Manara University
Faculty of Engineering
Department of civil engineering

جامعة المنارة
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

مقرر مواد بناء

لطلاب الهندسة المدنية

مدرس المقرر

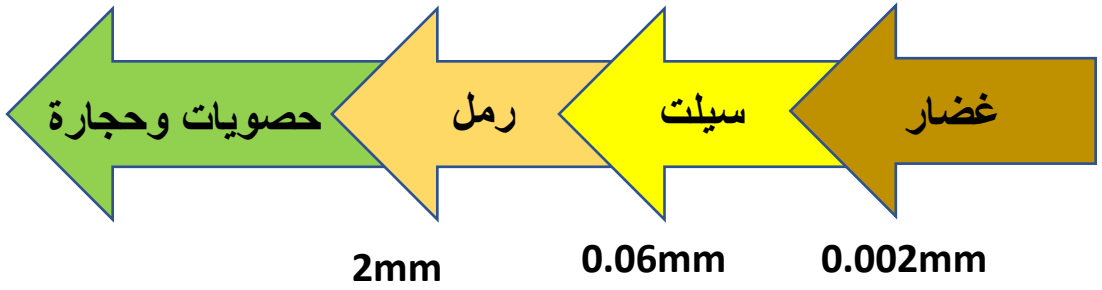
د.م. مهند سليم مهنا

الركام (Aggregates)

وجدنا في مقرر الجيولوجيا الهندسية أن:

يمكن تقسيم الرسوبيات حسب أبعاد حبيباتها إلى :

- **حصويات و حجارة (أكبر من 2 مم) وتقسم بدروها إلى مجموعات فرعية : جلاميد ، حجارة ، حصى ، حصى ناعمة**
- **رمال (من 0.06 – 2 مم) وتقسم بدروها إلى مجموعات فرعية: رمل خشن ، رمل متوسط ، رمل ناعم**
- **سيلت (طمي) (من 0.002 – 0.06 مم)**
- **غضار (أصغر من 0.002 مم)**



في علم مواد البناء يمكن تقسيم الركام الداخل في صناعة الخرسانة وغيرها إلى نوعين:

الركام الناعم: (رمل خشن، رمل متوسط، رمل ناعم).

الركام الخشن: (حصى خشن، حصى متوسطة وناعمة).

Coarse aggregate الركام الخشن	Size المقاس
Fine gravel (حصى ناعمة)	**4mm** – 8mm
Medium gravel (حصى متوسطة)	8mm – 16mm
Coarse gravel (حصى خشنة)	16mm – **64mm**
Cobbles (حجارة)	64mm – 256mm
Boulders (جلاميد)	>256mm

Fine aggregate الركام الناعم	Size Variation المقاس
Coarse Sand (رمل خشن)	**2.0mm** – 0.5mm
Medium Sand (رمل متوسط)	0.5mm – 0.25mm
Fine Sand (رمل ناعم)	0.25mm – **0.06mm**
Silt (سيلت)	0.06mm – 0.002mm
Clay (غضار)	**<0.002**

- يجب أن تكون حبيبات الركام صلبة وقوية ونظيفة، وذات تركيب حبي مناسب، وخالية من المواد الغريبة كأوراق الشجر أو نفايات الأخشاب أو قطع الجبس والمونة ...الخ. كما يجب أن تكون خالية تقريباً من المعلّقات الملتصقة والمواد الضارة، كالأتربة والأملاح والشوائب والمواد العضوية، التي تؤثر تأثيراً ضاراً على زمن الأخذ (الشك) أو زمن التصلب، أو على قوة الخرسانة أو على مدى تحملها مع الزمن، أو تضر بفولاذ التسليح.

كما يجب ألا تزيد نسبة المواد الناعمة، والمواد الأخرى، على القيم التي يحددها للخرسانة دفتر الشروط الخاص بالمشروع.

لا يجب أن تتجاوز كمية الطين والمواد الناعمة 7% من وزن الرمل أو 1% من وزن البحص وبشكل وسطي لاتتجاوز نسبة النواعم وسطياً في الركام 3% كحد أقصى.

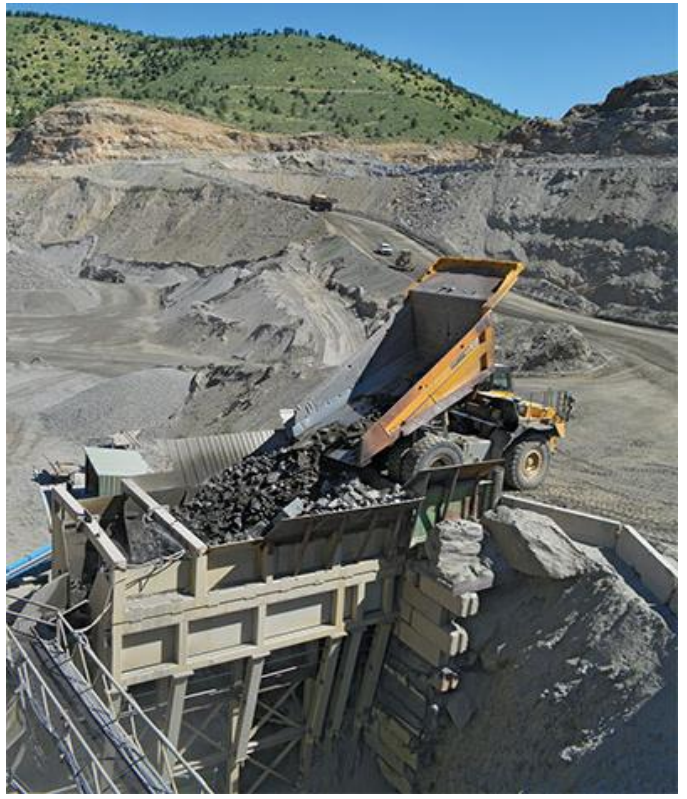
تحضير الركام

يتم إحضار الركام من مقالع الحجارة، تكون هذه المقالع على شكل طبقات صخرية تتخللها أحياناً طبقات رقيقة من الأتربة والصوان. تُفحص حجارة المقلع بداية لمعرفة مدى صلاحيتها للاستخدام المطلوب. يتم بعدها عمل ثقوب في طبقات الصخر وتُعبأ بالمتفجرات أو تُكسّر بالمطارق والنقارات إلى حجارة أقل حجماً، تلقى بعد ذلك داخل الكسارة ثم تفرز الأحجام عن بعضها البعض بواسطة مناخل خاصة.

