الركام

مواد البناء والتشييد

ركـــام الخرسانة

(Concrete aggregate)

٨ـ١ : مقدمة

الركام هو المادة الخاملة المالئة لجسم الخرسانة والتى تأخذ شكل حبيبات تربطها المادة اللاحمة لتكوين الخرسانة. ولتقليل كمية المادة اللاحمة، لكونها أكثر تكلفة، يجب أن تكون حبيبات الركام متدرجة الحجم من حبيبات صغيرة (الرمل) الى حبيبات كبيرة (من الزلط، الدولوميت، البازلت، وغيرها) بالكيفية التى تجعل نسبه الفراغات بالركام أقل ما يمكن. وعادة ما تصل النسبة الحجمية للركام لحوالى ٧٥ـ٨٠ بالمائة من حجم الكتله الخرسانية.

ويلعب الركام دورا وظيفيا واقتصاديا هاما فى صناعة الخرسانة حيث:

١) يمثل الركام جسم الخرسانة الذى يقاوم الأحمال الميكانيكية، عوامل البرى والاحتكاك، ومؤثرات العوامل الجوية.

٢) تحقيق جدوى اقتصادية لكون الركام مادة رخيصة نسبيا، علاوة على توفر وتنوع مصادره.

٣) يساعد الركام على تقليل التغيرات الحجمية المصاحبه لشك وتصلد عجينة الأسمنت فى صورة انكماش نتيجة الجفاف، والذى يؤدى لحدوث شروخ وتشققات تؤثر على مقاومة الخرسانة وقدرتها على التعمير.

٨-٢: التقسيم العام للركام

ركام من المصادر الطبيعية: وهو الركام المأخوذ من المحاجر الطبيعية بدون أن تتغيرحالته الطبيعية أثناء خطوات الإنتاج، ماعدا التجهيزات التى تتعلق بفصل الركام لمقاسات مختلفة والغسيل، وعادة يتكون من حبيبات صخرية نتيجة لتفتت الصخور مثل الرمل، الزلط، الأحجار المكسرة، الحجر الخفاف، وغيرها.

ركام صناعى: وهو ركام ينتج كناتج جانبى لصناعات مختلفة مثل ركام خبث الأفران أو ركام مخلفات الفحم المحترق، أو ركام يصنع وفقا لعمليات معينة كالمعالجة الحرارية لإنتاج مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين المحروق والفيرموكليت المنقوش. ومن أنواع الركام الصناعى حبيبات الزجاج والسيراميك والرخام كركام ملون للخرسانة المعمارية وأغراض الزينة.

٨-٣: الخواص العامة للركام

١ - المقاس (Size): ينقسم الركام من حيث المقاس إلى:

ركام صغير: وهو الركام الذى يمر ٩٥ بالمائة من وزنه عل الأقل من المنخل القياسى (٤,٦٥مم)،
أو هو ركام يمر معظمه من منخل قياس فتحته ٥ مم

ركام كبير: وهو الركام الذى يبقى ٩٥ بالمائة من وزنه عل الأقل على المنخل القياسى (٤,٦٥مم)،
أو هو ركام يحتجز معظمه من منخل قياس فتحته ٥ مم

ركام شامل: وهو خليط من الركام الصغير والكبير.

تزيد المساحة السطحية لحبيبات الركام كلما كان مقاسها صغيرا، وعند استخدامها فى الخرسانة تحتاج الى كمية أكثر من ماء الخلط حتى تستطيع ان تغلف كل المساحة السطحية للوصول الى درجة تشغيل الخرسانة المطلوبه. ويترتب على استعمال هذه الكمية الكبيرة من ماء الخلط نقص ظاهر فى مقاومة الخرسانة المتصلدة. كما تحتاج حبيبات الركام ذات المقاس الصغير الى كمية أكبر من عجينة الأسمنت اللازمة لتغليف سطحها.

٢- الشكل (Shape): تأخذ حبيبات الركام أشكالا عديدة مثل الشكل المدور (rounded) (مثل زلط الصحراء)، الزاوى (angular)(مثل كسر الحجارة)، الغير منتظم (irregular)، المبطط (Flaky)(مثل قطع الصخر الطبقية)، والعصوى (elongated).

