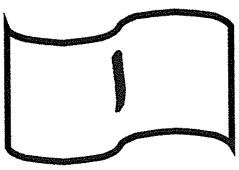
engineer22.com

HIGHWAY ENGINEERING

STRUCTURAL DESIGN



* Areas of Highway Engineering *

Planning of streets and highways

- Selection of Routes
- Road Capacity
- In Cooperation with Urban planning and traffic engineering

Geometric design of Road facilities

- design of vertical and horizontal alignment of the Highway
- Show plans for horizontal alignment and sections Shoulders
- Profiles show vertical alignment
- Cross sections

Structural design of Road facilities

- Soil classification
- Compaction
- Evaluation of soil strength
- Design → flexible pavement
  → Rigid pavement
- Bituminous materials

Safety

Maintenance of road facilities

التصميم الإنشائي للطرق
Structural Design

[*] AASHTO Classification

هو اصفات الـ آشتو هي المواصفات الأمريكية لتصميم الطرق

American Association of state Highway and Transportation officials

يعتمد تصنيف التربة بهذه الطريقة على تجربتين:

① التحليل المنخلي Sieve Analysis

② حدود قوام التربة (حدود أتربرج)

- Atterberg limits
or =
- Consistency limits

وهي

* Liquid limit → (L.L)
* Plastic limit → (P.L)
* Plasticity Index → (P.I)

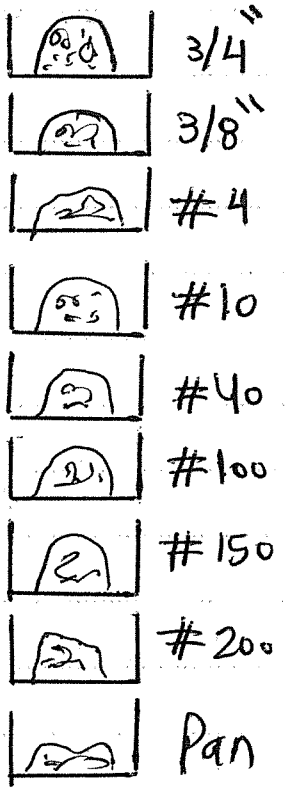
يتم عمل التجربتين

الأولى:- التحليل المنخلي الهدف منها معرفة

مقاس حبيبات التربة ومنها يتم تحديد نسبة

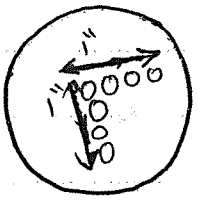
المار من كل منخل حيث يتم نخل التربة على مجموعه

من المناخل مرتبة من الأكبر فتحه إلى الأقل

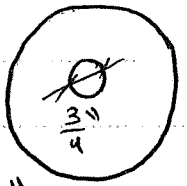


منخل $(\frac{3}{4}")$ معناه ان قطر الفتحه الواحد في المنخل هو $\frac{3}{4}"$ بوصه

منخل (4)# ← (منخل رقم ٤)
معناه ان عدد الفتحات في البوصه الواحد ٤ فتحات



منخل #4



منخل $\frac{3}{4}"$

وبعد وضع العينه على المناخل يتم هزها ونحصل

على نسبة المار من كل منخل

ثانياً :- حدود قوام التربة

Liquid limit (L.L)

Plastic limit (P.L)

$$PI = L.L - PL$$

حيث P.I ← Plasticity Index

طريقة التصنيف لا يستخدم فيها إلا ال (LL)

