محاضرات مادة هندسة الاسس للمرحلة الرابعة:

Foundation Engineering Course

(2 hrs. theoretical + 1 hrs. tutorials)/week

Fourth Year

Civil Engineering Department

University of Diyala.

Dr. Safa Hussain A. Awn AL-Shamary

Contents

1. *Soil Investigation.*
2. *Shallow Foundations*
   - *A-Bearing Capacity.*
   - *B-Settlement.*
   - *C-Structural Design.*
3. *Retaining Structures*
   - *A-Lateral Earth Pressure.*
   - *B-Retaining walls.*
   - *C-Sheet pile walls.*
4. *Slope Stability Analysis.*
5. *Soil improvement.*
6. *Deep foundation*
   - *A-Static pile Capacity.*
   - *B-Dynamic pile Capacity.*
   - *C-Pile Test.*
7. *Computer Programs applications on Foundation Design.*

FOUNDATION ENGINEERING: Dr.SAFA HUSSAIN ALSHAMARY

	SUBJECT	الموضوع	Time
1	INTRODUCTION: FOUNDATION DEFENITION, IMPORTANCE AND PURPOSE.	مقدمه: تعريف الاساس, اهميته و الغرض منه	
2	FOUNDATION CLASSIFICATION. FOUNDATION REQUIREMENTS. PARAMETERS AND FACTORES USED IN THE DESIGN OF FOUNDATIONS.	تصنيف الاسس. متطلبات الاسس. المتغيرات اللازمه في تصميم الاسس	
3	SITE INVESTIGATION: DEFENITION, PURPOSE. SUBSURFACE EXPLORATION PROGRAM. SOIL BORING METHODS:(TRIAL PIT METHOD, ROTARY DRILLING, WASH BORING,PERCUSSION DRILLING, CONTINUOUS FLIGHT AUGER)	التحريات الموقعيه: تعريفها, الغرض منها. برنامج استكشاف التربه. طرق جسات التربه: (بالادوات التقليديه, الحفر الدوراني, الحفر بالغسل, الحفر بالطرق, الحفر باستخدام الحفار المتصل).	
4	SOIL SAMPLING: DISTURB SAMPLES AND UNDISTURB SAMPLES EXPLORATION METHODS: (SPLIT SPOON METHOD, SHELBY TUBES METHOD, PISTON SAMPLER. DEGREE OF SAMPLE DISTURBANCE.	عينات التربه: طرق استخراج العينات المقلقه والغير مقلقه: (طريقة الملعقه المشطوره, طريقة انبوب شلبي, اخذ العينات الكابس). درجة قلقلة التربه.	
5	FIELD TESTS: (FIELD DENSITY TESTS, STANDARD PENETRATION TEST, VANE SHEAR TEST, PERMEABILITY TEST, AND PLATE LOADING TEST). SOIL INVESTIGATION REPORT:	الفحوصات الحقليه للتربه: (فحوصات الكثافه الحقليه, فحص الاختراق القياسي, فحص القص بالريش, فحوصات النفاذيه, فحوصات التحميل). تقرير تحريات التربه.	
6	BEARING CAPACITY : FOOTING ON C-ø SOIL. DERIVATION OF THE BEARING CAPASITY EQUATION. (TERZAGHI'S, MEYERHOF'S, HANSEN'S, VESIC'S BEARING CAPASITY EQUATIONS). Footings on clayey soil. Footing on sandy soil. Footing on non homogeneous and layered soil. Effect of water table on bearing capacity of soil.	قابلية تحمل التربه: اساس على تربه رمليه و طينيه. اشتقاق المعادله العامه لقابليه تحمل التربه. معادلة ترزاقي. معادلة ماير هوف. معادلة هانسن. معادلة فزك. اساس على ترب طينيه متجانسه. اساس على ترب رمليه. اساس على ترب غير متجانسه. اساس على ترب متطبقه. تاثير المياه الجوفيه على قابلية تحمل التربه.	
7	Foundation settlement: Stresses in soil due to footing pressure Immediate settlement calculation(homogeneous and layered soil). Immediate settlement for footing with eccentric load. Consolidation settlement Secondary consolidation settlement	هبوط الاسس: الاجهادات في التربه نتيجة لضغط الاساس. احتساب الهبوط الاولي او المباشر للتربه المتجانسه والمتطبقه. احتساب الهبوط الاولي او المباشر للاسس المعرضه لاحمال لامركزيه. هبوط الانضمام وحالاته. الهبوط الثانوي.	
8	Structural design of footing: Design of spread footings: Design of combined footings. Design of mat footings	التصميم الانشائي للاسس. تصميم الاسس المنفرده. تصميم الاسس المتصله. تصميم الاسس الحصيريه.	
9	Lateral earth pressure and derivations for the active and passive earth pressure case (Rankin	ضغط التراب الجانبي: اشتقاقات نظرية رانكين للضغط الجانبي الفعال و	

	theory): Lateral earth pressure for cohesive soil. Lateral earth pressure for cohesion less soil. Lateral earth pressure for layered soil. Sheet pile design. Retaining wall design Braced and unbraced excavations (theoretical and graphical methods).	غير الفعال. الضغط الجانبي لمسائل الترب المتماسكه. الضغط الجانبي لمسائل الترب غير المتماسكه. الضغط الجانبي لمسائل الترب المتطبقه. الجدران الساندة الناتنه. الجدران الساندة الثقاليه. الحفريات المكتفه المسنده.	
10	Slope stability: Ø=0 method. Frictional circle method> Graphical method (method of slices).	مسائل استقرارية المنحدرات: الطرق النضريه(طريقة دائرة الاحتكاك). طريقة الرسم	
11	Piles in foundation engineering Types of piles, purpose. The ultimate bearing capacity of single pile: Tomlinson method. Meyerhof method λ method design of pile group	تصاميم الركائز. انواع الركائز, الغرض منها. قابلية التحمل العضمى لركيزه منفرده. طريقة تومنسن. طريقة مايرهوف. طريقة λ قابلية التحمل لمجموعة من الركائز.	
12	Computer programs applications on foundation design	تطبيقات البرامجيات على تصاميم الاسس	

{ Foundation Analysis & Design }

﴿ تصاميم الاسس في الهندسة المدنية ﴾

(درساً اساسي في التقييم العام لطالب الهندسة المدنية)

د. وفاء الشمري
جامعة ديالى / كلية الهندسة

References: المصادر

- Bowles, J.E. 1996 "Foundation Analysis & Design" (تصاميم الاسس) 5th Ed. New York: McGraw-Hill
- ALShakarji and ALmuhammedi. 1984" هندسة الاسس كتاب باللغة العربي
- Reck, R.B, Hansen, W.E. and Thornburn, Till "Foundation Engineering "2nd Ed, New York 1974 (هندسة الاسس)
- Winterkorn, W.F. and Hsai Yeng Fang. 1975, "Foundation Engin. Handbook,
- American Concrete Insitiie 1977, Building Code Requirements for Reinf. Concrete (ACI, 318-77) (الكود الامريكي لتصميم هيكل التسليح)

