

Manara University

Faculty of Architectural engineering



جامعة المنارة

كلية الهندسة المعمارية

## مقرر تكنولوجيا المواد لطلاب هندسة العمارة

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا

# الركام (Aggregates)

يمكن تقسيم الرسوبيات حسب أبعاد حبيباتها إلى :

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



يمكن تقسيم الركام الداخلى فى صناعة الخرسانة إلى نوعين:

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

الركام الخشن: (حصى خشن، حصى متوسطة).

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

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

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 المعطّقات 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 لا تتجاوز نسبة النواعم وسطياً في الركام 3% كحد أقصى.

MANARA UNIVERSITY

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.

مناخل

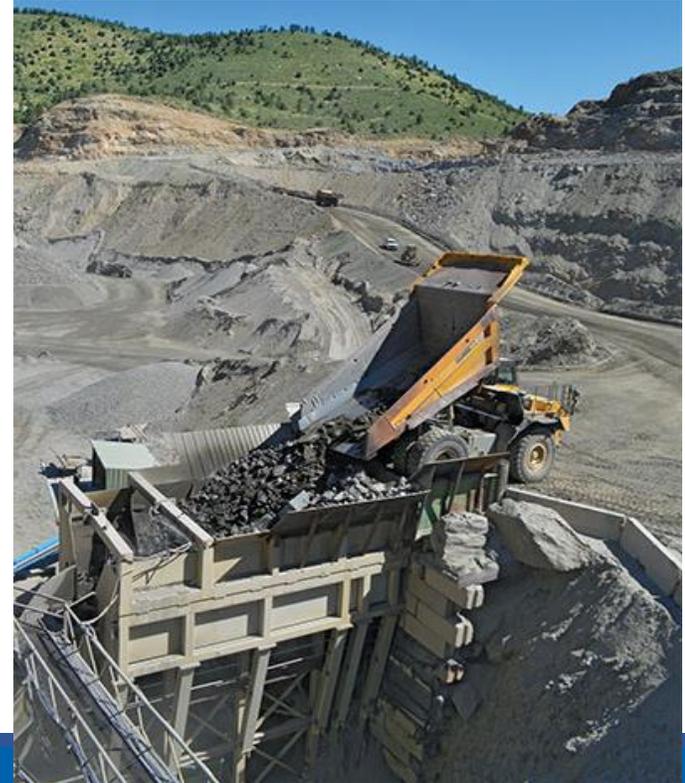


كسارات



نقارات





## تصنيف الحصىات وفقاً للشكل إلى الأنواع التالية:



1. الحصىات المدورة (Rounded)

2. الحصىات غير المنتظمة (المدورة جزئياً)

3. الحصىات المزوّاة (حادة الأطراف Angular)

4. الحصىات المسطحة (Flaky): عندما تكون (السماكة) أقل من 60% من العرض المتوسط للحصاة.

5. الحصىات المتطاولة الإبرية (Elongated): عندما يكون طول الحصاة أكبر من 180% من العرض المتوسط للحصاة.

**Rounded**



**Irregular**



**Angular** 😊



**Flaky**

**Elongated**



أ- بالنسبة للشكل:

لا يوصى باستخدام الحصىيات المدورة أو المتطاولة للخرسانة بسبب ضعف التراكب والتعشيق بين الحصىيات المدورة وضعف مقاومة الالتصاق. أما الحصىيات المزوّاة (حادة الأطراف Angular) فإنها تعطي للخلطة مقاومة على الضغط أكبر بحدود 20% بسبب الترابط والالتصاق بين الحصىيات والملاط ويوصى باستخدامها في الخلطات الخرسانية. كما يجب التركيز على خلو الحصىيات من الأتربة والمواد الناعمة .



## تأثير الركام الخشن

### ب- بالنسبة للمقاس:

عند استخدام كمية كبيرة من الحصى 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 حصىات وفق تدرج حبيبي جيد، حيث أن هذا التدرج يحتاج إلى أقل كمية من عجينة الاسمنت البورتلاندي لتحيط بالركام وتملاً 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.