وال (PI) ولا يستخدم ال (PL) الا في حساب ال

$$PI = LL - PL$$

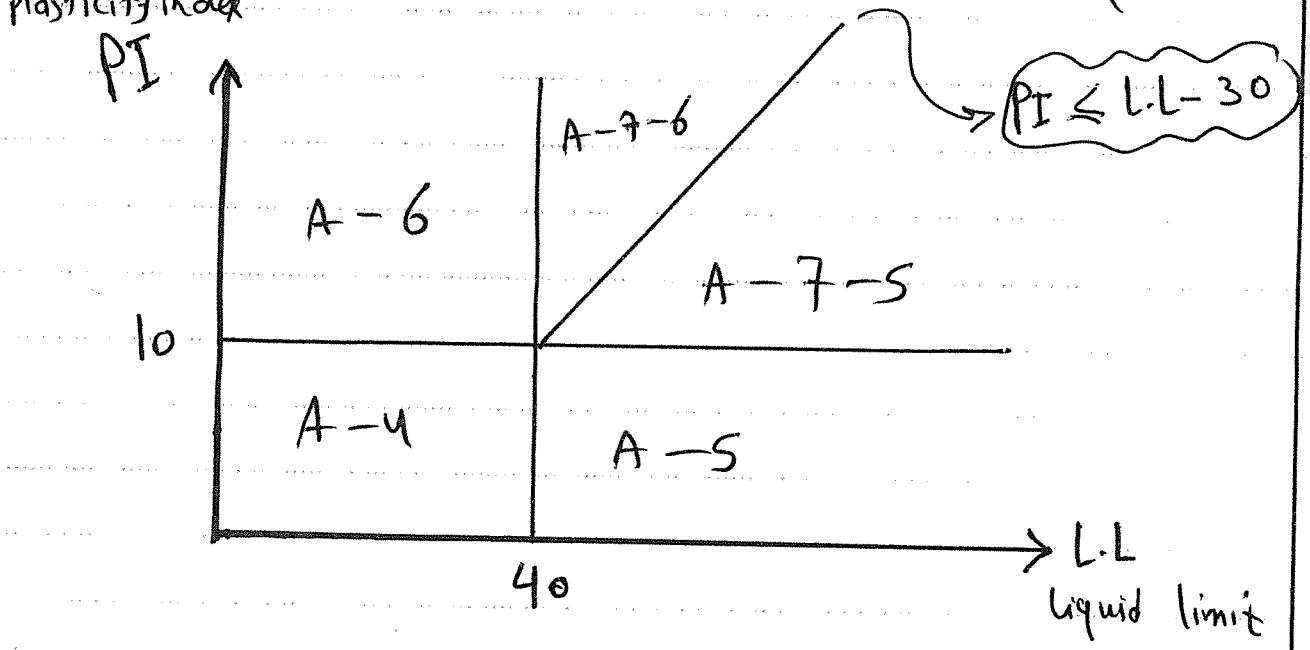
ولتصنيف التربة لابد إجراء هذه الخطوات :

نشوف نسبة المار من منخل رقم 200
% Passing Sieve # 200

لو أكبر	لو أقل
> 35 %	≤ 35 %
تبقى التربة ناعمه Fine grained Soil	تبقى التربة خشنه Coarse grained Soil
يتم تصنيفها بـ Chart محفوظ	يتم تصنيفها بـ table موجود في الـ Data Sheet
• والتربة الناعمه إما انه تكون	• والتربة الخشنه إما انه تكون
→ A-4	→ A-1-a
→ A-5	→ A-1-b
→ A-6	→ A-3
→ A-7 ودي تقسم الى نوعين فرعيين • A-7-5 • A-7-6	→ A-2 وهي خليط بين تربة ناعمه وخشنه وتقسم تقسيم فرعي إلى * A-2-4 * A-2-5 * A-2-6 * A-2-7