نقارات

كسارات

مناخل



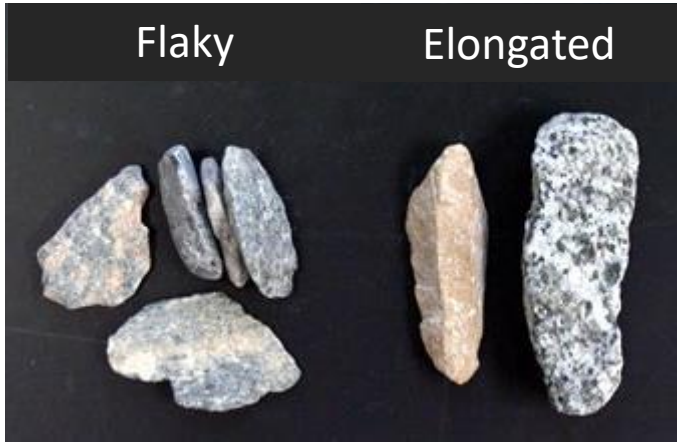
تصنف الحصويات وفقاً للشكل إلى الأنواع التالية:

1. الحصويات المدورة (Rounded)
2. الحصويات غير المنتظمة (المدورة جزئياً)
3. الحصويات المزوّاة (حادة الأطراف Angular)
4. الحصويات المسطحة (Flaky): عندما تكون (السماكة) أقل من 60% من العرض المتوسط للحصاة.
5. الحصويات المتطاولة الإبرية (Elongated): عندما يكون طول الحصاة أكبر من 180% من العرض المتوسط للحصاة.

Rounded

Irregular

Angular



تأثير الركام الخشن

أ- بالنسبة للشكل:

لا يوصى باستخدام الحصويات المدورة أو المتطاولة للخرسانة بسبب ضعف التراكب والتعشيق بين الحصويات المدورة وضعف مقاومة الالتصاق.

أما الحصويات المزوّاة (حادة الأطراف Angular) فإنها تعطي للخلطة مقاومة على الضغط أكبر بحدود 20% بسبب الترابط والالتصاق بين الحصويات والملاط ويوصى باستخدامها في الخلطات الخرسانية. كما يجب التركيز على خلو الحصويات من الأتربة والمواد الناعمة .

تأثير الركام الخشن

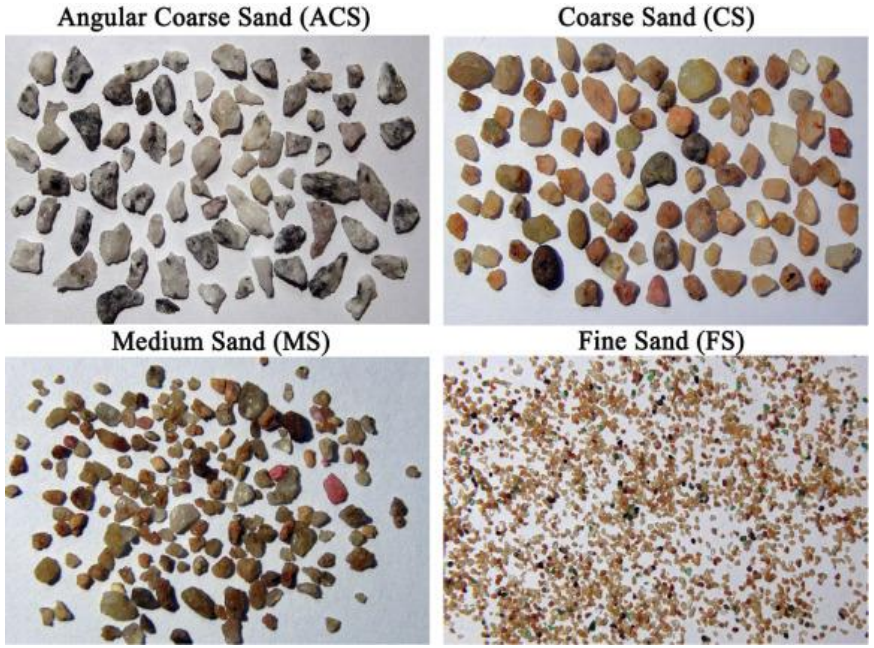
ب- بالنسبة للمقاس:

عند استخدام كمية كبيرة من الحصويات الناعمة سنحتاج إلى كمية أكبر من عجينة الاسمنت لتغليف الحبيبات الناعمة ذات المساحة السطحية الكبيرة. وبالتالي سنحتاج كمية كبيرة من المياه حتى يمكن الوصول لدرجة خلط وتشغيل مناسبة للخرسانة ويترتب على ذلك نقص في مقاومة الخرسانة.

الخرسانة الأكثر اقتصادية يمكن الحصول عليها باستخدام ركام خشن متدرج أي حصويات وفق تدرج حبيبي جيد، حيث أن هذا التدرج يحتاج إلى أقل كمية من عجينة الاسمنت البورتلاندي لتحيط بالركام وتملأ جميع الفراغات بين أجزائه.

الركام الناعم

- يتكون من الرمل (الناعم، المتوسط والخشن) إضافة لنسبة قليلة من النواعم.
- تتطلب جودة الخرسانة استخدام رمال مختلفة القياس لأبعاد الحبيبات وأن تكون متدرجة من المقاس الناعم إلى الخشن.
- في الرمل المتدرج تدرجاً حبيباً جيداً، تساعد الحبيبات الأكثر نعومة في ملء الفراغات بين الحبيبات الأكبر وتأمين تراص ومقاومة أكبر.



وجود كمية مناسبة من الرمل ضروري جداً للحصول على قابلية تشغيل جيدة للخرسانة

- يؤدي استخدام كمية قليلة من الرمل للحصول على قابلية تشغيل منخفضة وسطح خشن للخرسانة
- يؤدي استخدام كمية كبيرة من الرمل لاستهلاك كمية كبيرة من الاسمنت لتشكيل العجينة الاسمنتية وبالتالي زيادة الكلفة، وفي حال عدم زيادة كمية الاسمنت مع زيادة كمية الرمل سينتج خرسانة ضعيفة المقاومة.