Angular Coarse Sand (ACS)



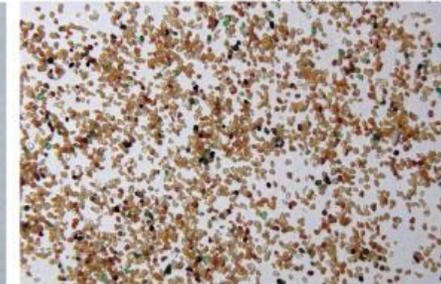
Coarse Sand (CS)



Medium Sand (MS)



Fine Sand (FS)



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

- يؤدي استخدام كمية قليلة من الرمل للحصول على قابلية تشغيل منخفضة و سطح 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 قضبيي تسليح متجاورين
- $\frac{1}{4}$  المقاس الأصغر للجزء المراد صبه
- $\frac{1}{5}$  السماكة الكلية للجدران
- $\frac{1}{3}$  سماكة البلاطات والأسقف
- $\frac{3}{4}$  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 لا بد من التأكد من جودة مورد الركام وموثوقيته عن طريق التجارب المخبرية.

الغرض من الاختبار: scope

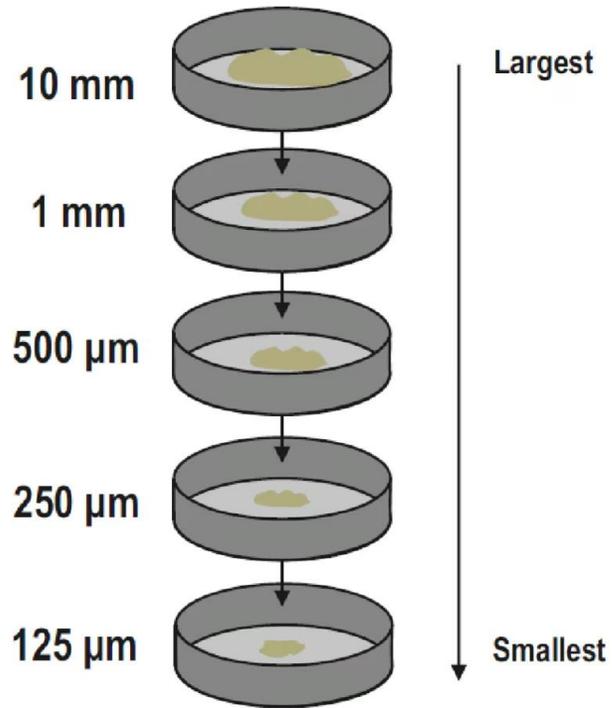
الغرض من الاختبار هو تعيين تدرج حبيبات التربة (مواد ناعمة، رمل ، حصويات)، ويتم ذلك باستخدام سلسلة من المناخل القياسية لكل منخل رقم يعبر عن عدد الفتحات بالانث الطولي وبالتالي كلما زاد رقم المنخل كان عدد الفتحات أكثر في الانث الطولي ، وبالتالي مع زيادة رقم المنخل تصبح شبكة المنخل أنعم. وتستكمل أحياناً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

## Sieves Washing: طريقة الغسيل على المناخل

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

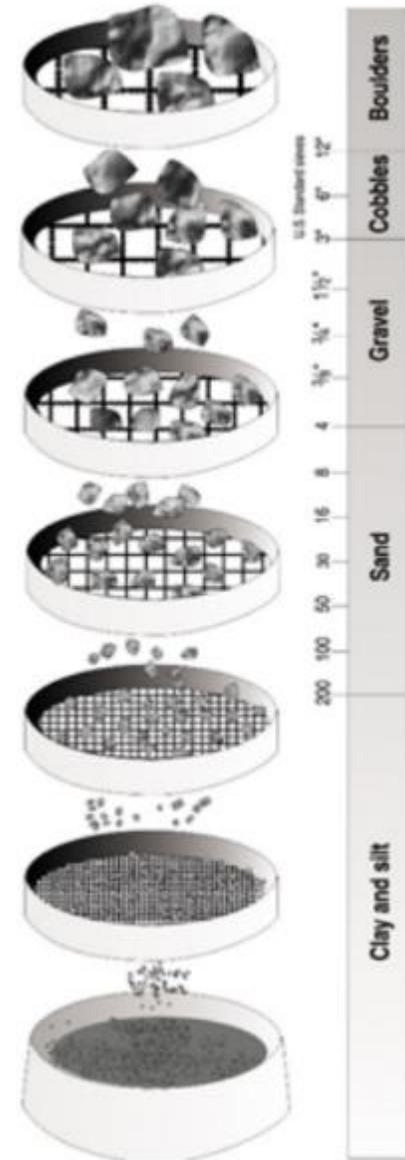
رقم المنخل	فتحة المنخل (mm)	الباقي الجزئي (gr)
1''	25.4	0
3/4''	19.1	41.1
1/2''	12.7	30.8
3/8''	9.52	24.9
No. 4	4.75	63.1
No. 10	2	94.3
No. 20	0.85	50.7
No. 40	0.425	43.4
No. 60	0.25	23.7
No. 100	0.15	50.1
No. 200	0.075	32.1



