CAIRO UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
PUBLIC WORKS DEPARTMENT

Structural Design of Highways
(Part II-A)
Asphalt Pavement Materials

Handout (4) : Aggregates

Lecturer: Dr. Gamal S. Darwish

3- Aggregates

3-1 Aggregate Sources and Types
3-2 Desirable Properties of Aggregates
3-3 Gradation Requirements & Aggregate Blending
3-4 Bases and Subbases

Aggregates:

- It is a key component of highway pavement from the W.S to the Subgrade.

- Portland cement concrete: 60 to 75% volume and 79 to 85% weight
- Asphalt concrete: 80% volume and 92 to 96% weight
- Base courses

- Many sources, many types, diverse properties.
- Improper aggregate selection and use = Pavement failure.

So, it's important to study the properties of aggregates

3-1 Aggregate Sources and Types:

Aggregate

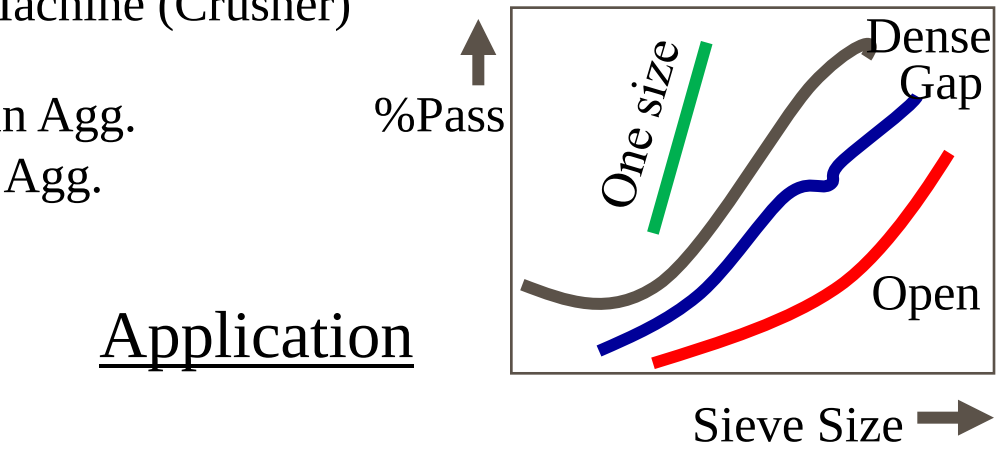
Natural Aggregate

Pit.
(Non-Processed Agg.)
-Gravel
-Sand

Quarry
(Processed Agg.)
↘
Crushing Machine (Crusher)
↘
Crusher Run Agg.
or Crushed Agg.