Contents محتويات الكتاب

* Foundation, Definition, Importance & Purpose تعريف الاساس
- Classification of Foundations تصنيف الاسس
- Foundation Requirements. متطلبات الاسس
* Site Investigation, Definition, Purpose, Sampling
- Purpose behind site investigation الغرض من الفحوصات الحقلية
- Mechanism, type of drilling machines.
- Insitue testing الفحوصات الحقلية
- Vane Shar test فحص الريش
- SPT Test فحص الاختراق القياسي
- Plate load test فحص الصفيحة

* Bearing Capacity of Soil قابلية تحمل التربة
- Factors considered in Found. Design العوامل المؤثرة في تصميم الأساس
- Effect of Depth of Footing on B.C تأثير العمق في قابلية تحمل التربة
* Settlut of Soil.
- imediate , Consolidation & Secondary Settlt Computation
* Design of Spread footing تصميم الأساس المنفرد
* Design of Combind footing تصميم الأساس المشترك
* Design of Raft foundations تصميم الأساس الحصيري
* Design of Special earth structure تصاميم المنشآت الخاصة
- Retaing walls Design الجدران الساندة
- Gravity Retaining wall ; Graphical Method
- Slope Stability Design تصاميم المنحدرات
- Chart method ; Graphical Method

Pile Foundation Design and Pile Cap

- group of piles ; Meyerhof, lamda methods

ملاحظات هامة :-

- التقييم العام لحساب السعي السنوي للطالب يكون كالآتي .
- نظام التقييم يتم بأداء المحاضرة و يحتوي Homework . في نهاية المحاضرة يتم تقديمه بشكل منتظم في بداية المحاضرة التالية ويجري إختبار تحريري من ضمن أسئلة الواجب البيتي المقدمة .
- يتم جمع الدرجات للواجبات البيتي الخاص لكل المحاضرات مع تقييم الاختبارات لأداء التقييم الأولي للطالب .
- يتم إجراء إمتحان فصلي واحد أو اثنان حسب الظروف المتوفرة
- يتم إحتساب المعدل من التقييم للامتحان الفصلي مع تقييم الواجبات البيتية لأداء السعي السنوي .
- هذه الاختبارات تتطلب " open Book exams. " (يجوز استعمال المحاضرات او الكتب فقط)

في كل محاضرة يجب إحضار الآلة الحاسبة " Scientific Calculator " والمحاضرات المستنسخة . الاعتماد كلياً في المحاضرات . إضافة الى معدات الرسم الضرورية في بعض المواضع

Foundation Analysis & Design

Dr. Safa Hussain AL-Shemary

Foundation, Defenition, Importance & Purpose:
الأساس، تعريفه، أهميته والغرض منه

1- foundation is the part of an engineered System that transmit to, and in to the underlying Soil or rock.
هو الجزء الانشائي من المبنى الذي من خلاله يتم نقل أحمال البناء الى التربة.

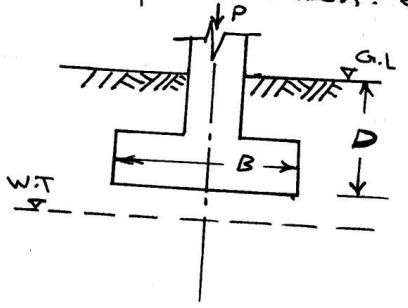
2- All engineered Construction resting on the earth must be Carried by Some kined of interface element Called foundation. So. foundation is the most important part of the enginceering System.
كل منشأ هندسي موضوع على التربة يجب ان يحمل بواسطة جزء انشائي يسمى الاساس.

Foundations: Classifications:
تصنيف الاسس اعتمادا على الاعماق

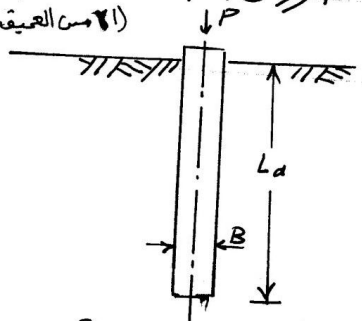
foundations may be classified:.

A- Shallow foundation: example. spread footing, mats $D/B \leq 1$.
الاساسات الضحلة (القريبة من سطح التربة)

B- Deep foundation: example: Piles $L_p/B \geq 4$
(اكثر من العمق)

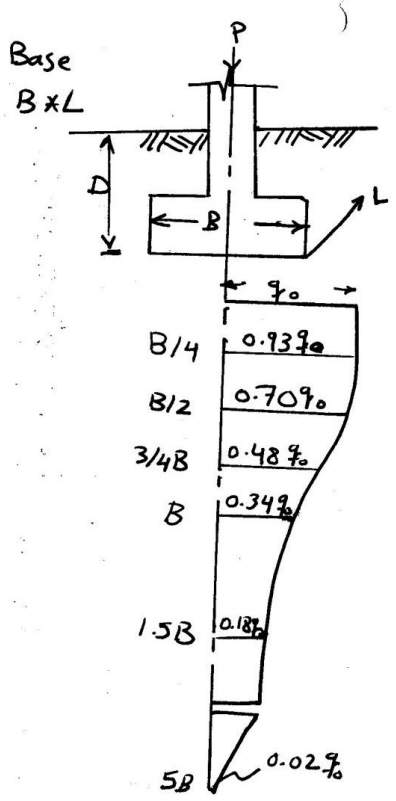


A- Shallow foundation
$D/B \leq 1$



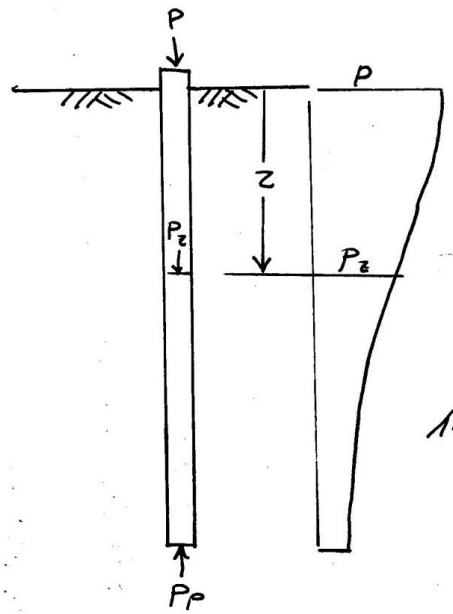
B- Deep foundation
$L_d/B \geq 4$

The figure bellow illustrates three basic foundation types:
(أشكال توضح ثلاث أنواع أساسية للأساسات)

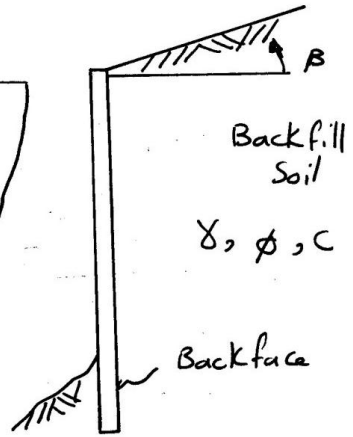


$$q_o = \frac{P}{BL}$$ (الضغط تحت الأساس)

a) Spread foundation



b) Pile foundation



c) Retaining Structure.