الوزن الجاف الكلي  
المنخول = 1200 غرام

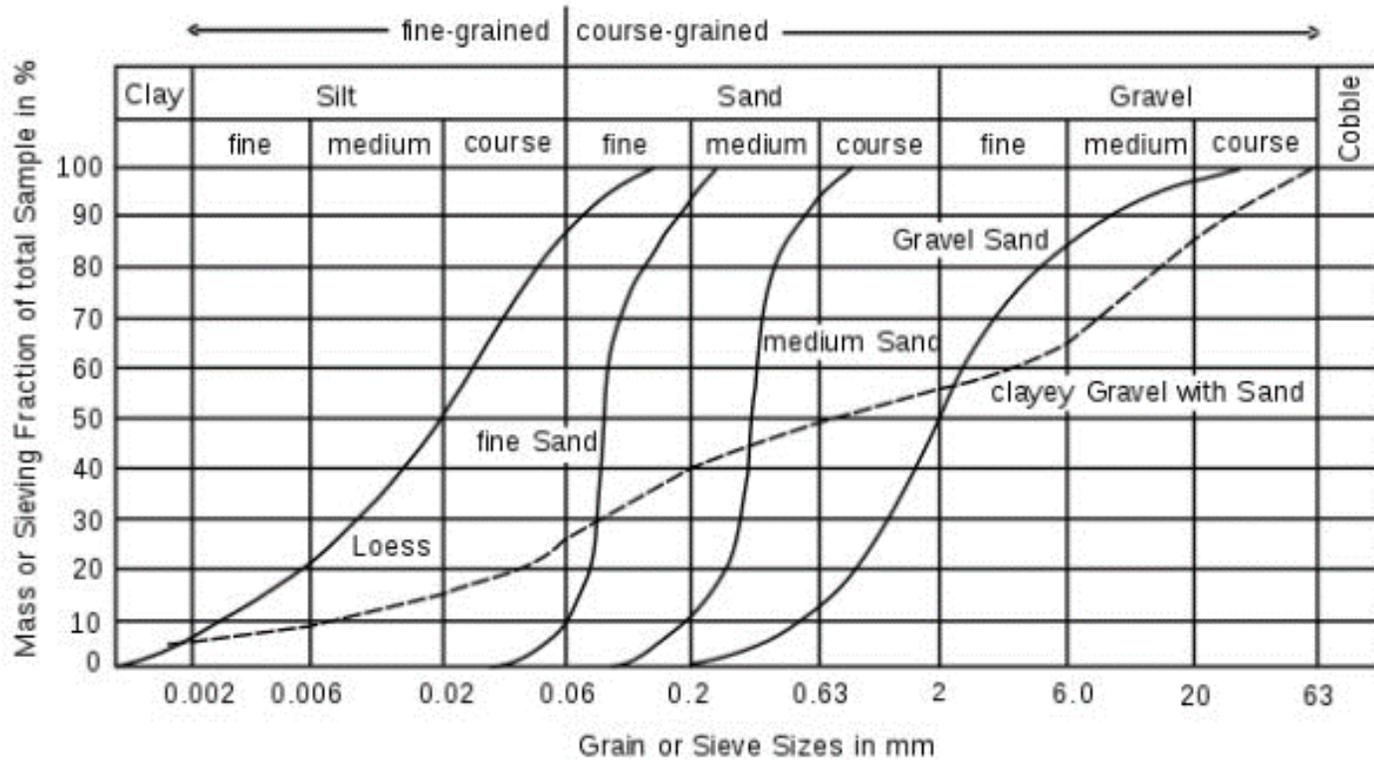
بقسمة الباقي التراكمي  
على الوزن الجاف الكلي