Manufactured
(Artificial)Aggregate

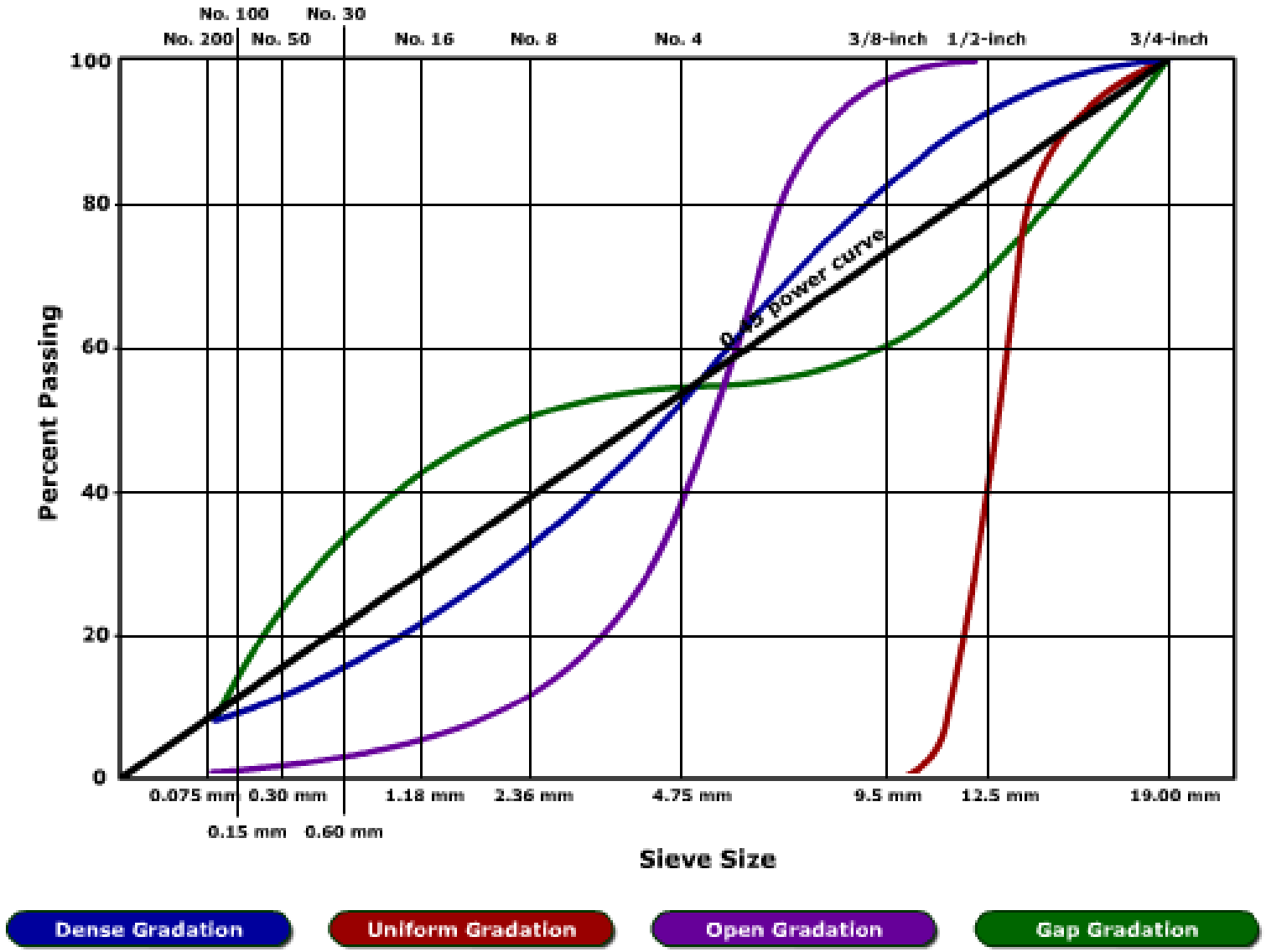
- Steel Slag
- Blast furnace Slag
- Electric furnace slag



Aggregate Gradation

Application

1- Dense (well) graded agg. (Surface layer mixes)
2- Open graded Agg. (Binder layer or surface drainage mixes)
3- Gap graded Agg. (Mixes with rich asphalt cement)
4- one-size Agg. (Macadam or surface treatment)


No. 100
No. 30
No. 200
No. 50
No. 16
No. 8
No. 4
3/8-inch
1/2-inch
3/4-inch
100
80
60
40
20
0
Percent Passing
0.45 power curve
0.075 mm
0.30 mm
1.18 mm
2.36 mm
4.75 mm
9.5 mm
12.5 mm
19.00 mm
0.15 mm
0.60 mm
Sieve Size
Dense Gradation
Uniform Gradation
Open Gradation
Gap Gradation

gradations

3-1 Aggregate Sources and Types:

1) Natural :

- Excavation → removal of overburden → quarrying (digging, cutting, blasting)
- Sand, Gravel, rocks :
- Non- processed sand & Gravel
- Processed: Granite, Basalt, Limestone, Dolomite, …etc.