TABLE 1-1
Foundation types and typical usage * أنواع الأسس المستخدمة واستعمالاتها

Foundation type	Use	Applicable soil conditions
	Shallow foundations (generally $D/B \leq 1$)	
Spread footings, wall footings	Individual columns, walls	Any conditions where bearing capacity is adequate for applied load. May use on a single stratum; firm layer over soft layer or soft layer over firm layer. Check settlements from any source.
Combined footings	Two to four columns on footing and/or space is limited	Same as for spread footings above.
Mat foundations	Several rows of parallel columns; heavy column loads; use to reduce differential settlements	Soil bearing capacity is generally less than for spread footings, and over half the plan area would be covered by spread footings. Check settlements from any source.
	Deep foundations (generally $L_p/B \geq 4^+$)	
Floating pile	In groups of 2^+ supporting a cap that interfaces with column(s)	Surface and near-surface soils have low bearing capacity and competent soil is at great depth. Sufficient skin resistance can be developed by soil-to-pile perimeter to carry anticipated loads.
Bearing pile	Same as for floating pile	Surface and near-surface soils not relied on for skin resistance; competent soil for point load is at a practical depth (8–20 m).
Drilled piers or caissons	Same as for piles; use fewer; For large column loads	Same as for piles. May be floating or point-bearing (or combination). Depends on depth to competent bearing stratum.
	Retaining structures	
Retaining walls, bridge abutments	Permanent material retention	Any type of soil but a specified zone (Chaps. 11, 12) in backfill is usually of controlled fill.
Sheeting structures (sheet pile, wood sheeting, etc.)	Temporary or permanent for excavations, marine cofferdams for river work	Retain any soil or water. Backfill for waterfront and cofferdam systems is usually granular for greater drainage.

Foundations: requirements :- متطلبات إنشاء الأساس

1. Depth must be adequate to avoide lateral squeezing of Soil beneath the foundation from other structures.

عمق هذا الأساس يجب ان يكون ملائماً بحيث يمنع اندفاع التربة تحت الأساس او على جانبه بسبب تأثير المنشآت القديمة المجاورة وضغطها الجانبي.

2. Depth of foundation must be below the zone of Seasonal Volume changes Causes by freezing.

عمق هذا الأساس يجب ان يكون تحت عمق تأثير حجم التربة نتيجة العوامل الجوية

3- The foundation must Consider expansive Soil Considerations. يجب الأخذ بنظر الاعتبار أوضاع الأساس في التربة الانتفاخية (الحذرية)

4- The foundation System must be Safe. in Compressive strength, Overturning, Sliding and Uplifting.

يجب ان يكون الأساس آمناً من حيث قوة تحمل الضغط، الانقلاب، الزحف.

Parameters and factors Used in Design of foundations :

Soil Parameters:

C : Cohesion of Soil معامل التلاصق للتربة

ϕ : angle of internal friction of Soil زاوية الاحتكاك للتربة

γ : Density of Soil (KN/m^3) كثافة التربة

Dimentions of Structures & footing:

B : width of footing (m) (عرض الأساس) ؛ D : (m) (عمق الحفر) ؛ L : length

Live loads and Dead loads :

L.L D.L (KN/m^2) ← الأحمال على الأساس

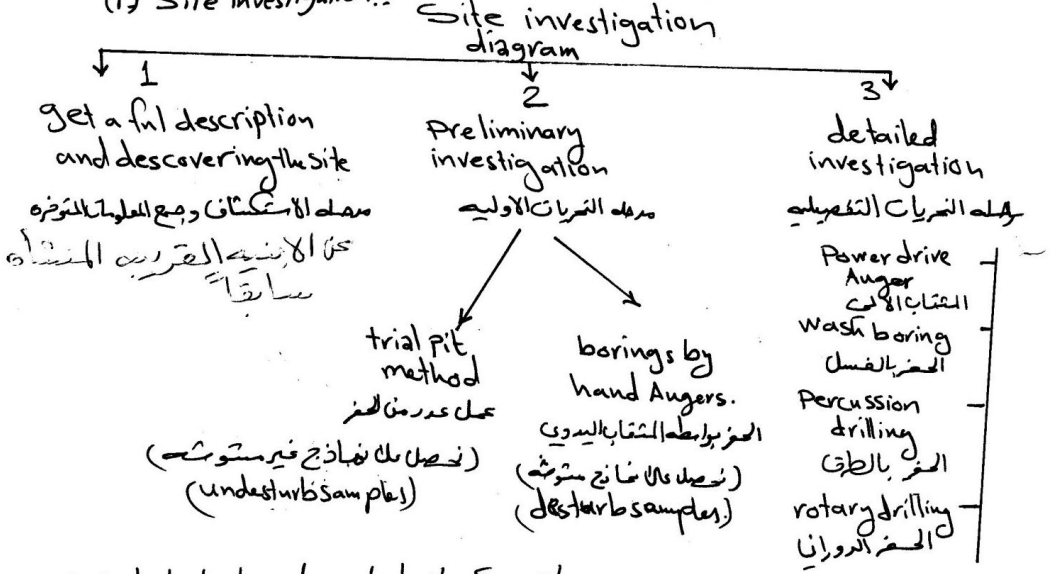
* Site investigation: Purpose & Defenition, Sampling.

In order to get these Parameters which is very important in the design of the foundation of a structure. we need a full description and special tests on Samples of the soil we need to put the footing on it. So we need what we Call (Site investigation). we can Sumerize the steps of Site investigation in the diagram bellow

لغرض الحصول على الثوابت اللازمه لتصميم أي اساس إنشائي يجب الحصول على وصف كامل للموقع واضافة الى فحوص خاصه تجرى في الموقع والمختبر على نماذج ماخوذه من التربه التي يوضع الاساس عليها وتطلق على هذه الفحوصات الحقليه (الفحوصات الحقليه) يمكن تلخيص هذه الفحوصات الحقليه بالمخطط التالي

* Steps for design of any foundations

(1) Site investigation:-



(2) Get desturb and undesturb Samples.