* لو كانت التربة ناعمة
Fine Grained Soil

يتم تصنيفها بـ Chart موجود



(PI) → Plasticity Index = (L.L − P.L) حفظ

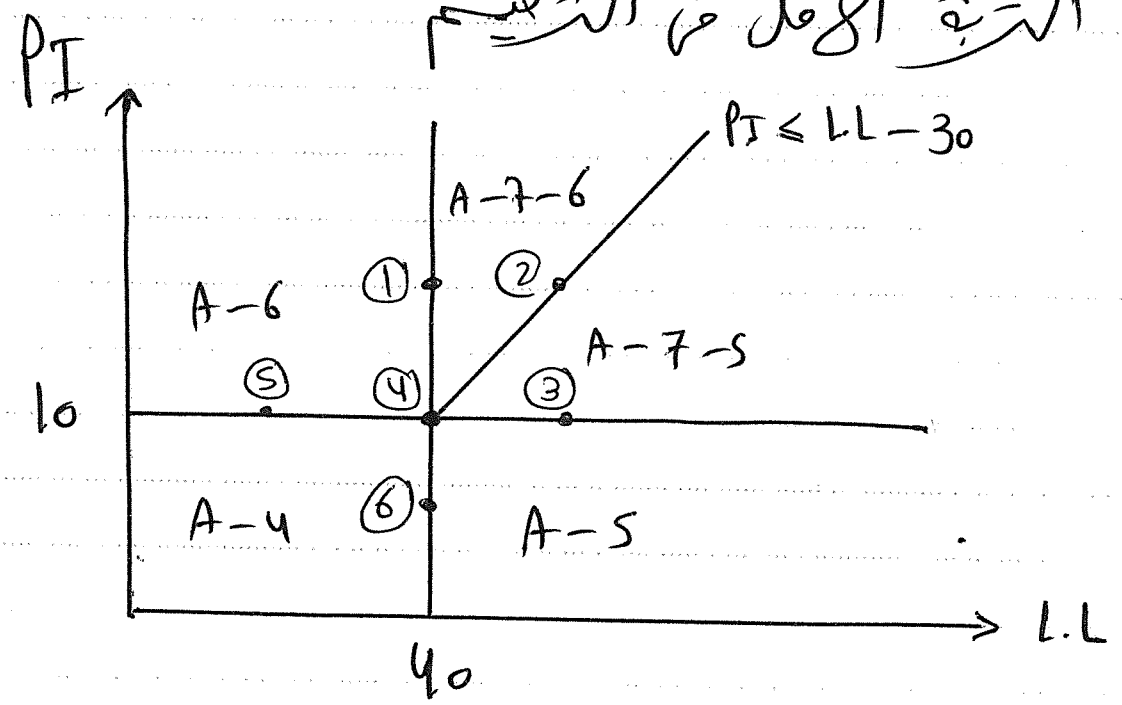
- يتم الدخول في هذا الـ Chart بدلالة (L.L) و (PI) وشوف تصنيف التربة
- إذا وقعت في خانة الـ A-7

← تكون A-7-5 إذا كان $PI \leq L.L-30$

← تكون A-7-6 " " $PI > L.L-30$

ملاحظة هامة

* وإذا وقعت نقطة على خط من الخطوط فإننا نختار الرتبة الأقل من التقسيم



① ⟶ A-6

② ⟶ A-7-5

③ ⟶ A-5

④ ، ⑤ ، ⑥ ⟶ A-4

◎ لو كانت التربة خشنة
Coarse Grained Soil

يتم تصنيفها بجدول موجود في الـ Data Sheet

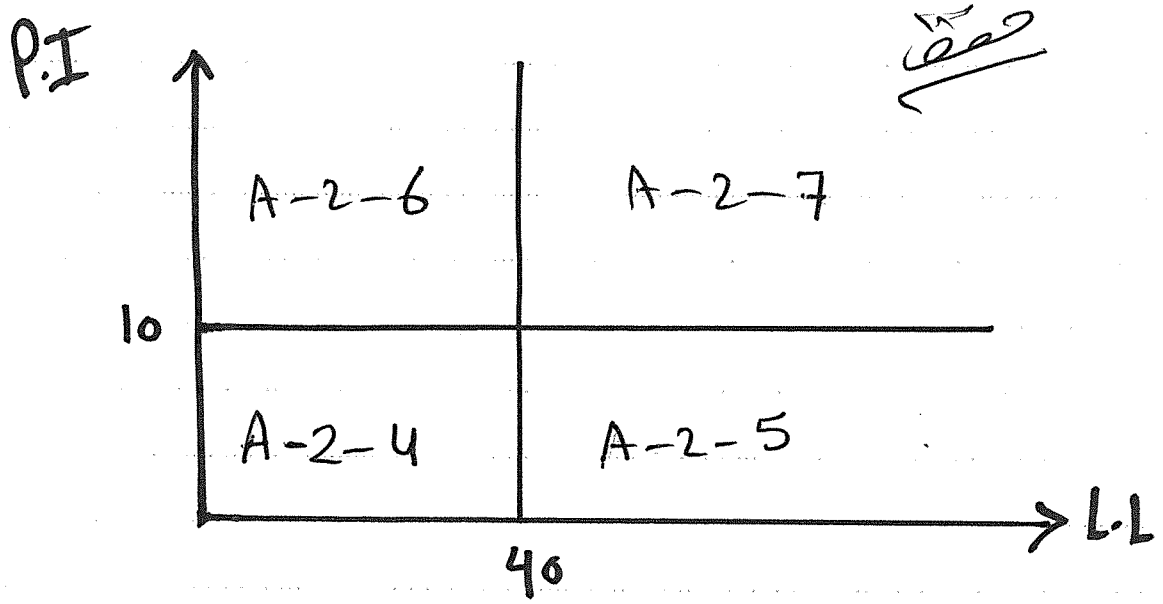
	A-1			
Sieve No.	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2
#10	50 max			
#40	30 max	50 max	51 min	
#200	15 max	25 max	10 max	35 max