اشتراطات خاصة في الركام

- يجب أن تكون مقاومة الصخر الأم للركام أكبر من ضعفي المقاومة المطلوبة للخرسانة.
- أن يكون شكل الركام مناسباً بعيداً عن الأشكال الإبرية والمفلطحة وخال من المواد الناعمة.
- أن يكون الركام جيد التدرج بحيث تكون الخرسانة سهلة التشغيل، وألا يكون بداخلها فراغات، وتحتاج إلى أقل كمية لازمة من ماء الخلط

، وبالنسبة لمقاس الركام يجب ألا يزيد المقاس الأعظمي للركام عن:

- أقل مسافة بين قضيبي تسليح متجاورين
- ¼ المقاس الأصغر للجزء المراد صبه
- 1/5 السماكة الكلية للجدران
- 1/3 سماكة البلاطات والأسقف
- ¾ عرض أضيق فراغ من المفترض أن تمر خلاله الخرسانة، عادة يكون هذا الفراغ بين حديد التسليح وقالب الصب

يشكل الركام حوالي 70-80% من حجم الخرسانة، لذلك فإن كلاً من كلفة وجودة الخرسانة يعتمد على نوع الركام المستخدم بها، وبالتالي لابد من التأكد من جودة مورد الركام وموثوقيته عن طريق التجارب المخبرية.

تجربة التحليل الحبي المنخلي Sieve analysis

الغرض من الاختبار: scope

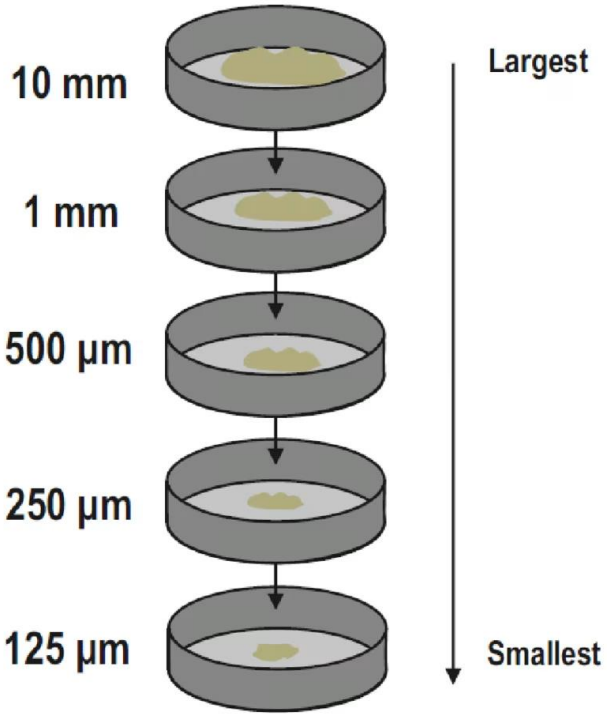
الغرض من الاختبار هو تعيين تدرج حبيبات التربة (مواد ناعمة، رمل ، حصويات)، ويتم ذلك باستخدام سلسلة من المناخل القياسية لكل منخل رقم يعبر عن عدد الفتحات بالانش الطولي وبالتالي كلما زاد رقم المنخل كان عدد الفتحات أكثر في الانش الطولي ، وبالتالي مع زيادة رقم المنخل تصبح شبكة المنخل أنعم.

وتستكمل أحياناً تجربة التحليل الحبي المنخلي باختبار التحليل بالترسيب (المتمم) الحصول على نسبة مكونات الحبيبات الناعمة (الغضار والسيلت معاً).

No. 10 (2.00 mm)	3 in = (75 mm)
No. 20 (850 μm)	2 in =(50 mm)
No. 40 (425 μm)	1 ½-in = 37.5 mm
No. 60(250 μm)	1 in = (25.0 mm)
No.140 (106 μm)	3 / 4 in (19 mm) ¾
No. 200 (75 μm)	3 / 8 in (9.5 mm)
	No.4 (4.75 mm)

طريقة الغسيل على المناخل: Sieves Washing

تغسل العينة على المنخل رقم 200 (0.075mm) ثم يجفف القسم المتبقي بالفرن. ينخل القسم المتبقي الجاف بالتتالي على المناخل (من الفتحات الأكبر إلى الأصغر) وتسجل أوزان التربة المتبقية على كل منخل من المناخل.

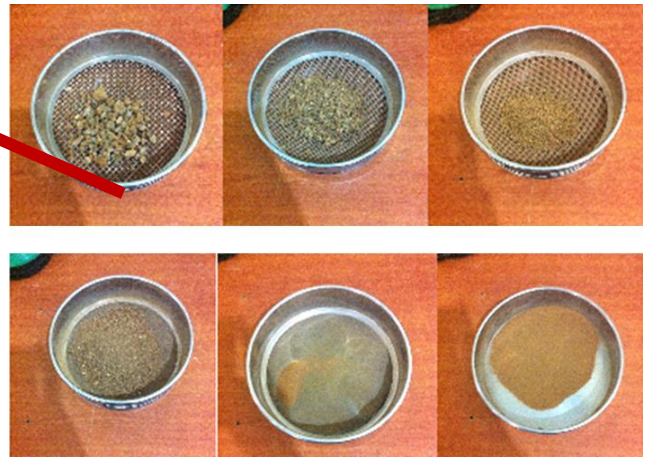


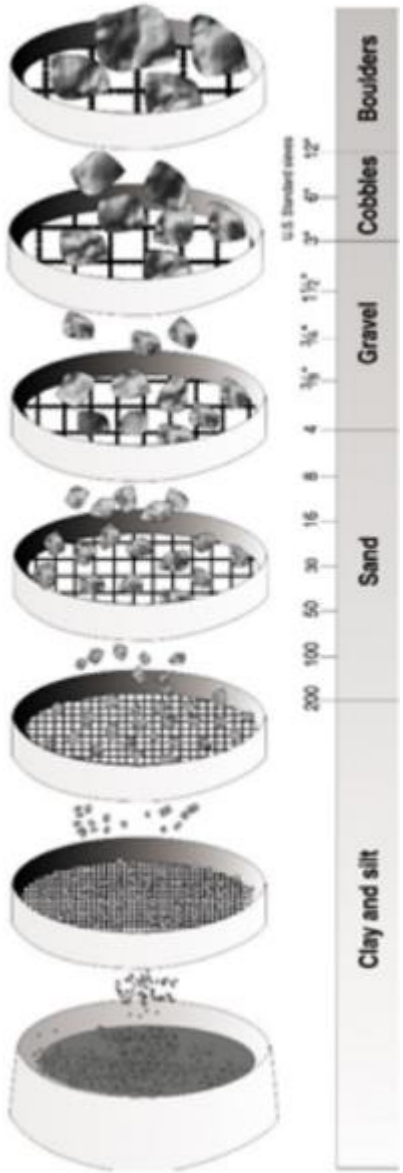
الوزن الجاف الكلي المنخول= 1200 غرام		
رقم المنخل	فتحة المنخل (mm)	الباقي الجزئي (gr)
1''	25.4	0
¾''	19.1	41.1
½''	12.7	30.8
3/8''	9.52	24.9
No. 4	4.75	63.1
No. 10	2	94.3
No. 20	0.85	50.7
No. 40	0.425	43.4
No. 60	0.25	23.7
No. 100	0.15	50.1
No. 200	0.075	32.1