- Processing:

Quarrying (digging, cutting, blasting) → crushing → sieving & dirt removing → stock piling → use in construction

2) Manufactured (artificial) : blast furnace slag (light weight agg.)

3-2 Desirable Properties of Aggregates

1- Cleanliness:

Free from organic materials, Clay dust or any foreign substances.

2- Toughness:

Resistance to abrasive wear during processing, placing, and compaction.

3- Soundness:

Durability measures, resistance to weather action.

4- Particle shape:

Minimum flat and elongated particles

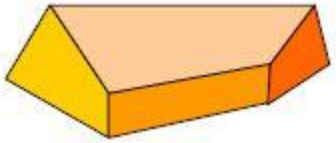
5- Surface texture:

Rough surface texture provides better friction between particles.

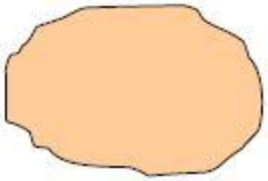
6- Absorption:

more absorption would improve adhesion between agg. And asphalt.

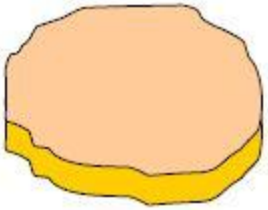
Particle Shape



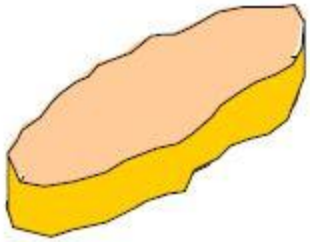
(a) Angular



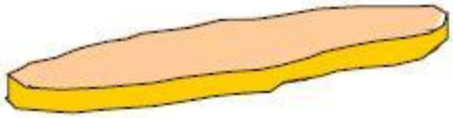
(b) Rounded



(c) Flaky



(d) Elongated



(e) Flaky and elongated

Laboratory Tests for Aggregate Properties

Agg. Property	Test Used
Cleanliness	Washed sieve size Analysis or sand-equivalent test.
Toughness	Loss Angles Abrasion Test.
Soundness	Magnesium Sulphate Test (Soaking-Drying cycles)
Particle shape	% Flat and Elongated particles.
Absorption	Absorption test.
Affinity for Asphalt	Marshal relative Stability Test.
Specific Gravity	Specific gravity test
Strength	California Bearing Ration (CBR) test

Desirable Properties of Aggregates

a) Affecting strength (Load):

1- Strength & Toughness :

- Resist loads (construction or traffic) without breakdown or degradation
- Open-graded tend to break easily

Tests :

- Crushing resistance ⟶ Los Angeles Test (metal drum, 12 steel balls, rotate 500 times @ 32 rpm, impact, % pass # 12 = LA abrasion)
- Load carrying ⟶ CBR Penetration test. (California bearing Ratio)

b) Affecting Durability (Weathering):

1- Hydrophobic character:

- Hydrophilic (water loving) agg. ⟶ Bit. Displaced by water ⟶ stripping
- Hydrophobic (water hating) agg. ⟶ Good adhesion between agg & Bit.

Tests : Immersion compression test (asphalt mix)

dry sample (store in air) ⟶ compression

soak in water ⟶ compression. Reduction in strength

2- Soundness : Disintegration under the effect of weathering (water, freez)

Test: Crumbling under soaking / overdrying cycles.

LA Abrasion (ASTM C131)

- Step 1: prepare specific agg gradation

Passing	Retained	A	B	C	D
37.5 mm	25.0 mm	1,250	---	---	---
25.0 mm	19.0 mm	1,250	---	---	---
19.0 mm	12.5 mm	1,250	2,500	---	---
12.5 mm	9.5 mm	1,200	2,500	---	---
9.5 mm	6.3 mm	---	---	2,500	--
6.3 mm	4.75 mm	---	---	2,500	---
4.75 mm	2.36 mm	---	---	---	5,000
No. Steel Balls		12	11	8	6