خطوات التصنيف

- يتم البحث في الجدول إبتداءً من النوع A-1-a والتحقق من الـ (3) شروط الخاصة بها فإذا تحققت مجتمعة فإنه التربة تكون A-1-a
- لو واحد من الشروط متحققش للتربة يتم إستكمال البحث في الجدول والتحقق من الشروط الخاصة بـ A-1-b إذا تحقق الشرطين OK تكون التربة A-1-b
إذا لم تتحقق يتم البحث والتحقق من شروط A-3
إذا تحقق تكون التربة A-3
وإذا لم تتحقق تكون التربة A-2

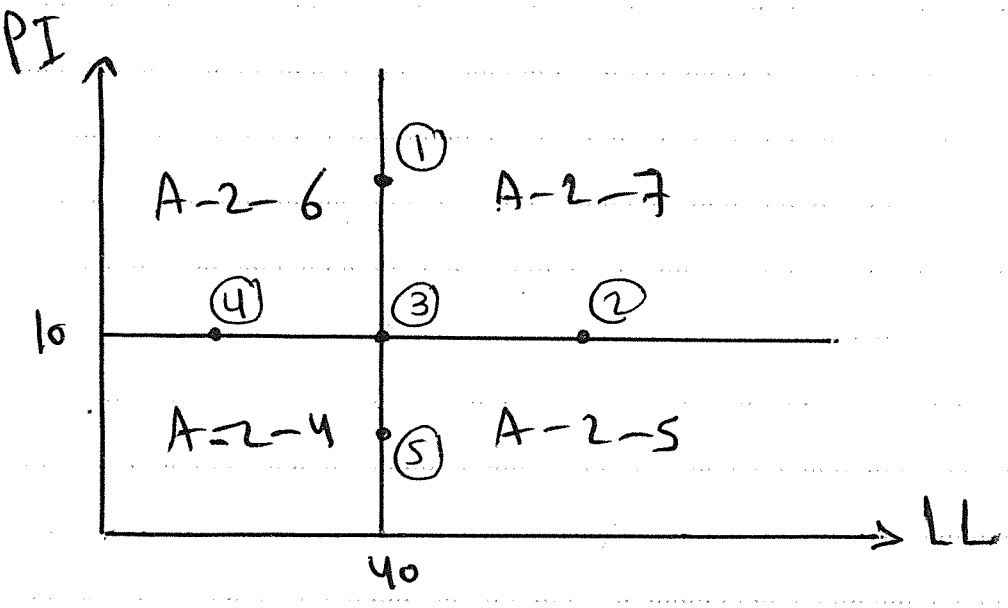
↓

وعندها يجب تصنيفها تصنيف فرعي آخر باستخدام Chart محفوظ



ملحوظة هامة

* في حالة وقوع النقطة على أي خط من الخطوط يتم اختيار الرتبة الأقل في الترقيم



① ⟶ A-2-6

③ ، ④ ، ⑤ ⟶ A-2-4

② ⟶ A-2-5

% of passing	A-1		A-3	A-2
	A-1-a	A-1-b		
Sieve No. 10	50 max.			
Sieve No. 40	30 max.	50 max.	51 min.	
Sieve No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.