الحبيبات المستديرة أكثر قابلية للإنضغاط والدمك، ومن ثم تحتاج الى كمية أقل من عجينة الأسمنت بالإضافة الى أنها تعطى درجة عالية من التشغيل. أما الحبيبات غير المنتظمة الشكل فإنها تعطى خرسانة صعبه التشغيل، وحبيبات الركام المفلطح تعطى نتائج غير مرضية فى أعمال الخرسانة ويصاحب استعمالها دمك غير كامل وزيادة فى المساحة السطحية.

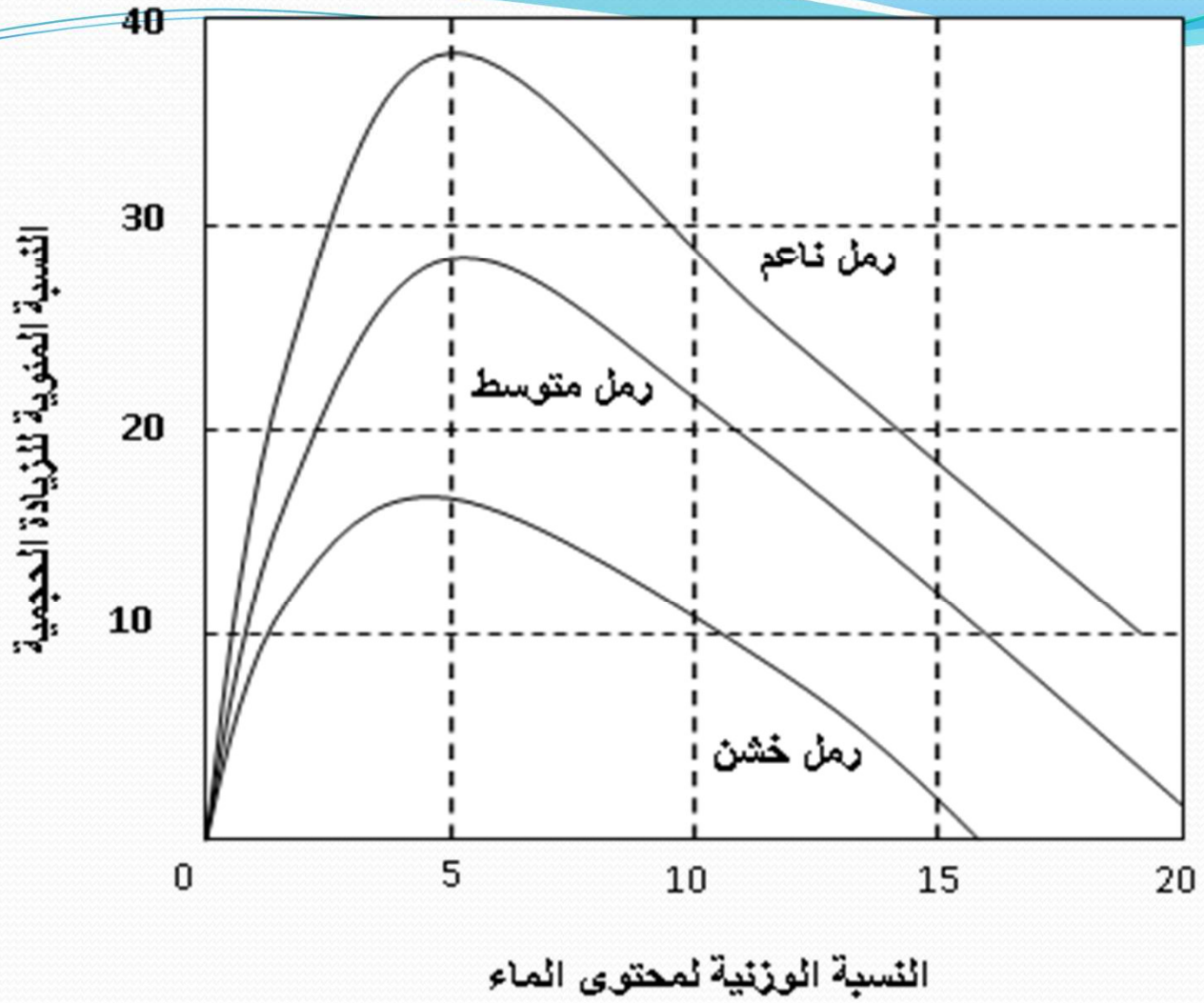
٣- حاله السطح (Surface condition): ويكون إما زجاجى (مثل الصوان الأسود)، أو ناعم (مثل الزلط)، أو حبيبى (مثل الحجر الرملى)، أو خشن (مثل البازلت والحجر الجيرى)، أو بللورى (مثل الجرانيت)، أو معشش ومسامى (مثل الحجر الخفاف).