بقسمة الباقي التراكمي
على الوزن الجاف الكلي

الوزن الجاف الكلي
المنخول= 1200 غرام

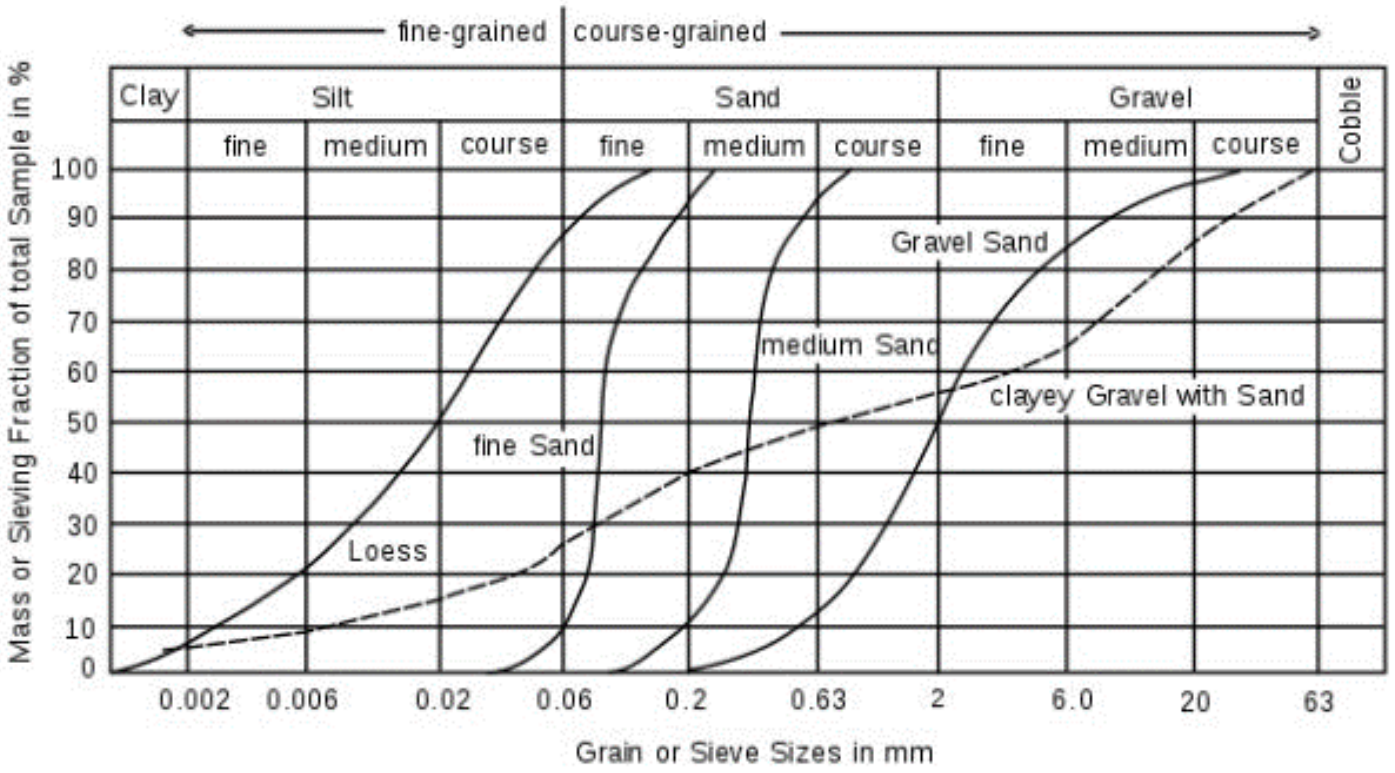
النسبة المارة (%)	النسبة المحجوزة (%)	الباقي التراكمي (gr)	الباقي الجزئي (gr)	فتحة المنخل (mm)
100.00	0.00	0	0	**25.4**
96.58	3.43	41.1	41.1	**19.1**
94.01	5.99	71.9	30.8	**12.7**
91.93	8.07	96.8	24.9	**9.52**
86.68	13.33	159.9	63.1	**4.75**
78.82	21.18	254.2	94.3	**2**
74.59	25.41	304.9	50.7	**0.85**
70.98	29.03	348.3	43.4	**0.425**
69.00	31.00	372	23.7	**0.25**
64.83	35.18	422.1	50.1	**0.15**
62.15	37.85	454.2	32.1	**0.075**





منحني التركيب الحبي : مخطط نصف لوغاريتمي تسجل عليه النتائج التي تم الحصول عليها في تجربة التحليل الحبي.

المحور الأفقي يمثل لوغاريتم فتحات المناخل والمحور الشاقولي يمثل النسبة المئوية المارة على كل منخل.



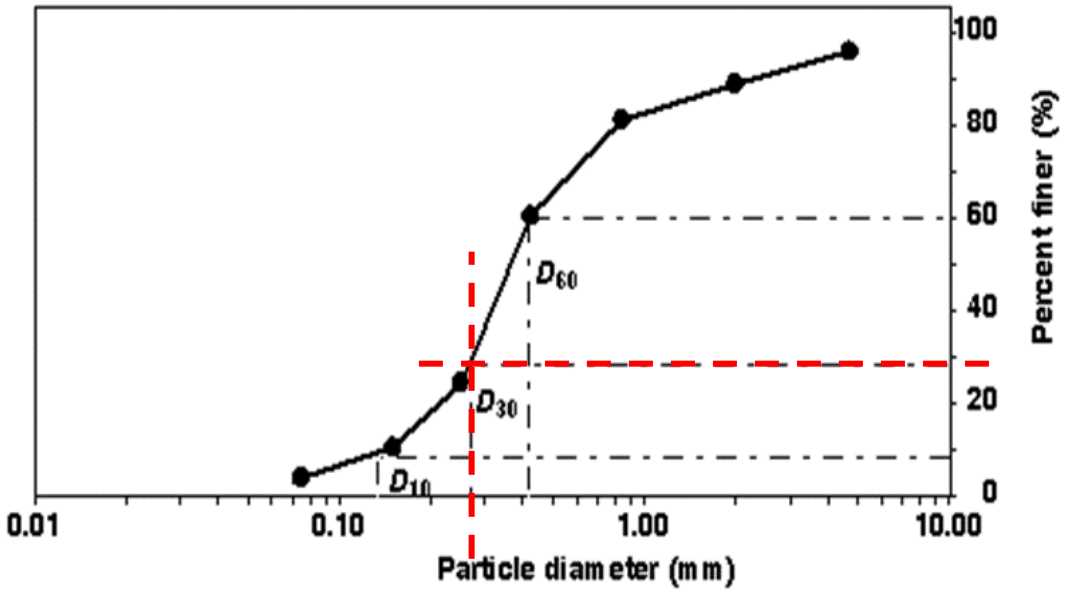
هل تدل الحزمة العريضة على تدرج حبيبي جيد أم فقير؟

ماذا بخصوص الحزم الضيقة؟

القطر الاسمي Dsizes يمثل قطر الحبيبات الموافق لنسبة مئوية مارة محددة، مثلاً D_{10} يمثل قطر الحبيبات الموافق لنسبة مئوية مارة 10% أي أن 10% من حبيبات التربة هي أنعم من القطر D المذكور.

