المياه الخارجية أما تأثير المياه الجوفية فيصعب مراقبته (Harianto Rahardj, 2019) وبالتالي فإن المحافظة على تربة غير مشبعة في هذه الحالة يصبح أمراً مستحيلاً أو أنه مكلف اقتصادياً.

4-الاستنتاجات:

ضمن حدود هذه الدراسة يمكن استنتاج أنه في حالة الترب الناعمة المشبعة كلياً يؤثر حد السيولة بشكل كبير جداً في تغير الخواص الفيزيائية والميكانيكية لها، الأمر الذي يؤثر بدوره على عوامل المتانة، أما في حالة الترب الناعمة المشبعة جزئياً فزيادة حد السيولة ليس له نفس التأثير بسبب احتواء التربة بالأصل على فراغات غير مملوءة بالماء. كما أن متانة التربة الناعمة المشبعة جزئياً كبيرة مقارنة مع حالة الترب المشبعة كلياً بسبب نقصان قيم معامل المرونة.

من خلال ما سبق يمكن استخدام هذه النتائج ضمن حدود التربة المدروسة وذلك بهدف معرفة البارامترات التالية: معامل المرونة والهبوط S.

النتائج التجريبية أكدت أن:

1- قيم معامل المرنة E_0 تتناقص مع زيادة قيم حد السيولة LL وذلك للترب الناعمة المشبعة وغير المشبعة.

2- قيم الهبوط للترب الناعمة المشبعة كلياً أكبر منه للترب الناعمة المشبعة جزئياً.

5-التوصيات:

هذا البحث شكل لنا مفصلاً مهماً في ميكانيك التربة وهو خطوة من الخطوات البدائية في سوريا، لأنه تطرق لموضوع له علاقة بالواقع العملي التطبيقي الهندسي وهي الترب الناعمة غير المشبعة، ومدى انعكاس ذلك على خصائص التربة وبالتالي سلوكها. أظهرت النتائج أن التعامل مع الترب المشبعة جزئياً ليس سهلاً ويتطلب إجراءات مراقبة، مع متطلبات لتأمين المحافظة على الرطوبة، بحيث لا تصل لدرجة الإشباع. هذا الأمر يمكن السيطرة عليه من تأثيرات المياه السطحية أما تأثير المياه الجوفية فيصعب مراقبته، وبالتالي فإن المحافظة على تربة غير مشبعة في هذه الحالة يصبح أمراً مستحيلاً أو أنه مكلف اقتصادياً.

لذلك لا بد من القيام بنفس التجارب على عينات من مناطق أخرى للتأكد من نتائج هذه التجارب ومقارنتها لكي يكون هناك دراسات إحصائية تؤمن لنا استنتاج علاقات تعطي دقة علمية مقبولة.

6-المراجع: Reference

1. Soil Mechanics T.H. WW 1966.
2. Das B M (2006). Principles of geotechnical engineering. 5thedition, THOMSON, Australia, chapter 10, pp.259, 269-293.
3. Fredlund M D (1999). The Role of Unsaturated soil property Functions in the Practice of Unsaturated Soil Mechanics. PhD Thesis, Chapter 3, pp.29-30.
4. Noor Md., MJ. Jidin R. Mat., Hafes M.A. (2008). Effective stress and complex soil settlement behaviour. EJGE, volume 13, pp. 1-4.
5. Fredlund D G (1996). The Emergence of Unsaturated Soil Mechanics. Forth Spenser J Buchanan Lecture, Texas A & M, College Station, Texas, November 8, pp.8-14.
6. Georgiadis K (2003). Development Implementation and Application of Partially Saturated Soil Models in Finite Element Analysis. PhD Thesis, Chapter 2, pp. 21-33, pp. 70.
7. Lambe T W, Whitman R V (1969). Soil mechanics. Joein Wiley & Sons, New York, chapter 27, pp 404.
8. Giulia Scelsi, et al (2021). Modelling the Behaviour of unsaturated non-active clays in saline environment. Journal home page : www.elsevier.com /locate/.
9. Rahardjo et al. Geo-Engineering (2019) 10:8. Role of unsaturated soil mechanics in geotechnical engineering. http://doi.org/10.1186/s40703-019-0104-8.
10. American for Testing and Materials.