فى حين تعمل الحبيبات ذات السطوح الناعمة والملساء على تحسين قابلية تشغيل الخرسانة، فإنها لا تعطى خرسانة قوية مقارنة بالحبيبات ذات السطوح الخشنة. ويرجع ذلك الى ضعف قوى التماسك بين السطوح الناعمة وعجينة الأسمنت. وكلما زادت نسبة المسامية فى الركام كلما نقصت مقاومة الخرسانة الناتجة .

٤- الزيادة الحجمية للركام الصغير (Bulking of fine aggregate):

إذا أضيف الى الماء إلى الرمل مع تقليب الرمل، فإن طبقة رقيقة من الماء تغلف حبيبات الرمل وتدفع الحبيبات بعيدا عن بعضها بتأثير قوى الشد السطحى مما يؤدى لزيادة حجم الرمل. وتتوقف تلك الزيادة الحجمية للرمل على كمية الرطوبة الموجودة به وعلى مقاس حبيبات الرمل، شكل (٢١)، حيث تزيد بزيادة الرطوبة الى حد ما (لزيادة قوى الشد السطحى) ثم تقل بعد ذلك إذا زادت الرطوبة حيث يقل تاثير الشد السطحى تدريجيا إلى أن يعود الرمل الى حجمه الأصلى. وترتفع قيمة الزيادة الحجمية كلما صغرت حبيبات الرمل لكبر المساحة السطحية وبالتالى زيادة تأثير الشد السطحى. ويتمثل تأثير الزيادة الحجمية للرمل فى الحصول على حجم فعلى من الرمل يقل عن المطلوب، بالاضافة إلى وجود كمية من الماء غير مطلوبه بالرمل مما يتسبب عنة تغير فى نسب مكونات الخلطة الخرسانية.

٥- ثبات الحجم الكيميائى (Soundness): تدل هذه الخاصية على قدرة الركام على مقاومة التفتت نتيجة لتأثير العوامل الجيوفيزيائية مثل العوامل الجوية وتأثير محاليل الأملاح والصقيع. يقاس ثبات الحجم بغمر الركام فى محلول كبريتات الصوديوم أو الماغنسيوم لمدة ١٦-١٨ساعة ثم يجفف فى الفرن وتكرر هذه العملية خمسة مرات يتم بعدها غسيل الركام وتجفيفه، ويتم حساب النسبة المئوية للفقد فى الوزن على أساس وزن الركام الجاف عند بدء الاختبار. ويعتبر الركام سليما إذا لم تتعد النسبة المئوية للفقد فى الوزن نسباً محددة حسب مقاس الركام ونوع محلول المهاجمة.



شكل (٢١): النسبة المئوية للزيادة فى حجم الركام الصغير ومحتوى الماء

٦ ـ التفاعل القلوى للركام (Potential reactivity of aggregate):

يحدث هذا التفاعل فى حالة وجود مكونات سليكا نشطة (بالرمل أو الزلط) أو كربونية (بالدولوميت) لها قابلية للتفاعل مع المركبات القلوية بالأسمنت، حيث يحدث تفاعل بين هذا الركام والقلويات وينتج عنه زيادة فى حجم الركام يصاحبها تمدد وشروخ غير مرغوب فيها. ولاتحدث هذه التفاعلات إلا عند تعرض الخرسانة للبلل أى أنها لاتحدث فى البيئة الجافة. وفى هذه الحالة يشترط الكود المصرى للخرسانة إجراء تحاليل وفحوصات متقدمة لمعرفة التركيب المعدنى للحجر وتحديد العناصر الضارة التى قد تمنع استخدامه. كما تحدد المواصفات القياسية حد أعلى لنسبة القلويات بالأسمنت لتفادى التفاعل القلوى .