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؟

## 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):

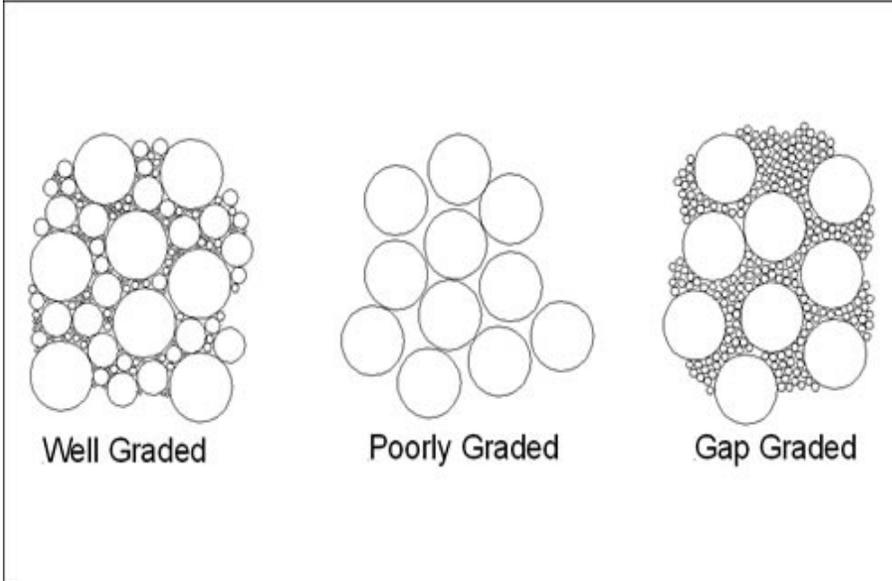
هو الركام الذي يحتوي معظم مقاسات المناخل القياسية لكن بنسب أقل انتظاماً من الركام جيد التدرج.

### 3. الركام الناقص (Gap graded aggregates):

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

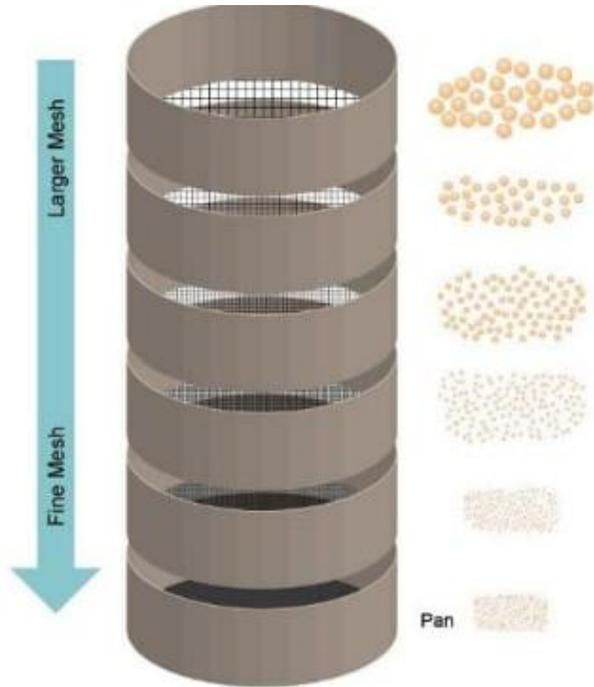
### 4. الركام الفقير (Poor graded aggregates):

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



## 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  $\mu\text{m}$  (No. 30)
- 300  $\mu\text{m}$  (No. 50)
- 150  $\mu\text{m}$  (No. 100).

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



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY

النسبة المارة %	النسبة المحجوزة %	الباقى التراكمي gr	الباقى 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).