LA Abrasion

- Step 2: Rotate for 500 revolutions at 30 to 33 rpm's

LA Abrasion (ASTM C131)

- Step 3. Empty cylinder, remove balls, and make preliminary separation of agg on 1.70 mm (No. 12) sieve

LA Abrasion (ASTM C131)

- Step 4: Wash material retained on No. 12 sieve, dry to constant weight, and determine dry (cooled) mass

- $$\% \text{ Loss} = \frac{(\text{original wt} - \text{final wt})}{\text{original wt}} \times 100$$

2- Particle shape : - Mechanical Resistance to displacement vie interlocking
- Angular shapes are better than elongated or thin shapes.

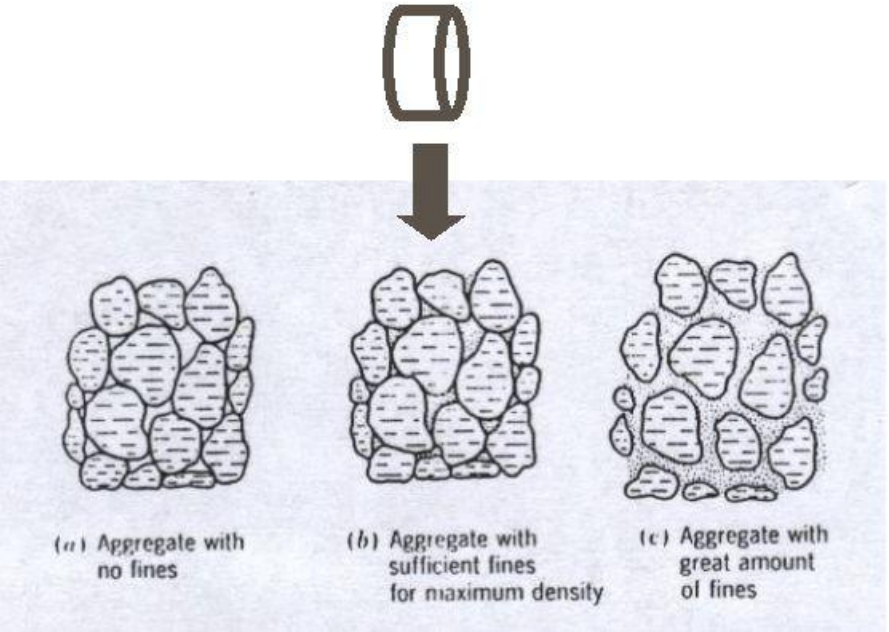
3- Surface texture : Rough texture resists skidding and gives good friction

4- Porosity: - low porosity is needed for better adhesion with bitumen
- No or high porosity is not good

Tests : % water absorption using immersion test.

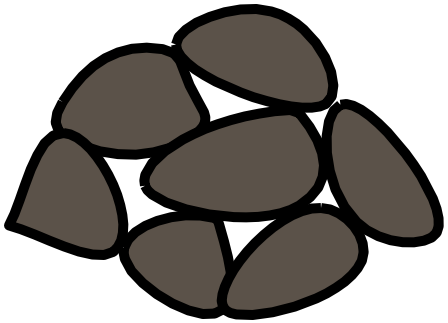
3-3 Gradation Requirements & Aggregate Blending

- Dense-graded
- Open-graded
- One-sized

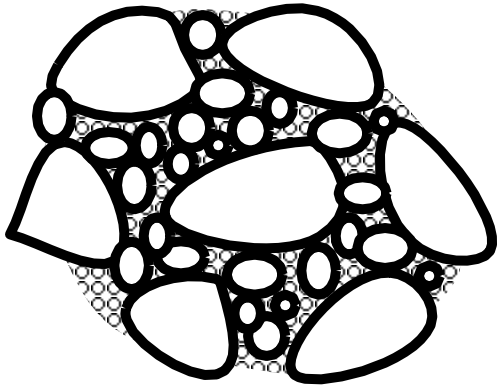


Aggregare Gradation Type	Application
1- Dense (well) graded agg.	(Surface layer mixes)
2- Open graded Agg.	(Binder layer or surface drainage mixes)
3- Gap graded Agg.	(Mixes with rich asphalt cement)
4- one-size Agg.	(Macadam or surface treatment)