بعد الحفر بأي طريقه من الطرق الى العمق المطلوب نوخذ النماذج المشوشه والغير مشوشه Disturb & undesturb Samples بواسطه (آخذه العينات) (Samplers.) وهي بشكل انابيب مجوفه (Shelby tubes) تغرس في حفت التربه الى العمق المراد استخراج نماذج التربه بواسطه مكائن خاصه وتستخرج الى السطح

3). Laboratory tests for Samples:. Sieve Analyses, hydrometer test G_s, Compaction test γ_{soil}, Consolidation test C_v, triaxial test $C\&\phi$ of soil or Direct Shear test $C\&\phi$ of soil.

4) Field tests:- (in situ testing) (الفحوصات الحقلية على نماذج التربة)

تعطينا قيم بعض الثوابت المطلوبة في تصميم الأساسات أيضاً ونحن في الحقل ولكنها أقل دقة من الفحوصات المخبرية الدقيقة

A). Vane Shear test → فحص القص بالانزياح → لقياس مقاومة القص undrain shear strength.

B). Standard Penetration Test (SPT) → فحص الاختراق القياسي (لـ $C\&\phi$)

C). Cone Penetration Test (CPT) → فحص اختراق المخروط

B). Plate loading Test (فحص تحميل الصفيحة) → لقياس هبوط الأساس (settlement)

سوف يتم التطرق بصورة مختصرة عن طرق التحريات وأنواع الاختبارات المستخدمة في الحقل (Preliminary & detailed investig.) وبصورة مفصلة عن الفحوصات الحقلية على نماذج التربة (Field tests) (or insitue testing).

Purpose behined Site investigation:-

1- The desition where the soil is Popular to Construct the Footing on تحديد التربة لإنشاء الأساسات

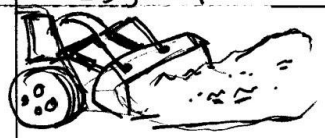
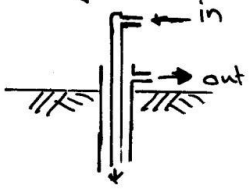
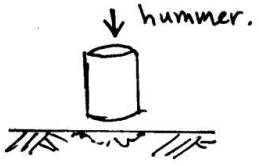
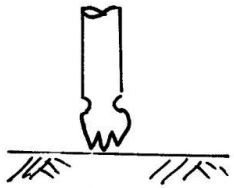
2- determine the thickness of each bed تعيين سمك الطبقات

3- determine the depth to the bed Rock تحديد عمق الطبقة الصخرية

4 - get desturb and undesturb Samples الحصول على نماذج متأثرة وغير متأثرة للتربة

5- determine the water table level تحديد منسوب المياه الجوفية

Mechanism, Types of drillings machine, Comparison.

Type	Dygram	Depth of boring (عمق الحفر)	Advantage محاسن	disadvantage مساوئ
– Trial pit الحفر التجريبي		(4.5 m)	Get desturb & undesturb Samples. (نماذج مشوشه وغير مشوشه)	تستخدم قريبه من السطح
– Handangering الحفر اليدوي		(6.0 m)	Get distrub Samples (نماذج مشوشه)	لاتستخدم في التربه القويه
– Wash boring الحفر بالغسل		اعماق كبيره اكثر من ٢٠ متر	Get undest. and dist Samples. (جميع أنواع التربه)	
– Percussion drilling الحفر بالطرق		———	جميع انواع التربه	تحفر فقط حال نماذج مشوشه
– rotary drilling الحفر الدوراني		أعماق كبيره في التربه	Used in Rock & hard soil	تحفر فقط حال نماذج مشوشه

د. صفاء حسين

Insitu testing (ملخص لـ الفحوص الموقعية)

Vane Shear test فحص القص بالارياش

1- measure undrained Shear strength. لقياس قص القص مقاومة القص غير المبزول (C_u).

2- Used only in clay Soils تستعمل في التربة الطينية فقط

$C_u \rightarrow 5\ KN/m^2 - 75\ KN/m^2$

3.

٣- نعمل حفره الى العمق المراد معرفه مقاومة القص فيه

٤- ننزل الريش للجهاز مع القضبان المثبته بها الى قعر الحفره وندفع الريش ٥ سم

٥- يثبت جزء الآلة الخاص بتسليط العزم.

٦- يدور الجهاز بسرعة مقدارها ٦ - ١٢ درجة/ دقيقة الى الحد الاقصى الذي يسبب انضغاط للتربة

٧- يمكن الحصول على مقاومة القص غير المبزول C_u من المعادله

$$T = C_u \pi d h \frac{d}{2} + 2\left(\frac{C_u}{2} \cdot \frac{2}{3} d \frac{\pi d^2}{4}\right)$$

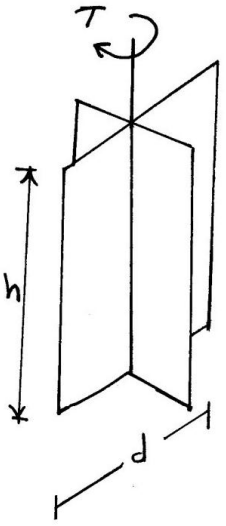
$C_u \rightarrow$ مقاومة القص غير المبزول (undrain Shear strength).

$T =$ عزم الدوران

$d =$ قطر الارياش

$h =$ ارتفاع الارياش

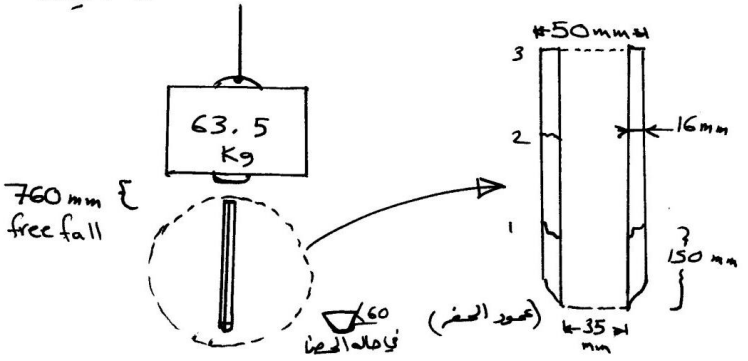
$$C_u = \frac{T}{\pi d^2\left(\frac{h}{2} + \frac{d}{6}\right)}$$



· Standard Penetration Test (SPT) فحص الاختراق القياسي

- measure the angle of internal friction ϕ, vertical stress σ_v & effective overburden stress
- used for Sandy Soils and gravels.

- فحص الاختراق القياسي: قياس مقاومة التربة لاختراق اسطوانة ذات ابعاد قياسية مسافة محددة عند طرقها بطرقة قياسية الوزن وتنزلق المطرقة مسافة قياسية أيضاً



- عند بدأ الفحص تؤشر ثلاث مسافات على محور الحفر فوق مستوى الارض الطبيعي كل منها (150 mm) ويبدأ برفع المطرقة التي وزنها 63.5kg وتركها تنزل نزولاً حراً مسافة 760 mm لكل طرقة.