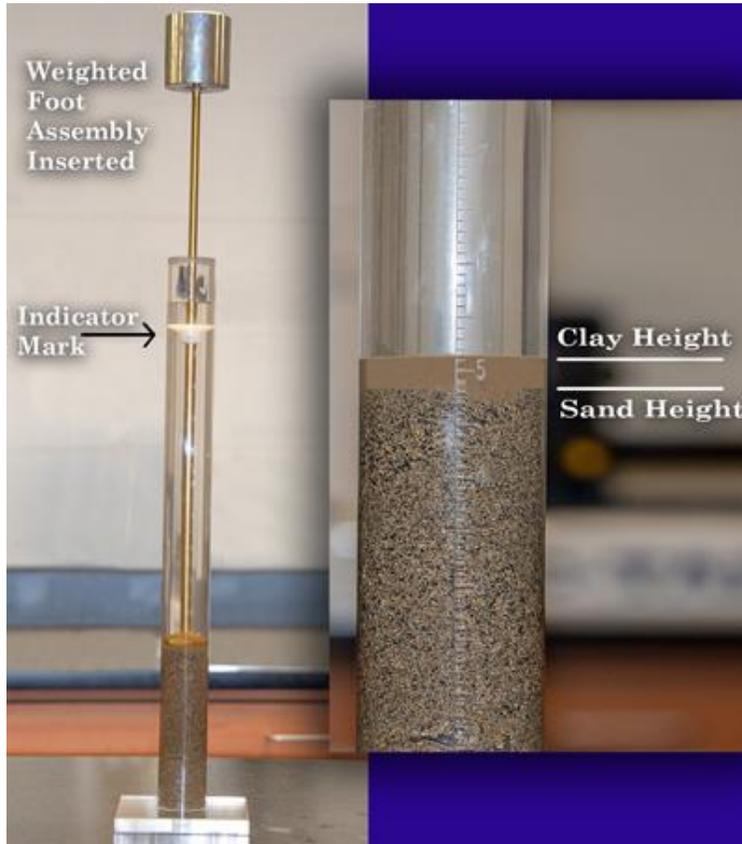
$$FM = \frac{1.72 + 5.21 + 8.76 + 33.65 + 65.87 + 98.77}{100} = 2.139$$

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

## المكافئ الرملية (sand equivalent)

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

بحسب ASTM يجب ألا يقل SE عن 75% لمعظم الأعمال البيتونية



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

## تجربة لوس أنجلوس LA (الاهتراء)

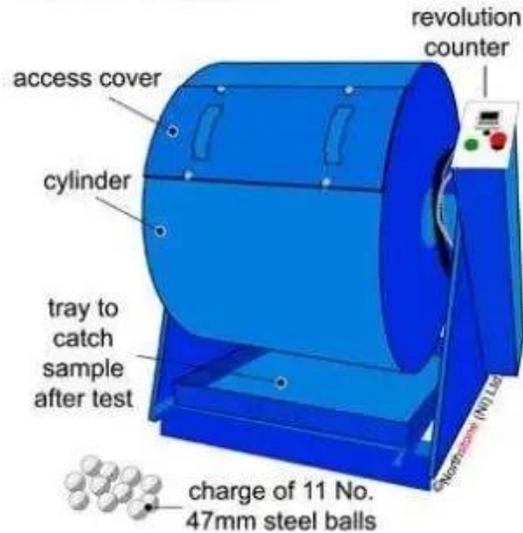
تختبر مقاومة الحصويات الخشنة التي قياسها أكبر من 19 مم ضد الاهتراء باستخدام جهاز لوس أنجلوس.

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  $25 \pm 5000$  غرام.