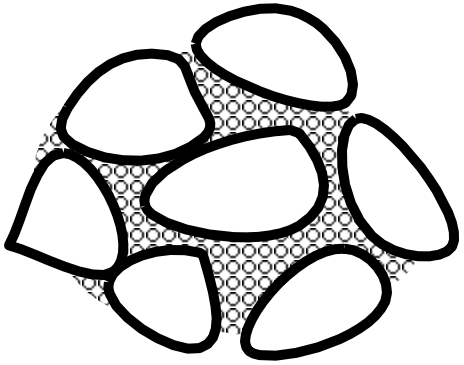
Types of Gradations



- **Uniformly graded**
  - Few points of contact
  - Poor interlock (shape dependent)
  - High permeability



- **Well graded**
  - Good interlock
  - Low permeability



- **Gap graded**
  - Only limited sizes
  - Good interlock
  - Low permeability

Base and Subbase Materials

3-4 Base and Subbase Materials

Base Layer : **is granular material treated or untreated.**

Treated : **Stabilized or cemented with lime, Portland cement, asphalt cement,…….etc.**

Untreated: **Only aggregate (without additives).**

Both base and subbase materials are characterized by:

a) Soil Classification methods.

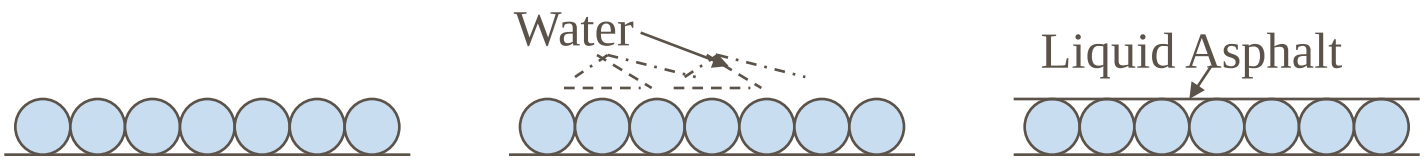
b) Aggregate Evaluation Tests (LOA, Soundness, ….etc).

c) California Bearing Ratio (CBR).

d) Plate Bearing Test.

Types of Base Course

- Untreated Base Courses
  - Granular Base Courses
    The most common type
    (Pure agg. with gradation requirements)
  - Macadam Base Courses
    (one size agg.)
    - Dry-Bound Macadam
    - Water-Bound Macadam
    - Penetration Macadam
- treated Base Courses
  - Cement treated bases
  - Asphalt treated Bases
  - Chemical treated bases



(Dust interlock and Friction) (Friction + Cementation) (Cementation)

Crushed Rock multi-layers
Los Angles Abrasion ≯ 50%

Requirements for Granular Sub-Base Layer :

- **Gradation Requirements**
- **L.L. ≯ 30 %**
- **P.I. ≯ 8 %**
- **CBR ≮ 25 % for access & local Roads and ≮ 40% for main Roads with no Swelling**
- **Crumbling for coarse aggregates (retained on sieve # 4) ≯ 10 %**
- **Absorption ≯ 10 %**
- **No organic materials or other dirts.**

Requirements for Granular Base Course :

- **Gradation Requirements**
- **LOA ≯ 50 % (after 500 cycle).**
- **L.L. ≯ 25 %**
- **P.I. ≯ 6 %**
- **CBR ≮ 60 % for access & local Roads and ≮ 80% for main Roads with no Swelling**
- **Crumbling for coarse aggregates (retained on sieve # 4) ≯ 5 %**
- **Absorption ≯ 10 %**