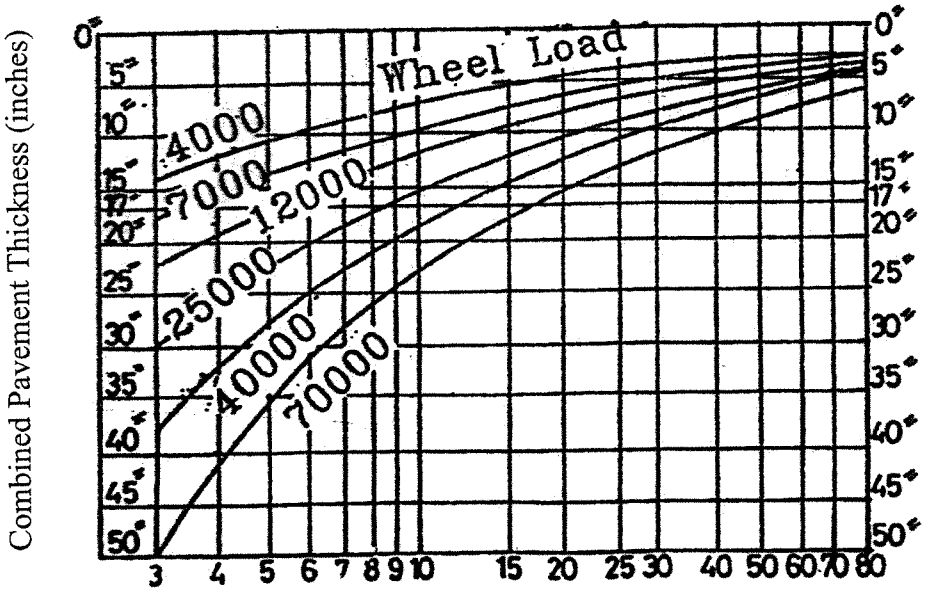
Group Index (GI):

$$GI = 0.2\,a + 0.005\,a\,c + 0.01\,b\,d$$

Where:

a = % Passing sieve no. 200 – 35% (0-40)
b = % Passing sieve no. 200 – 15% (0-40)
c = Liquid Limit – 40 (0-20)
c = Plasticity Index – 10 (0-20)

Design of flexible pavement – C.B.R. method



---Group Index (GI)----
معامل المجموعة

• هو رقم يتم وضعه بين قوسين بعد تصنيف التربة ويعبر عن قوة التربة كتربة تأسيس

يعني ايه • مثلاً لو اخدت تربة وعملتلها تصنيف وطلعت (A-3) واخدت تربة اخرى وعملت ليها تصنيف وطلعت ايضاً (A-3) ايهم اقوى من الأخرى ؟؟

• مثال آخر : لو كان عندي 3 طلاب الأول امتياز والثاني امتياز والثالث امتياز كيف نفرق ؟؟

هنفرق بالنسبه أو الدرجات

فطلاق واحد جايب ٩٠٪ والتاني مثلاً ٨٧٪ وهكذا

Data sheet

$$GI = 0.2\,a + 0.005\,ac + 0.01\,bd$$

يتم تقريبه لأقرب رقم صحيح

(حيث)

a = % Pass #200 − 35 = ✓ [0 (min) → 40 (max)]

b = % Pass #200 − 15 = ✓ [0 → 40]

c = L.L − 40 = ✓ [0 → 20]

d = PI − 10 = ✓ [0 → 20]