على سبيل المثال D_{30} على المنحني المجاور هو عبارة عن قطر الحبيبات الموافق لنسبة مئوية مارة 30% في العينة المنخولة وهو حسب المخطط القطر 0.28mm.

تمكننا القيم التالية D_{10}, D_{30}, D_{60} من حساب معاملات تساعدنا في توصيف التدرج الحبي للتربة المختبرة:



معامل التجانس (uniformity coefficient) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

معامل التدرج أو الانحناء (gradation coefficient) $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$

حتى تعتبر عينة الركام جيدة التدرج الحبي:

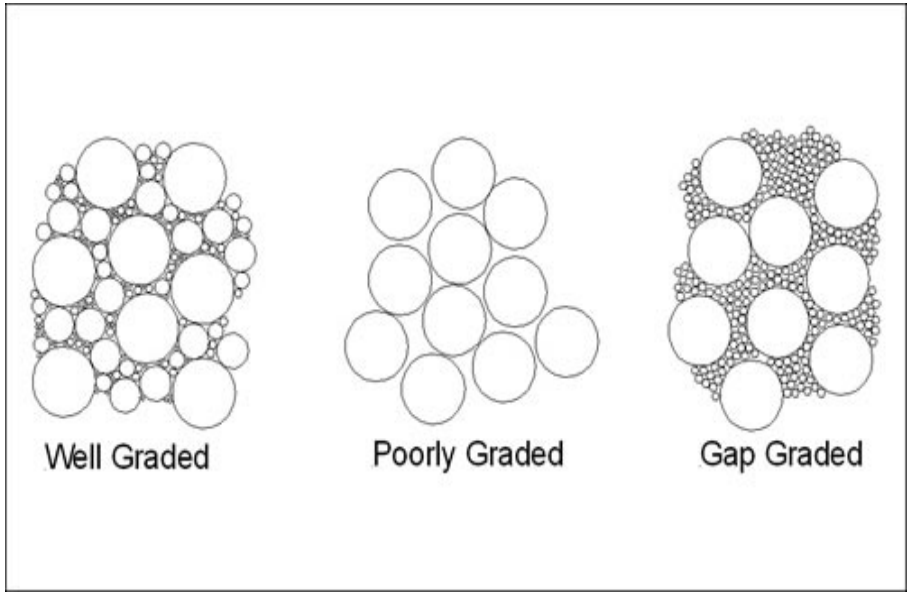
Cu>6

1<Cc<3

أنواع الركام من جهة التدرج الحبي

1. الركام جيد التدرج (Well graded aggregates):

هو الركام الذي يحتوي على كميات مناسبة من جميع المقاسات المختلفة للمناخل، يؤمن الركام جيد التدرج قابلية تشغيل مناسبة وتوفير في كمية الاسمنت ويكون منحني التركيب الحبي عريضاً.



2. الركام المتدرج (Graded aggregates):

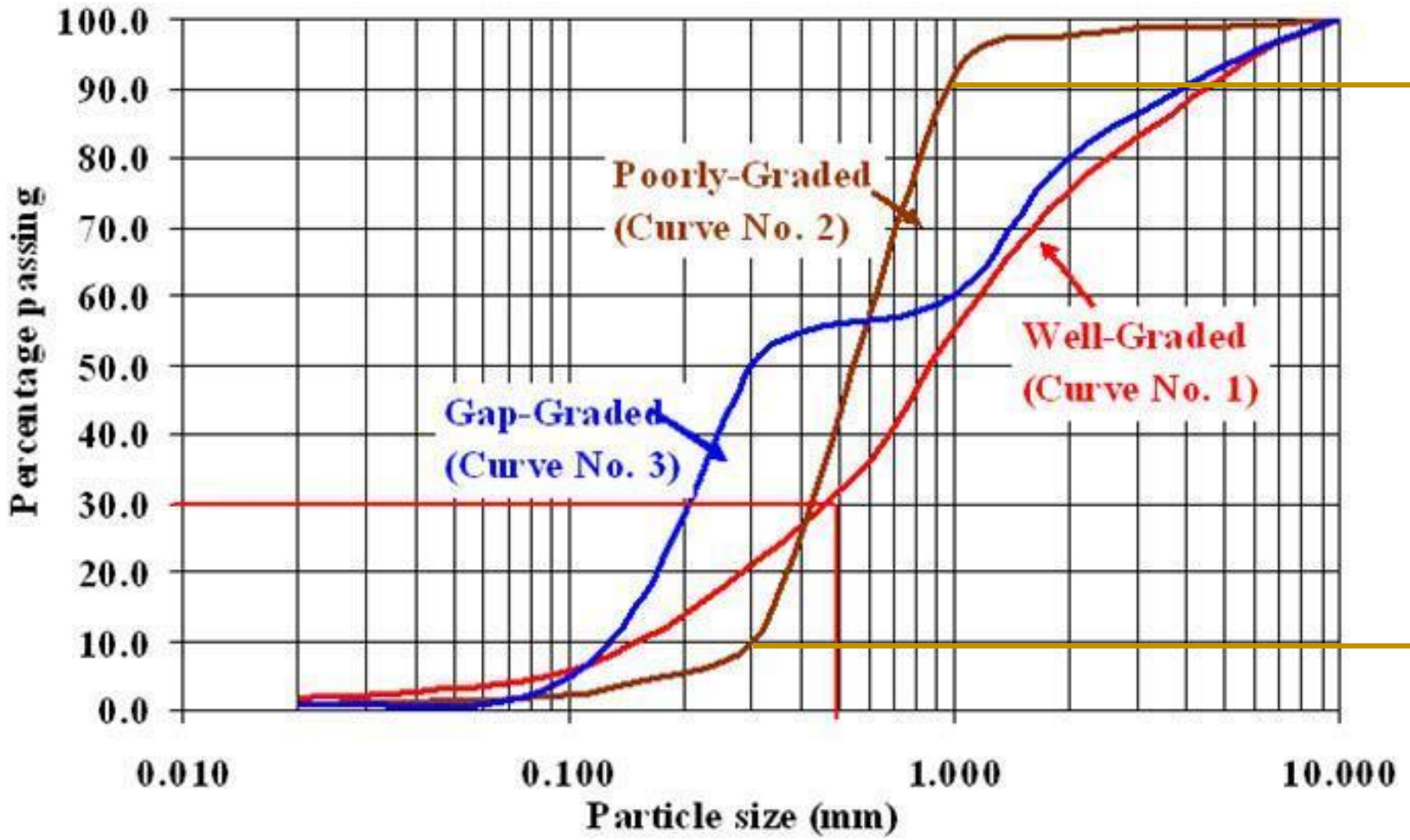
هو الركام الذي يحتوي معظم مقاسات المناخل القياسية لكن بنسب أقل انتظاماً من الركام جيد التدرج.