٣-٢ اشتراطات اعمال انشاء طبقات الأساس المساعد والأساس

٣-٢-١ طبقات الأساس المساعد:

تنفذ طبقة الأساس المساعد من مواد حصوية متدرجة مخلوط بها المواد الرابطة اللازمة بحيث تشكل هذه المواد كلها بعد خلطها جيداً وفرشها على سطح الطريق السابق اعداده واضافة المياة اللازمة اليها ودمكها كطبقة متجانسة متماسكة حسب الاشتراطات والمواصفات وطبقا للميول والقطاعات الطولية والعرضية المبينة بالرسومات المرفقة بدفتر الشروط الخصوصية.

٣-٢-١-١- المواد:

- تتكون المواد من حصى غليظ ورفيع والمواد الرابطة اللازمة لملء الفراغات والتى تكون فى مجموعها خليطاً متدرجاً متجانساً ومطابقاً للمواصفات.
- يجب ألا يزيد أقصى حجم عن ٣ بوصة وبحيث لايتعدى ٣/٢ سمك الطبقه بعد دمكها وفى حالة وجود أحجار يزيد حجمها عن اقصى حجم فيلزم استبعادها فى مصادرها قبل التوريد الى الموقع او بفصلها بالهز او إعادة تكسيرها الى الأحجام المطلوبة.

٣-٢-١-٢ تدرج المواد:

يجب أن يتفق تدرج المواد الموردة لإنشاء الطبقة مع أحد التدرجات الاتية:-

حجم المنخل	النسبة المئوية للمار من المنخل		
	التدرج (أ)	التدرج (ب)	التدرج (ج)
٣ بوصة (٧٥ مم)	١٠٠		
٢,٥٠ بوصة (٦٢,٥٠ مم)	١٠٠ - ٩٠	١٠٠	
٢ بوصة (٥٠ مم)	٩٥ -٨٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠
١,٥٠ بوصة (٣٧,٥٠ مم)	٨٥-٦٥	٩٥-٨٠	١٠٠-٩٠
٠,٧٥ بوصة (١٩ مم)	٧٥-٥٥	٨٥-٦٥	٩٠-٧٠
رقم ٤ (٤,٧٥ مم)	٦٠-٣٠	٧٠-٣٥	٧٥-٤٠
رقم ٢٠٠ (٠,٠٧٥ مم)	صفر - ١٠	صفر - ١٥	صفر - ٢٠

٣-٢-١-٣ خصائص المواد:

- يمكن توريد المواد بما يتفق مع أكثر من تدرج واحد او طبقا لما ينص عليه دفتر الشروط الخاص بالمشروع على ان يتم انشاء مسافة طولية كاملة من كل تدرج على حده لايقل طولها عن واحد كم بعد أخذ موافقة المهندس المشرف.
- يجب الا يزيد نسبة المواد القابلة للتفتت فى الماء من المواد المحجوزة على المنخل رقم (٤) عن ١٠ (عشرة فى المائة) بالوزن ولايزيد نسبة الامتصاص عن (عشرة فى المائة)١٠.
- يجب الا يقل نسبة تحمل كاليفورنيا لعينة يتم دمكها طبقا للدمك المعدل (بروكتور) وغمرها فى الماء لمدة اربعة ايام عن ٤٠% للطرق الرئيسية والهامة و٢٥% للطرق الفرعية والمحلية مع خلوها من الانتفاخ طبقا للاختبار القياسى.
- يجب الا يزيد حد السيولة عن ٣٠% ومجال اللدونة عن ٨%.

٣-٢-٢-٢- خواص المواد

(أ) المواد المطلوبة لطبقة الأساس

تتكون المواد المطلوبة لطبقة الأساس من ناتج التكسير أو خليط منها تكون فى مجموعها مخلوطا متدرجا مطابقا للمواصفات.