و بعد هذا يتم اعطاء التربه تقدير حسب الـ

Group Index

GI = 0 ⇝ Soil is Excellent as subgrade

GI = 1 ⇝ Soil is Good as subgrade

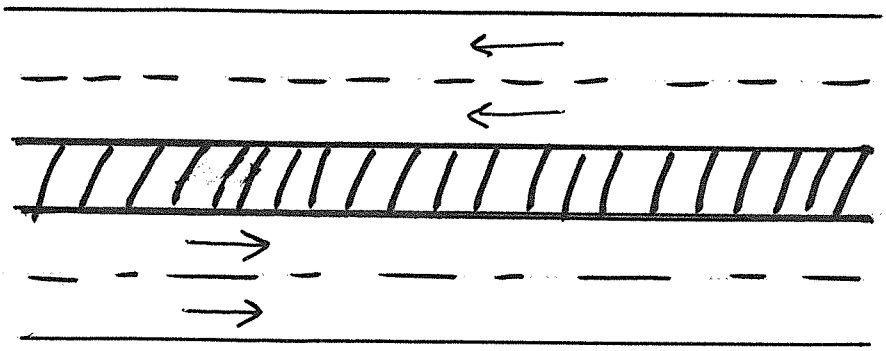
GI = (2 → 4) ⇝ Soil is Fair as subgrade

GI = (5 → 9) ⇝ Soil is Poor as subgrade

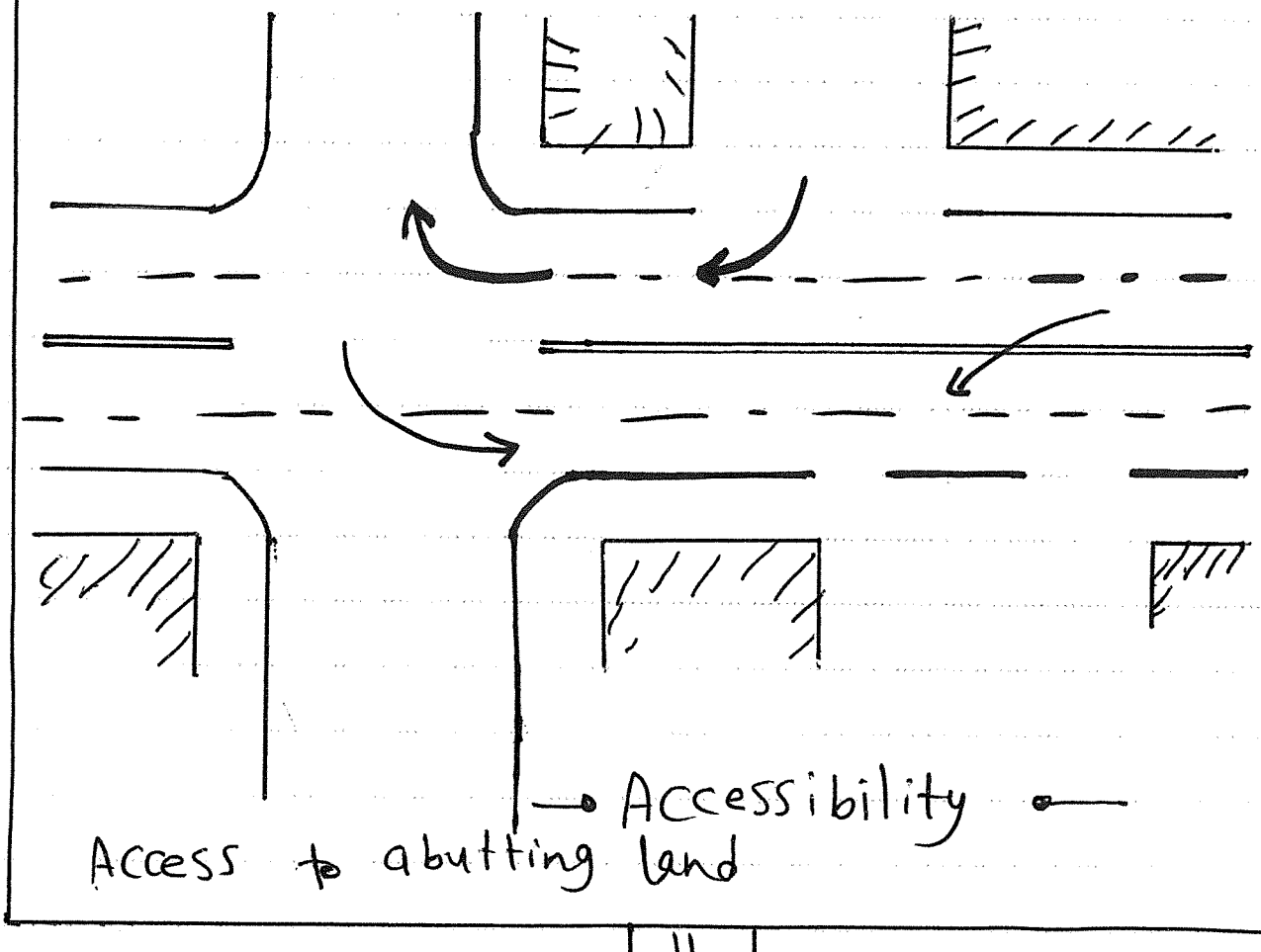
GI = (10 → 20) ⇝ Soil is very Poor as subgrade

* ما الفرق بين :