3. الركام الناقص (Gap graded aggregates):

الركام الذي لا يوجد فيه مقاس أو أكثر من مقاسات الركام المختلفة (استقامة شبه أفقية لجزء من المنحني)

4. الركام الفقير (Poor graded aggregates):

هو الركام الذي يحتوي على عدد محدود من مقاسات الركام المختلفة (مقاسين مثلاً)،
ويكون منحني التركيب الحبي ضيقاً.



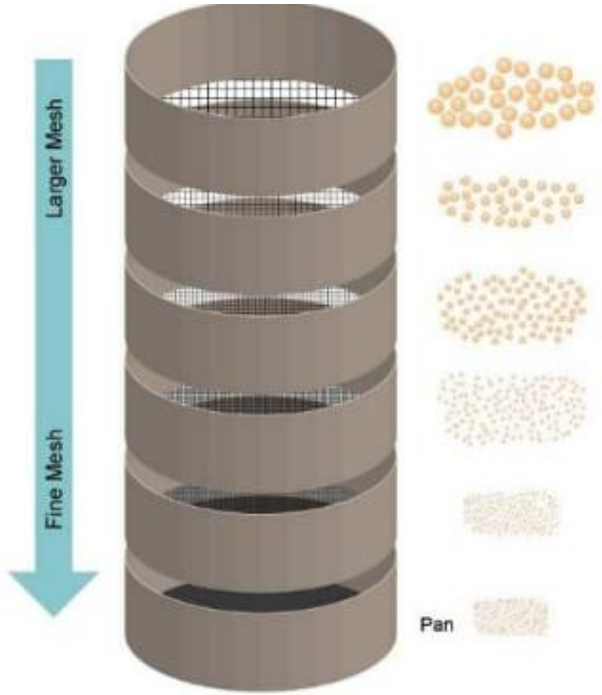
90% النسبة المارة من القطر 1mm

وبالتالي 80% من العينة محصورة بين 0.3-1mm وهي فقيرة التدرج

10% النسبة المارة من القطر 0.3mm

عامل نعومة الرمل (FINENESS MODULUS)

يحدد هذا الاختبار معامل النعومة للرمال المستخدمة في الخلطة البيتونية، يستخدم لتقييم إحضارات الرمل المستخدمة في الخلطة الخرسانية وذلك باستخدام سلسلة المناخل القياسية الأمريكية ذات القياسات الآتية:



- 4.75 mm (No. 4)
- 2.36 mm (No. 8)
- 1.18 mm (No. 16)
- 600 µm (No. 30)
- 300 µm (No. 50)
- 150 µm (No.100).

معامل النعومة= مجموع النسب المئوية المحجوزة على المناخل المذكورة/ 100

النسبة المارة %	النسبة المحجوزة %	الباقي التراكمي gr	الباقي الجزئي gr	فتحة المنخل	وزن العينة gr
					1634.8
100.00	0.00	0	0	25.4	
100.00	0.00	0	0	19.1	
100.00	0.00	0	0	12.7	
100.00	0.00	0	0.0	9.52	
98.28	1.72	28.2	28.2	4.75	
94.79	5.21	85.1	56.9	2.36	
91.24	8.76	143.2	58.1	1.18	
66.35	33.65	550.1	406.9	0.6	
34.13	65.87	1076.9	526.8	0.3	
1.23	98.77	1614.7	537.8	0.15	
0.56	99.44	1625.6	10.9	0.075	
			9.2	pass200	

- 4.75 mm (No. 4)
- 2.36 mm (No. 8)
- 1.18 mm (No. 16)
- 600 µm (No. 30)
- 300 µm (No. 50)
- 150 µm (No.100).

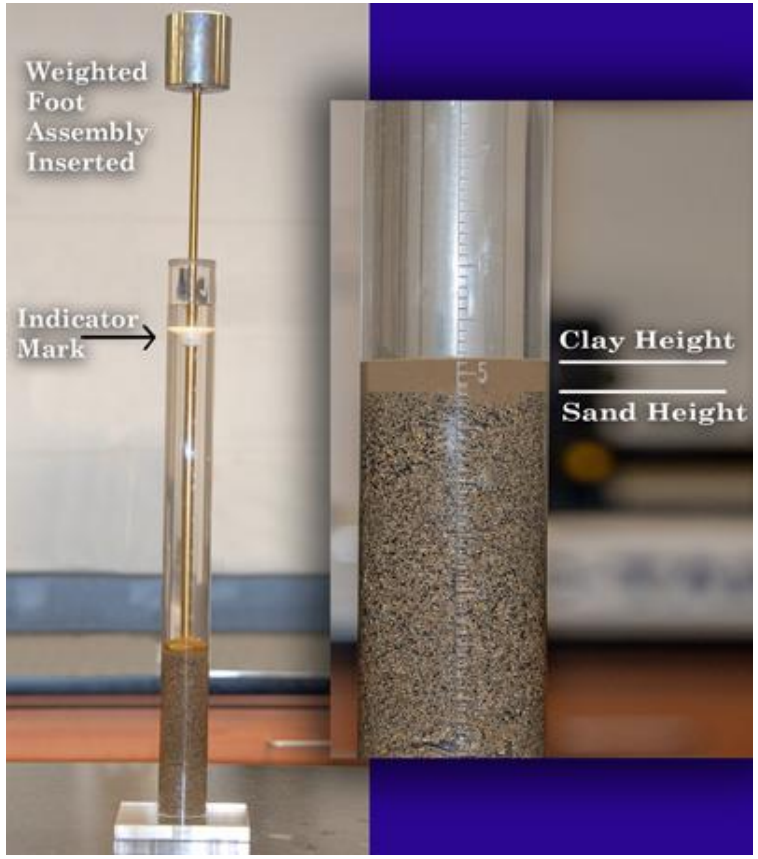
$$FM = \frac{1.72 + 5.21 + 8.76 + 33.65 + 65.87 + 98.77}{100} = 2.139$$