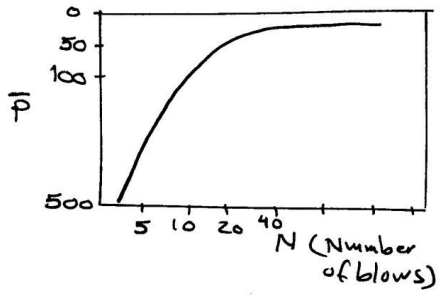
- يسجل عدد الضربات اللازمة لسوق الاسطوانة في التربة كل من المسافات الثلاث المؤشرة على محور الحفر و يهمل عدد الضربات المسجلة الاولى (150mm اول) ويسجل مجموع الضربات للمسافتين الاخيرتين (اي آخر 300mm من الاختراق ويسمى قيمة الاختراق القياسي (قيمة N)

N → Number of blows causes to drive the SPT Test Tube 300 mm. as Standards.

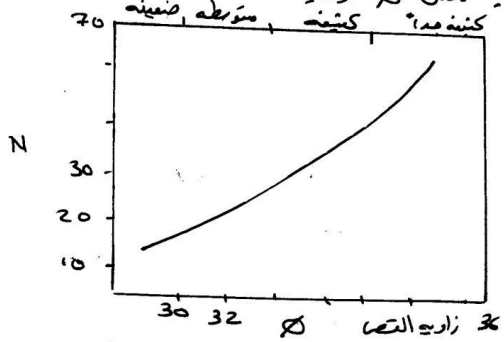
- يستعمل الفحص في جميع انواع التربة وفي حالة وجود طبقة من الحصى يجب التعويض عن اسطوانة الاختراق القياسي بمخروط فولاذي صلد ذو زاوية 60°

Parameters from SPT Test (SPT) المتغيرات التي يمكن الحصول عليها من الفحص -10

1- اجهاد التثقيل المؤثر ، الكثافة النسبية (effective Overburden Pressure; $\bar{P}$)



2- تمكن العلماء ومن ضمنهم (شمرتمان) من ايجاد علاقة بين N وبعض خواص التربة مثل ϕ زاوية الاحتكاك في الرمل والكثافة النسبية



العلاقة بين قيم N والكثافة النسبية وزاوية التصر

3- العلاقة بين N و ϕ والاجهاد العمودي σ_v

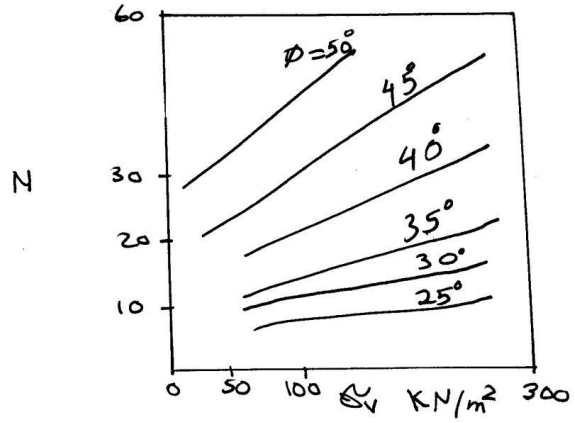


Plate Loading test.

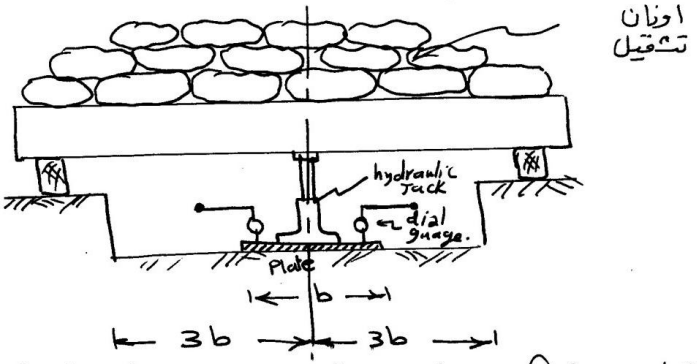
- measure the Bearing Capacity & Settlement for the Soil in the field.

- يزودنا بطريقه لتخمين قابليه التحمل للاساس وهبوط المنشآت على التربه في الموقع

- used for Sandy Soil with gravel or stones.

- used for special structures

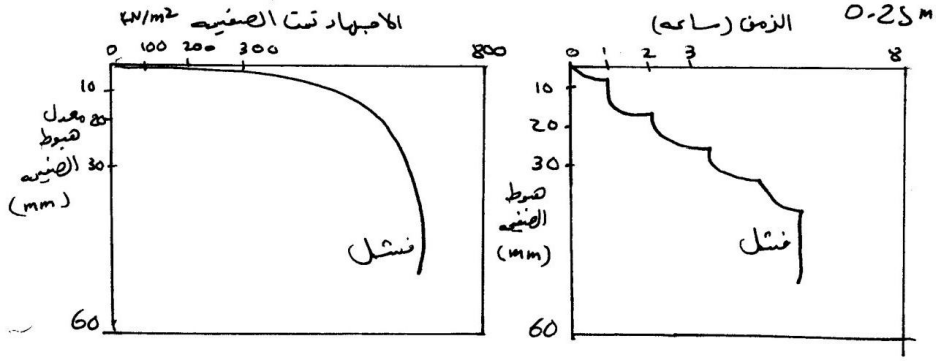
المنشآت الحساسه التي تتطلب تخمين دقيق للهبوط



- إن قطر الصفحه يجب أن يكون ٦ أضعاف قطر أكبر حبيبه في التربه وأصغر قطر للصفحه ٣٠٠ ملم.

- يجري الفحص بزيادات كل منها يمثل $\frac{1}{5}$ الاجهاد الذي يسلطه الاساس الى ان يصل الاجهاد الكلي الى ضعف الاجهاد الذي يسلطه الاساس الى حد الاخفاق كما في الشكل.

- يسجل هبوط الصفحه بواسطه (dial guage) مقياس الهبوط مع الوقت لكل زياده في الاجهاد الى ان يصل معدل سرعه الهبوط 0.25 mm/h



The decition made for number, spacing and depth of Boring

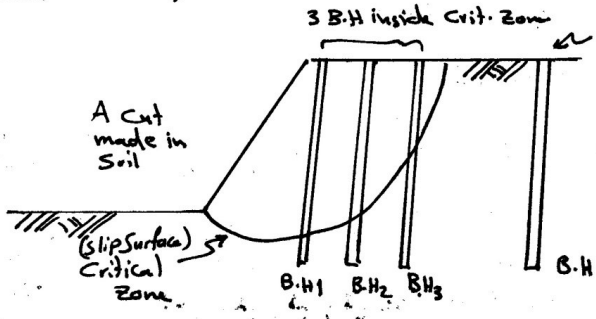
اتخاذ القرار في عدد، المسافة بينها وعمق الجسات.