Mobility & Accessibility



Mobility
movement of persons and goods



Accessibility
Access to abutting land

Types of Soil

محاضرة 2

Clay → < 0.002 mm

Silt → 0.002 → 0.06 mm

Sand → 0.06 mm → 2mm

Gravel → 2 mm → 60 mm

Cobbles → > 60 mm

Boulders → > 100 mm

Atterberg Limits حدود اتربرج لاحظ

Liquid State

--→ Liquid Limit (LL)

Plastic State

--→ Plastic limit (PL)

Semi solid State

--→ Shrinkage limit (SL)

Solid State

• AASHTO Advantages & disadvantages

- هي طريقة سهلة ومباشرة لتصنيف التربة
- وتعتمد على عدد قليل من التجارب
- يتم تحديد مدى جودة التربة عن طريق الـ Group Index

ولكنها

- التصنيف غير واضح حيث يتم تصنيف التربة بحروف وارقام
- لا تتعرض لبعض من الخواص الأساسية للتربة مثل مقاومة القص و الانضغاط ...
- العينات التي يتم اختيارها من عينات مقطعات وهذا لا يعكس ظروف الموقع الفعلية.

محاضرة

مسألة المحاضرة

- Classify the following soil according to AASHTO classification

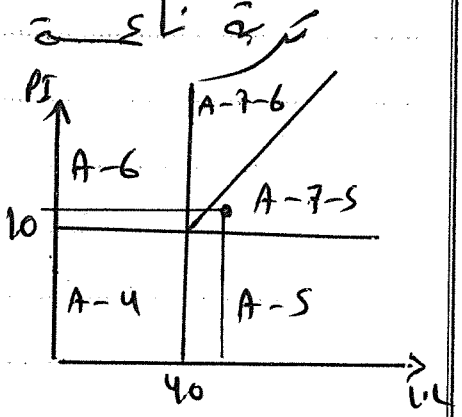
Soil	Sieve analysis (% passing)					atterberg Limits	
	3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	PL
% Pass	100	99	95	82	58	48	36

Sol

Passing #200 = (58) > 35 % → Fine grained soil

L.L = (48)

PI = 48 − 36 = (12)



Soil is (A−7)

L.L−30 = 48−30 = 18

PI = (12) < L.L−30 ✓✓

then Soil is A−7−5

Group Index GI = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd

a = % #200 − 35 = 58−35 = (23) ✓ (0→40) or

b = % #200 − 15 = 58−15 = ~~43~~ (40) (0→40)

c = LL − 40 = 48−40 = (8) ← (0→20)

d = PI − 10 = 12−10 = (2) ← (0→20)

GI = 0.2 * 23 + 0.005 * 23 * 8 + 0.01 * 40 * 2 = ~~6.32~~

∴ Soil is

A−7−5 (6) Poor as a subgrade (6)

Classify the soil Using AASHTO and find GI

Sieve No	#4	#10	#40	#100	#150	#200	L.L	PL
% passing	100	94	70	42	38	31	41	36

الحل % Pass #200 = 31 % < 35 %.

نربة فسفنة

Data sheet حسب ما ورد

% Pass #10 = 94 %.

% Pass #40 = 70 %.

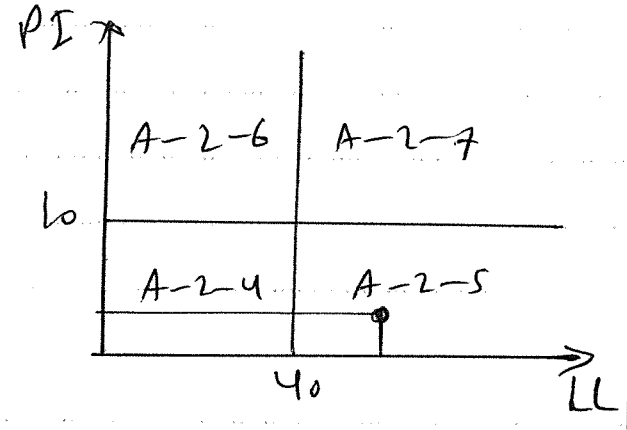
% Pass #200 = 31 %.