بحسب المواصفات القياسية السورية فإن الرمل
يجب أن يحقق 3.1 > FM > 2.4

المكافئ الرملي (sand equivalent)

المكافئ الرملي SE هو نسبة ارتفاع الرمل إلى ارتفاع الغضار في أنبوب اختبار مجهز للتجربة

بحسب ASTM يجب ألا يقل SEعن 75% لمعظم الأعمال البيتونية



تجربة المكافئ الرملي			
أرقام أنابيب الاختبار	1	2	3
قراءة المستوى الأعلى للغضار	4.30	4.20	4.20
قراءة المستوى الأعلى للرمل	4.00	3.95	4.00
المكافئ الرملي %	93.02	94.05	95.24
المكافئ الرملي الوسطي %	**94.10**		

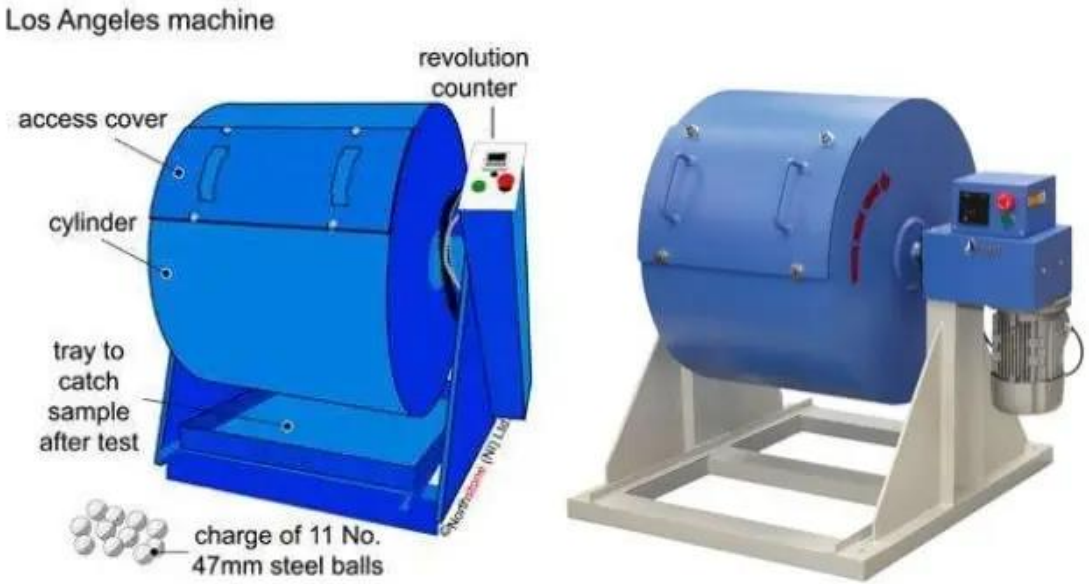
تجربة لوس أنجلوس LA (الاهتراء)

تختبر مقاومة الحصويات الخشنة التي قياسها أكبر من 19 مم ضد الاهتراء باستخدام جهاز لوس أنجلوس.

يتألف الجهاز من اسطوانة فولاذية مجوفة مغلقة من طرفيها، تعلق الأسطوانة على محور دوران متصل بمحرك.

تزود الاسطوانة بفتحة لإدخال العينات وتزود الفتحة بغطاء يمنع خروج الغبار خارج الاسطوانة

توضع داخل الأسطوانة 12 كرة فولاذية قياس قطرها التقريبي 47 مم . تزن الكرة الواحدة ما بين 390 و 445 غرام بحيث يكون اجمالي وزن الكرات 5000 ± 25 غرام.



الكمية المطلوب تحقيقها لتنفيذ التجربة حسب التدرج الحبي للعينة.

وزن الحجوم المعينة (غ)			فتحة المهزة (فتحات مربعة)			
التدرج وفقاً لدرجة خشونة العينة			المحجوز		المار	
G	F	E	مم	إنش	مم	إنش
		50 ± 2500	(63)	2 ½	(75)	3
		50 ± 2500	(50)	2	(63)	2 ½
	50 ± 5000	50 ± 5000	(37.5)	1 ½	(50)	2
25 ± 5000	25 ± 5000		(25.0)	1	(37.5)	1 ½
25 ± 5000			(19.0)	3 / 4	(25.0)	1
50 ± 10000	75 ±10000	100 ± 10000	المجموع			

توضع العينة المختبرة (10 kg) والكرات المعدنية في جهاز لوس أنجلوس

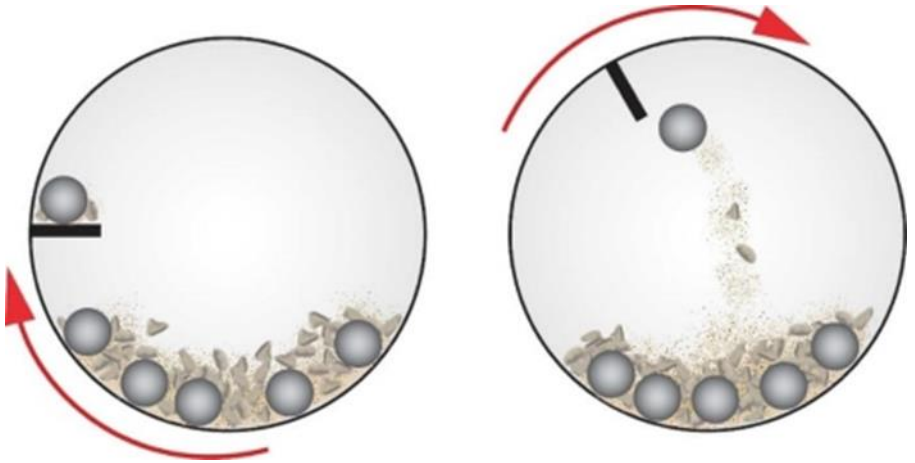
يتم إجراء العدد المطلوب من الدورات (1000 دورة) بمعدل 33 دورة بالدقيقة

تفرغ المواد من الآلة وتغسل العينة على المنخل رقم 12 (1.7mm)، ثم تدخل إلى الفرن وتجفف، ثم توزن بعد ذلك.