The Spacing between boreholes depends on:

* Nature and Condition of Soil.
  - if Stratification of Soil is well-Known ⟶ Widely Spaced boring
  - if Soil Condition varies over Site ⟶ Closely Spaced boring
  - if Soil is uniform ⟶ moderate investigation
* The Shape and extent of buildings. (10 – 20m apart)
* Importance of Project.

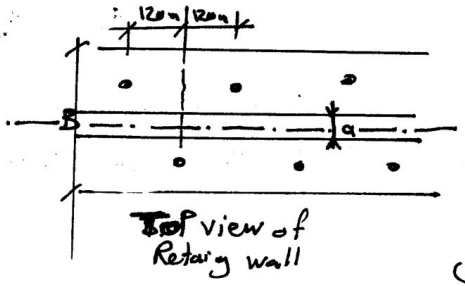
Rules take in to Consideration for number and Spacing between Boreholes (Number and spacing).

1- For Slope Stability Problems 3 – 4 Boreholes at Critical zone, and one Boreholes out side the Crit. Zone.

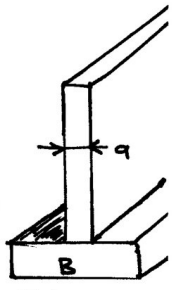


Slope Problems.

2- Retaing walls
- minimum Spacing 120m between Boreholes.
- Boreholes located at both sides of Centerline



Top view of Retaing wall



Retaing wall (side view)

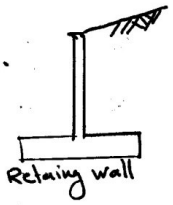
3- For Individual Buildings of less than 300 m^2 plan area, 3 Boreholes are the Minimum and not be at straight line.

4- For large site or group of buildings, 5 boreholes are the minimum (4 at Corners and 1 at middle).

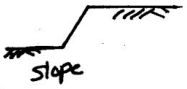
5- For larger site : Probes are needed (Penetration test, Seismic method, electrical resestivity Method) to obtain informations for areas between boreholes.

Depth of Boring :-

1- For Retaining walls and slope Staibility Problems.

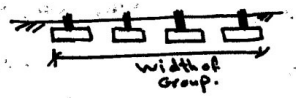


* below organic Soil or Compressible Soil.
* Deeper than the width at bottom of Cuts
* Deeper than possible Surface of sliding.



2- For foundations.

* Below organic Soil
* Single spread footing → Depth of Borehole = 3 * width of footing (≥ 6 m)
* Raft footing or group of spread footings → Depth of Borehole = 1.5 * Least width of grop of single or spread footing or strip width for raft.

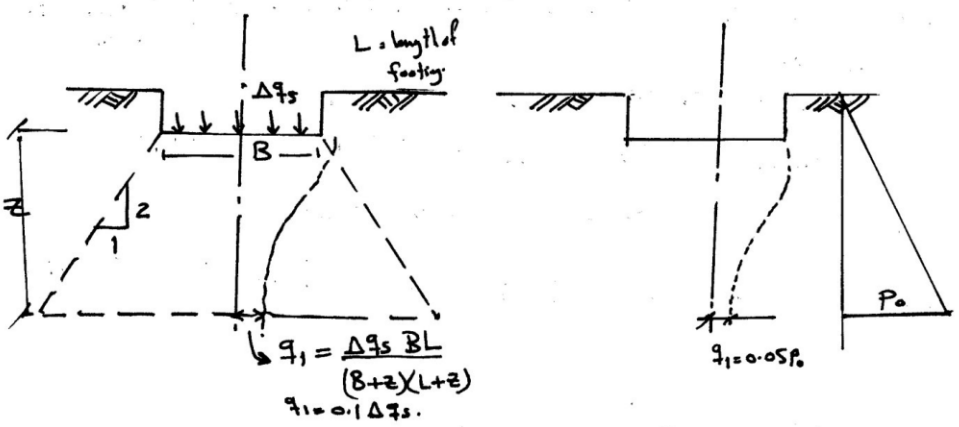


* for heavy structures (>20 Tones/m^2 = 200 kPa)
  depth of B.H > 2 * width of footing

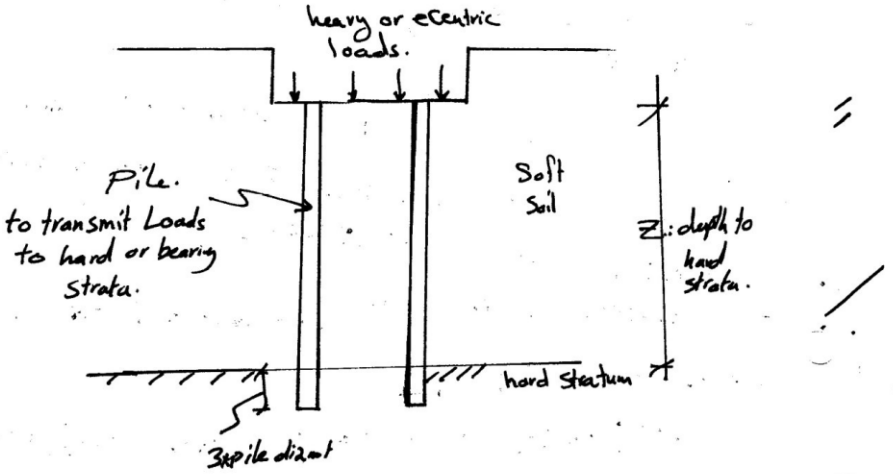
* The depth of boreholes for footing structures, Should extend to the point where the net increase in Stress due to building (Δq_s) is $< 5\%$ of overburden stress in Soil (P_o).

P_o : قيمة الاجهاد الناتجة من التربة الى العمق المراد حساب الاجهاد فيه

Δq_s = قيمة الاجهاد الاضافية الناتجة من المنشأ



* For Pile foundation, The depth of Boring Should extent to Bearing Strata + 3* Pile diameter.



Example

A four Story building. (20m * 30m) with basement (depth = 4m below G.L) is proposed. Δq_s at basement = 75 kPa

Soil is silty clay, dry unit weight = $16 \frac{KN}{m^3}$ Submerged or Saturated unit weight = $9 \frac{KN}{m^3}$, W.T found at 1m below G.L

Determine for detailed Soil investigation: the Number, layout and depth of boreholes required for this propose Structure soil and.

Solution:

1- No. of Boreholes depends on Area

$$\text{Area} = 30 * 20\,m = 600\,m^2 > 300\,m^2$$

$\longrightarrow$ use 5 boreholes.

2- layout: use 4 at Corners and one at Center

3- depth.