Los Angeles machine





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			

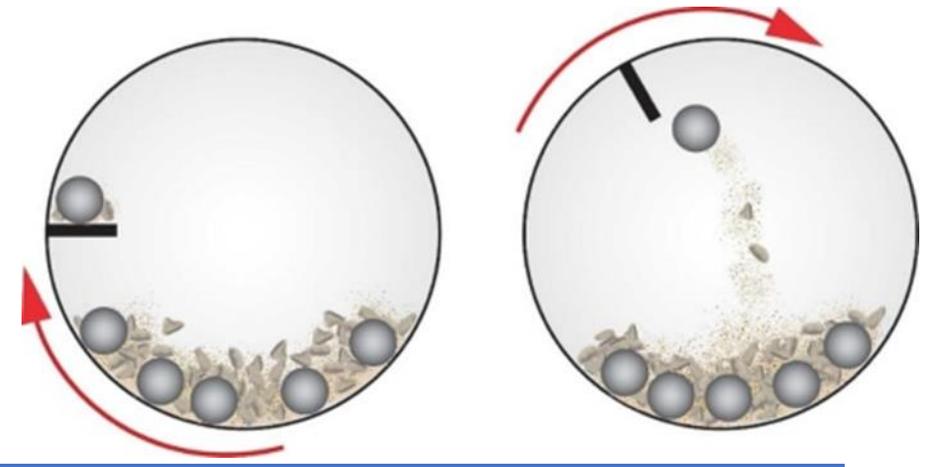
توضع العينة المختبرة (10 kg) والكرات المعدنية في جهاز لوس أنجلوس

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%



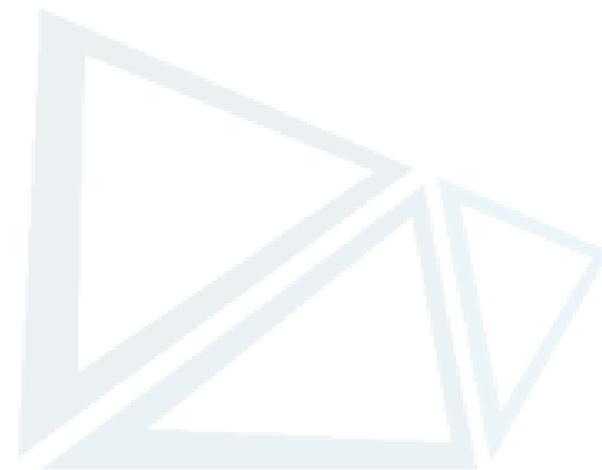
### تجربة لوس أنجلوس

نسبة الاهتراء	الوزن المتبقي بعد الاهتراء	الوزن الأولي الكلي للعيينة	التدرج Grading	عدد الدورات	عدد الكرات
<u>25.0</u>	7492.8	10000	F	1000	12

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

$$\text{نسبة الاهتراء} = ((10000 - 7492.8) / 10000) * 100$$

أسئلة عامة عن المحاضرة



جَامِعَة  
الْمَنَارَة

MANARA UNIVERSITY



يمثل المحور الأفقي لمنحني التركيب الحبي:

قطر المنخل المستخدم	النسبة المئوية المارة	لوغاريتم قطر فتحات المناخل	قطر فتحات المناخل
---------------------	-----------------------	----------------------------	-------------------

يمثل المحور الشاقولي لمنحني التركيب الحبي:

النسبة المئوية للحصويات	قطر الحبيبات الأعظمي	كتلة المادة المحجوزة	النسبة المئوية المارة
-------------------------	----------------------	----------------------	-----------------------

اختر المصطلح الهندسي المناسب:

بارامتر يستخدم لتقييم احضارات الرمل المستخدمة في تحضير الخرسانة:

عامل النفاذية	عامل التجانس	معامل الاهتراء	عامل نعومة الرمل
---------------	--------------	----------------	------------------

تجربة تستخدم لاختبار اهتراء الحصويات الخشنة

لوس أنجلوس	مقاومة الضغط	المكافئ الرملي	التركيب الحبي
------------	--------------	----------------	---------------

الركام الذي تتراوح أبعاده حبيباته بين (0.06-2mm) يسمى:

سيلت

غضار

حصى

رمل

مادة تشكل أكثر من 70% من حجم الخرسانة:

ملدن

اسمنت

حصى

رمل

لا يجب أن تتجاوز كمية الطين والمواد الناعمة في الركام:

45%

30%

15%

3%

**حدد الإجابة الخاطئة:**

تجاوز الكمية المطلوبة من حبيبات الرمل في الخرسانة يسبب:

خرسانة ضعيفة

زيادة الكلفة

زيادة في كمية الاسمنت

أسطح صب خشنة