يعبر عن الفرق بين الوزن الأولي والوزن النهائي للعينة المختبرة بنسبة من الوزن الأصلي للعينة، تسجل القيمة كنسبة مئوية للاهتراء أو التآكل

ازدياد نسبة الاهتراء ماذا تعني بالنسبة لجودة الحصويات؟

According to ASTM, LA < 40%



تجربة لوس أنجلوس					
عدد الكرات	عدد الدورات	التدرج Grading	الوزن الأولي الكلي للعينة	الوزن المتبقي بعد الاهتراء	نسبة الاهتراء
12	1000	F	10000	7492.8	25.0

نسبة الاهتراء (التآكل): الفرق بين الوزن الأولي والوزن النهائي للعينة المختبرة منسوباً إلى الوزن الأصلي للعينة.

نسبة الاهتراء= ((10000-7492.8)/10000)*100

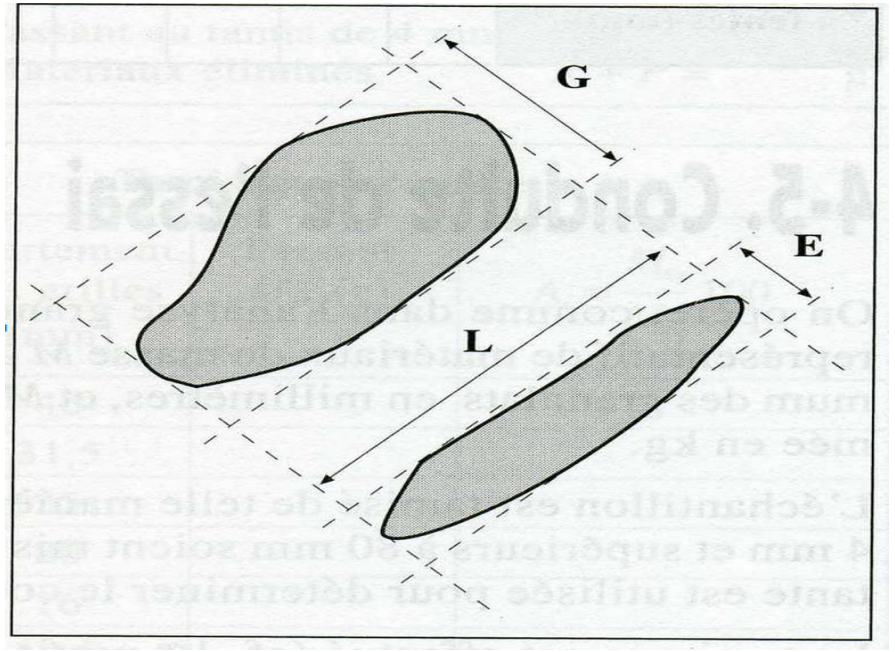
أسئلة عامة عن المحاضرة

الركام الذي تتراوح أبعاد حبيباته بين (0.06-2mm) يسمى:			
رمل	حصى	غضار	سيلت
مادة تشكل أكثر من 70% من حجم الخرسانة:			
الركام	الماء	اسمنت	ملدن
لا يجب أن تتجاوز كمية الطين والمواد الناعمة في الركام :			
%3	%15	%30	%45
حدد الإجابة الخاطئة: تجاوز الكمية المطلوبة من حبيبات الرمل في الخرسانة يسبب:			
أسطح صب خشنة	زيادة في كمية الاسمنت	زيادة الكلفة	خرسانة ضعيفة

يمثل المحور الأفقي لمنحني التركيب الحبي:			
قطر فتحات المناخل	لوغاريتم قطر فتحات المناخل	النسبة المئوية المارة	قطر المنخل المستخدم
يمثل المحور الشاقولي لمنحني التركيب الحبي:			
النسبة المئوية المارة	كتلة المادة المحجوزة	قطر الحبيبات الأعظمي	النسبة المئوية للحصويات
اختر المصطلح الهندسي المناسب: بارامتر يستخدم لتقييم احضارات الرمل المستخدمة في تحضير الخرسانة:			
عامل نعومة الرمل	معامل الاهتراء	عامل التجانس	عامل النفاذية
تجربة تستخدم لاختبار اهتراء الحصويات الخشنة			
التركيب الحبي	المكافئ الرملي	مقاومة الضغط	لوس أنجلوس

تقييم أبعاد الحصويات

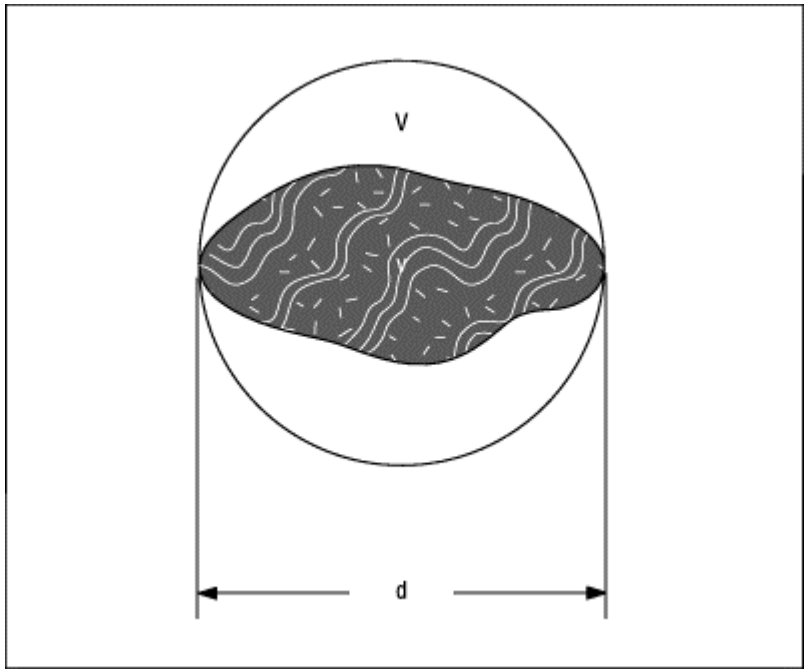
تجربة محتوى البحص من الحبيبات المسطحة



L : البعد الأكبر للحصوية

E: السماكة الأصغرية للحصاة

G: السماكة الأعظمية للحصاة



يحسب المعامل الحجمي للحصويات من العلاقة الآتية:

$$C_v = \frac{v}{V}$$

$$C_v = \frac{\sum v}{\sum \frac{\pi d^3}{6}}$$

v حجم الحبيبة الواحدة الفعلي

Vحجم الكرة المغلفة للحبيبة الواحدة

Cv=1 يعني أن الحصويات كروية

Cv كبير يعني أن الحصويات مكعبية الشكل

Cv صغير يعني أن الحصويات مسطحة أو أبرية الشكل

شرط لقبول الحصويات CV > 0.2