- Since there is no organic soil
- since we do not use spread footing for multi Story buildings and we use raft footing for such structus
- Depth (z) of boring $= 1.5\,B = 1.5 * 20 = 30\,m$ (for raft footing)

& one boreholes should extend to $2 * B = 40m$ because of high stress at one ~~Corner~~ Position. (for heavy structures)

- Depth from effective stress (briefly or precisely)

$$P_o = 1 * 16 + 9(z+3) = 43 + 9z$$

$$0.05\,P_o = q_1$$

$$0.05(43+9z) = 75 * 20 * 30 / [(30+z)(20+z)] \Rightarrow z = 29.4\,m$$

Bearing Capacity Equations!

— اختيار المعادله المناسبه يكون بالخبره والاجتهاد.

There is currently no method of obtaining the ultimate bearing capacity of a foundation other than an estimate.

Vesic (1973) tabulated (تبع) 15 theoretical solutions since 1940 — and omitted at least one of the more popular methods in current use. and here are the most famose eq.s uses in Bearing Capacity

A- The Terzaghi Bearing Capacity Equation:-

one of the early sets of bearing-capacity equations was proposed by Terzaghi (1943) as shown in table in (P-220) in Bowles. This eq. similar to that driven before. but Terzaghi use Shape factors

$$q_{ult} = C N_c S_c + \bar{q} N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

$$N_q = \frac{a^2}{a \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2)\tan\phi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

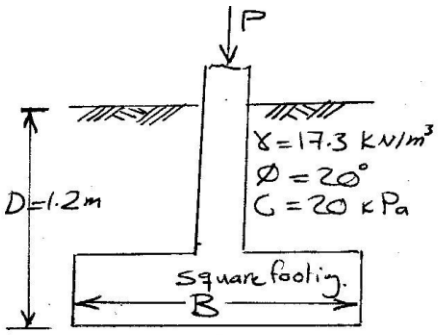
} or from table (4-2) P. 222 Bowles. (in Radians)

$K_{p\gamma}$ - from table (4-2) P. 222 in Bowles.

Example 1

(A) Compute the allowable B.C
using Terzaghi eq.
using Soil Parameters given.
Use S.F = 3 to obtain q_a

(B) Comp. B.C using
eq. 3 in lecture.



- The data given from a triaxial Test UU Test. (A)

١- نجد قابلية تحمل التربة باستعمال معادلة ترزاكي بدلالة B (عرض الأساس). من الجدول 4-2 نجد قيمة ثوابت المعادلة

من الجدول Table 4.2 P.222 ← $\phi = 20$; $N_c = 17.7$; $N_q = 7.4$, $N_\gamma = 5$ $K_{P\gamma} = 25$

$S_c = 1.3$ $S_\gamma = 0.8$

في الامتحان نجد قيمة الثوابت باستعمال المعادلات

$$N_q = \frac{a^2}{a \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2)\tan\phi} = e^{(0.75\times 3.41 - 20/2)\tan 20}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2}\left(\frac{K_{P\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

أو بطريقة أخرى للمعادلات

$\pi = 3.14$

ملاحظة: وجود اختلافات بسيط في قيم الثوابت N_c, N_q, N_γ بسبب طريقة الحساب من المعادلات وكذلك التقريبات موجود.

Example 2

Given $D = 0.5\,m$; $B = 0.5\,m$; $L = 2\,m$

$\gamma' = 9.31 \frac{KN}{m^3}$ $\quad \phi = 42.7^\circ$ (triaxial) $\quad C = 0$

$P_{ult} = 1863\,KN$ (measured) $\quad q_{ult} = \frac{P_{ult}}{B \times L} = 1863\,kPa$ (computed)

Require :- Compute the ultimate B.C by both (1) Hansen & (2) By Meyerhof equations and Compare these values with the measured values.

Solution :-

(1) بما أن $C = 0$ فإن التربة رملية خالصة. فأي حد يحتوي على C يحذف (الحد الأول في المعادلة)

$$q_{ult.} = \gamma' D N_q S_q d_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma d_\gamma \quad \text{(Hansen)}$$

$L/B = \frac{2}{0.5} = 4$; $\phi_{PS} = [1.5(\phi_{triaxial})] - 17.46 = 46.75^\circ$

$L/B > 2$ use. ← from table P. 229 in Bowles

use $\phi = 47^\circ$

- use linear interpolation of Table 4.4. P. 223 (Bowles)

$N_q = 208.2$ and $N_\gamma = 347.2$

- use Table 4.5a

$S_{q(H)} = 1 + \frac{B'}{L'} \sin\phi = 1.18$;

$S_{\gamma(H)} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} = 0.9$

$d_q = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \left(\frac{D}{B}\right) = 1.155$ ← K

$d_\gamma = 1.0$

$K = \frac{D}{B}$ for $\frac{D}{B} \leq 1$

from table 4.5a depth factor.

with these value we obtain

$$q_{ult} = 9.31(0.5)(208.2)(1.18)(1.155) + 0.5(9.31)(0.5)(347.2) \times (0.9)(1)$$

$= \quad kPa.$

(2) By Meyerhof. (H.W)

Foundation Settlement.

Introduction

* Settlement must be estimated with great care for buildings, bridges, towers and high Coast Structures

* There are two major Problems with Soil Settlument analysis
مشاكل مشكلتين في طريقة تحديد الهبوط للاسس

(1.) obtaining reliable Values of the "elastic" Paramaters.

م مشكلة الحصول على نماذج غير مخلخلة حيث تظهر بعض الاخطاء في تحديد E و ν

ب- حله استعمال الخواص الحقلية لايجاد حدين المتغيرين موقعياً والاقرب للواقع

ج- عدم تجانس التربة مثل باقي المواد حيث ان مواصفاتها بالاتجاه العمودي يختلف عن الاتجاه الافقي

(2) Obtaining a reliable stress profile. from the applied load

م- مشكلة حساب الاجهاد المسلط بشكل دقيق

ب- ومشكلة معرفة العمق الفعال H الذي يتأثر بالاجهادات والتي يمكن من خلاله حساب الهبوط من خلال معادلات (نظريات elasticity).

ج- لايمكن اعتبار التربة مثل باقي المواد كالحديد في تصرفها elastic حيث انها تتصرف semiplastic or Plastic كما هو موجود في المصادر الموجودة في الواقع للتقنية نادراً ميكانيك التربة (مرحلة المراسلات)

Settlumts are Usually classified as :-

1- Immediat : or those that take place as the load is applied $S_i = \Delta q_s \frac{B*(1-\nu^2)}{E} I_P$

2- Consolidation Settlut : which is time dependent (may takes months or years)

for Saturated or Semisaturated (clay) فقط

3- Secondary Consolidation or Secondary Compression

* حساب الهبوط الأولي (الابتدائي) Immediat Settlement لتربة المتطبقة (عدة طبقات)

إن ترسبات التربة عادة في أغلب الحالات تكون بسمك محدود بطبقة تحتية صلدة والحالات التي فيها سمك يتزايد ($M=0.5$) فإن الحل لمعدل الإزاحة الشاقولية تحت المساحة القابلة للانتشاء وتحمل بضغط منتظم Δq_s قد تم من قبل جامبو Janbu و بيرم Bjerrum وكايرتسلي Kjaernsli.