(ب) يجب مراعاة الآتى فى إستخراج المواد من المحاجر:

- لايسمح بنقل المواد من المحاجر إلا بعد إعتماد المحجر من المهندس المشرف مع متابعه صلاحية المواد من المحجر بصفة دائمه.
- يقوم المقاول بكشف المحجر وذلك بتنظيف الموقع من الأشجار والحشائش والجذور وجميع المواد الضارة ثم كشف الطبقة العليا منه والمعرضة لعوامل التعرية والتى غالبا ماتحوى أتربة أو مواد عضوية أو مواد متفتتة أو ضارة وذلك بمسطح كاف يزيد عن المسطح المطلوب حفره لمنع إنهيار الأتربة وإختلاطها بمواد المحاجر بعد تشوينها.
- المقاول مسئول عن كيفية نقل المواد من مصادرها إلى موقع العمل.
- يجب أن تكون المواد المنقولة من المحاجر متجانسة ونظيفة وخالية من أى شوائب أو مواد غريبة مع مراعاه عدم فقدان أى مكون من مكوناتها أثناء النقل.
- يجب أن لاتقل نسبه تحمل كاليفورنيا بعد الغمر فى الماء عن ٨٠% وذلك بالنسبه للطرق الحره والرئيسيه ولاتقل عن ٦٠ % بالنسبه للطرق الفرعيه والثانويه والمحليه أوطبقا لما هو وارد فى الشروط والمواصفات الخاصه للمشروع.

(ج) المواد الغليظة:

- تتكون المواد المحجوزة على منخل رقم (١٠) من حصويات صلبة قوية سواء أكانت سليسية أو جيريه.
- نسبة الفاقد فى جهاز لوس أنجلوس لايزيد عن ٥٠ طبقا للإختبار القياسى.
- يجب ألا تزيد نسبه المواد القابلة للتفتت فى الماء من المواد الغليظة المحجوزة على منخل رقم ٤ عن ٥ %من وزنها.
- عند غمر عينة من الطبقة فى أقصى كثافة جافة طبقا للدمك المعدل ينبغى خلوها تماما من الإنتفاش الحر طبقا للإختبار القياسى.
- يجب ألا تزيد نسبة الإمتصاص بالمواء بعد ٢٤ ساعة عن ١٠% للمواد الغليظة.

(د) المواد الرفيعة: المارة من منخل رقم ١٠:

- تتكون من رمال طبيعية أو ناتج تكسير كسارات أو خليط منهما.
- يجب ألا يزيد الجزء المار من منخل رقم ٢٠٠ عن ثلثى الجزء المار من منخل رقم ٤٠.
- لدونة الجزء المار من منخل رقم ٤٠:
  - حد السيولة أقصى ٢٥%
  - مجال اللدونة أقصى ٦%

(هـ) يجب أن تكون جميع المواد خالية من المواد العضوية والتجمعات الطينية.

٣-٢-٢-٣- تدرج المواد:

تكون مواد طبقات الاساس متدرجة طبقاً لاحد التدرجات التالية:

حجم المنخل	النسبة المئوية للمار من المنخل		
	التدرج (أ)	التدرج (ب)	التدرج (جـ)
٥٠ ميليمترا (٢ بوصة)	١٠٠	—	—
٣٧,٥ ميليمترا (١,٥ بوصة)	١٠٠-٨٠	١٠٠	—
٢٥ ميليمترا (١ بوصة)	٨٥-٥٥	٩٥-٧٠	١٠٠
١٩ ميليمترا (٤/٣ بوصة)	٨٠-٥٠	٨٥-٥٥	١٠٠-٧٠
٤,٧٥ ميليمترا (رقم ٤)	٦٠-٣٠	٦٠-٣٠	٦٥-٣٥
٠,٤٢٥ ميليمترا (رقم ٤٠)	٢٥-١٠	٣٠ -١٠	٣٠-١٥
٠,٠٧٥ ميليمترا (رقم ٢٠٠)	١٠-٣	١٠-٣	١٥-٥