A-1-a مرفوضة — للتأكد

A-1-b ×

A-3 مرفوضة

(A-2) ✓✓ لعا تصنيف مركب



PI = 41 − 36 = 5

Soil is A-2-5

(GI)

$a = {}^{\#200}31 - 35 = (-4)\times \rightarrow (0)$

$b = {}^{\#200}31 - 15 = (16)$ ✓

$c = L.L - 40 = 41 - 40 = (1)$

$d = PI - 10 = 5 - 10 = (-5)\times = (0)$

$GI = 0.2 * 0 + 0.005 * 0 * 1 + 0.01 * 16 * 0$

$= 0$

Soil is A-2-5 (0) Excellent as Subgrade

Classify the following Soil with AASHTO then find (GI)

Sieve #	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#100	#150	#200	LL	PL
Pass %	100	73	60	50	21	10	9	8	—	—

Pass #200 = (8) % < 35 % نربة نسبة

Data Sheet

* Pass #10 = 50 %
* Pass #40 = 21 %
* Pass #200 = 8 %

A-1-a ✓ A-1 الحل

(GI)

a = #200 − 35 = 8 − 35 = -27 = (0) ✓ ×
b = #200 − 15 = 8 − 15 = -7 = (0) ✓
c = LL − 40 = 0 − 40 = (0)
d = PI − 10 = (0-0) − 0 = (0)

GI = 0.2 * 0 + 0.005 * 0 * 0 + 0.001 * 0 * 0
= 0

Soil is
A-1-a (0) Excellent as a subgrade

PL هذه الحالة LL و أكبر من اذا

(NP) أو (-) تعني رمز

* * Home work * *

Classify the follwig Soils according to AASHTO and find GI

	#3/4"	#3/8"	#4	#10	#40	#200	LL	PL
% Pass	100	90	80	67	54	47	37	22

	3/8"	#4	#10	#40	#100	#200	LL	PL
% Pass	99	80	77	45	35	20	NP	NP

Alexandria University
Faculty of Engineering
Civil Engineering Department
January 2017
Highway Engineering CE454
Fourth Year Civil Engineering
Time Allowed: 3 hours

جامعة الإسكندرية
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية
يناير ٢٠١٧
هندسة الطرق CE454
السنة : رابعة مدني
مدة الامتحان: ٣ ساعات

Students Are Allowed to Use Design Tables and Charts
Assume Any Missing Data
Maximum Grade is 105

Question 4: (25 Marks)

a) Difference between the Grader and Finisher equipment used in roads construction

b) You are requested to classify the following soils using the AASHTO soil classification method. Choose the best-suited roller to compact each of them and the compactive effort for each roller

Soil	No 4	No 10	No 40	No 100	No 200	LL	PL
Soil (A)	100	94	70	42	32	42	30
Soil (B)	100	80	62	40	7	NP	NP

c) A special truck has 4 single axles carrying equal axle loads. The load of each axle is 20,000 lb. Determine the total equivalent damage caused by this truck in terms of ESALs (Truck Factor). If a 2-lane road is used by the special trucks only for transportation to and from a factory. What should be the design traffic (total ESALs) assuming the following:

- The expected traffic is 350 trucks each day.
- Design life is 20 years
- Traffic is expected to remain constant over the years with no increase
- Directional Distribution factor is 65%

d) It is required to design a flexible pavement structure using the AASHTO pavement design method assuming the following information:

- CBR for subgrade material = 5%
- Subbase MR = 15000 psi
- Aggregate base MR = 35000 psi
- Design ESALs over the pavement life = 7,000,000 ESAL

Question 5: (25 Marks)

a) Explain by using sketches the function of different joints and reinforcements in rigid pavement.

b) Discuss why rigid pavements pump whereas very few flexible pavements do so. Discuss the mechanics of formation of pumping and the methods that are effective in preventing pumping of rigid pavements.

c) A rigid pavement cross section is 10 inches thickness and dimensions 12 ft. by 40 ft. If wheel load is 10000 lbs.

1) What would be the minimum modulus of rupture to be specified for concrete slab (protected corner).
2) Determine the required area of distributed steel reinforcement and tie bar steel for the following conditions
   - Wt. of concrete = 150 Lbs. /cu. ft.
   - Coefficient of friction = 1.5
   - Allowable tensile stress in steel = 22000 psi.

Good Luck ,,,,,,,,,,