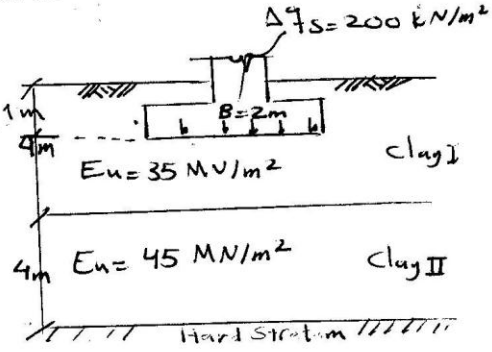
ويشمل الحل المساحات الدائرية، المستطيلة والشريطية لأي عمق تحت السطح. وإن الإزاحة الشاقولية أعطيت بالشكل التالي.

$$S_i = M_0 M_1 \frac{\Delta q_s B}{E}$$

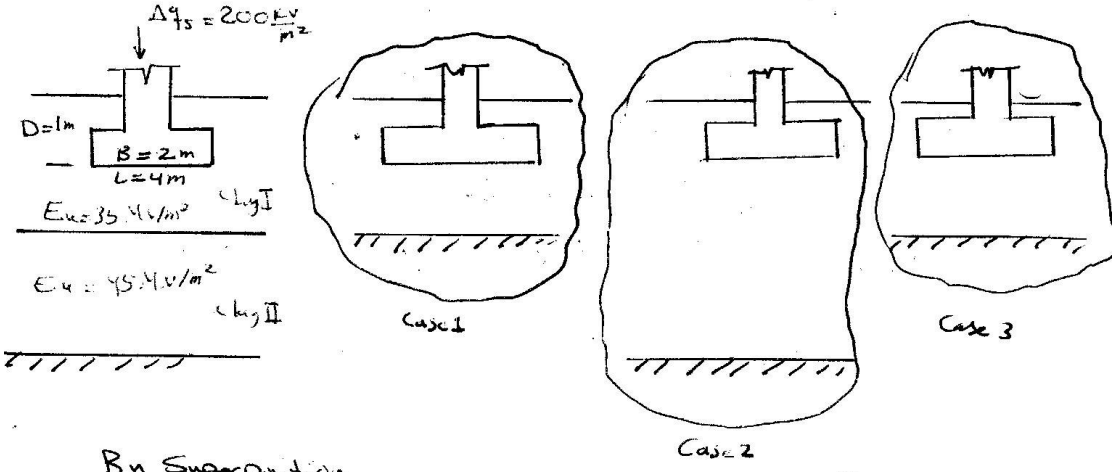
حيث أن قيم M_0 & M_1 يمكن الحصول عليها من الشكل 5.3 P184 في الكتاب المشروحي

حيث نحسب الهبوط في كل طبقة على حدة ثم نجمع الهبوط الأولي ويمثل الهبوط الكلي الأولي. * (لكن هذه الطريقة محدودة فقط سنستخدم $M=0.5$) *

Example A footing with 2*4m dimentions with a distributed load $\Delta q_s = 200\ kN/m^2$ place at a depth 1m from the ground surface of 5m thickness clay layer with $E_u = 35\ MN/m^2$. under this layer there is 4m thick clay layer with $E = 45\ MN/m^2$. under it there is a hard stratum Compute the immediat settlment.



Solution:- * By Super position.



By Superposition

* S_i (immediat Settlwt) $= \overset{S_{i1}}{\text{Case 1}} + \overset{S_{i2}}{\text{Case 2}} - \overset{S_{i3}}{\text{Case 3}}$ *

D/B = 0.5
L/B = 2
M_0 = 0.9
} From Fig 5.3

Case 1 H/B = 4/2 = 2 ; L/B = 2 $\longrightarrow$ M_1 = 0.7 from fig 5.3

$$\therefore S_{i1} = 0.9 * 0.7 * \frac{200 * 2}{35000} * 1000 = 7.2 \text{ mm}$$

Case 2 H/B = 4 , L/B = 2 $\longrightarrow$ M_1 = 0.85 from fig 5.3

$$\therefore S_{i2} = 0.9 * 0.85 * \frac{200 * 2}{45000} * 1000 = 6.8 \text{ mm}$$

Case 3 H/B = 2 ; L/B = 2 $\longrightarrow$ M_1 = 0.70

$$\therefore S_{i3} = 0.9 * 0.7 * \frac{200 * 2}{45000} * 1000 = 5.6 \text{ mm}$$

$$\therefore S_i = 7.2 + 6.8 - 5.6$$

$$= 8.4 \text{ mm}$$

$\therefore$ total immediate Settlwt for 2 layer Soil.

Consolidation Settlement هبوط الانضمام

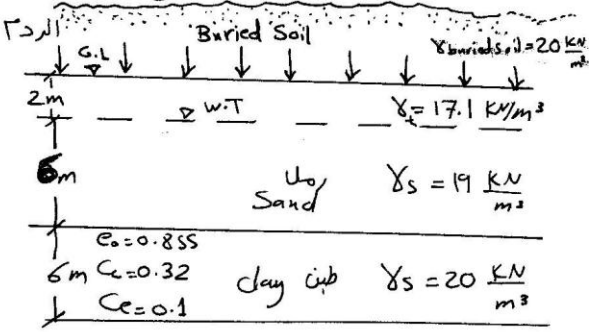
- الانضمام :- هو عملية خروج الماء الزائد من التربة المشبعة بالماء ونتيجة وجود حمل فوقها
- يحدث الانضمام في التربة الطينية فقط (مثل خروج الماء من الاسفنج المشبع بعد الضغط)
- هناك ثلاث انواع من التربة الطينية التي يحدث بها الانضمام

- normally Consolidated clay.	طين طبيعي الانضمام
- overconsolidated clay	الطين المفرط الانضمام
- underconsolidated clay.	الطين الناقص الانضمام

للتعرف على ابرز المعادلات اللازمة لحساب الهبوط نتيجة الانضمام
وفيما إذا كانت التربة أي من الانواع التي ورد ذكرها نأخذ المثال التالي.

Example :-

A soil profile shown in the figure. include 8 m of sand, 6 m of clay with 2m depth of water table. if a large area was baried with 3m height and with 20 kN/m³ relative density



- Compute the Consolidation Settlment for the given Cases :-

A) if the over Consolidation Pressure in the middle of clay layer

$\bar{\sigma}_p = 120\ KN/m^2$

B) if the over consolidation pressure

$\bar{\sigma}_p = 200\ KN/m^2$

c) if the over consolid. press.

$\bar{\sigma}_p = 160\ KN/m^2$

d) if the over consolid. Press.

$\bar{\sigma}_p = 100\ KN/m^2$