٧ـ التدرج الحبيبى (Sieve analysis):

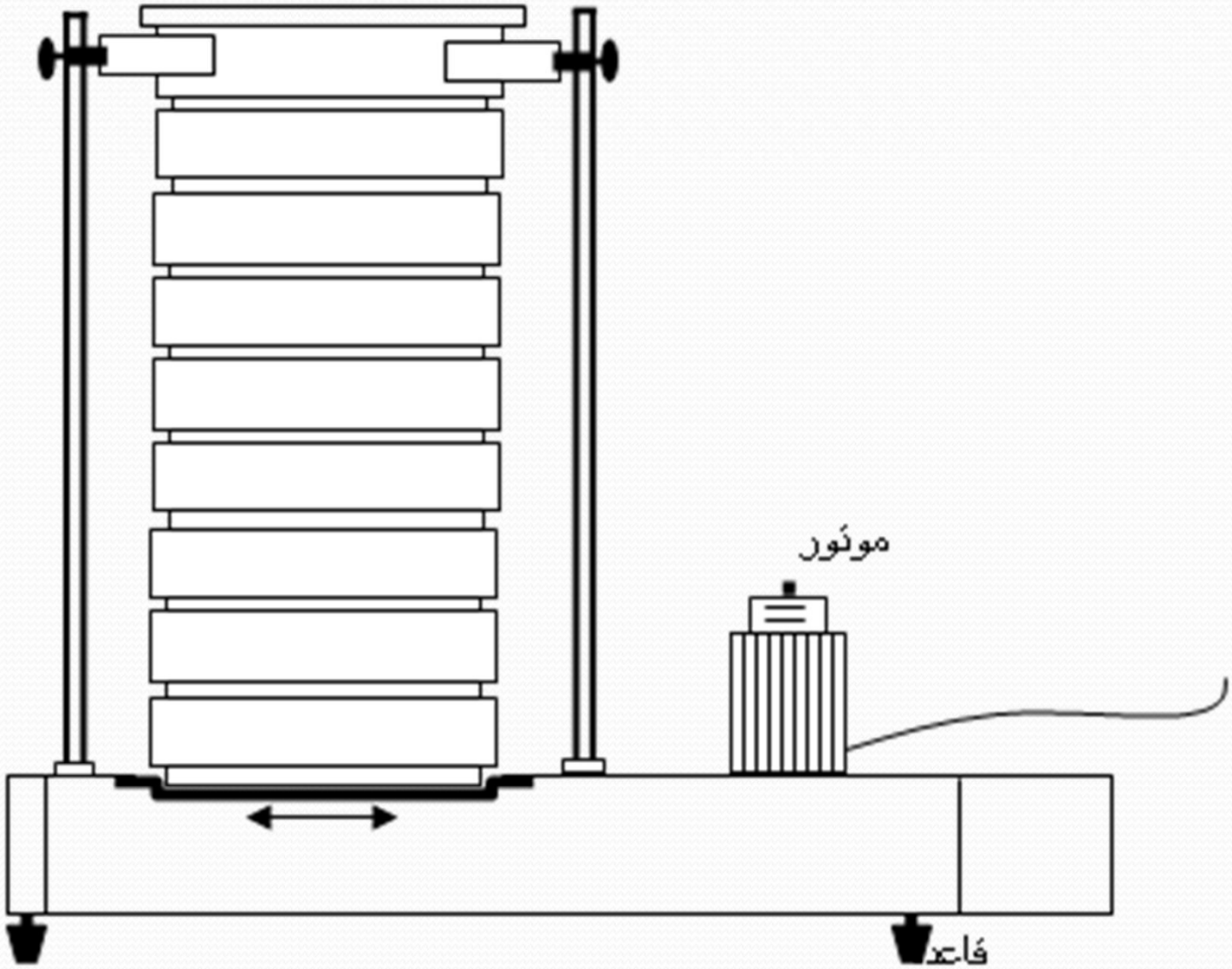
هو فصل المقاسات المختلفة لحبيبات الركام بعضها عن بعض باستخدام التحليل بالمناخل القياسية؛ حيث يتم هز الركام على مجموعة من المناخل التى توضع مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها بحيث يكون أكبرها مقاسا للأعلى شكل (٢٢). ثم يوزن المحجوز على كل منخل (المنخل يعرف بمقاس فتحته)، وتحسب النسبة المئوية من الركام المارة من كل فتحة. يتم توقيع العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية للركام المارة منه بيانيا، وتعرف هذه العلاقة بمنحنى التدرج الحبيبى.

وينقسم الركام من حيث التدرج الحبيبى الى، أشكال (٢٤ـ٢٧):

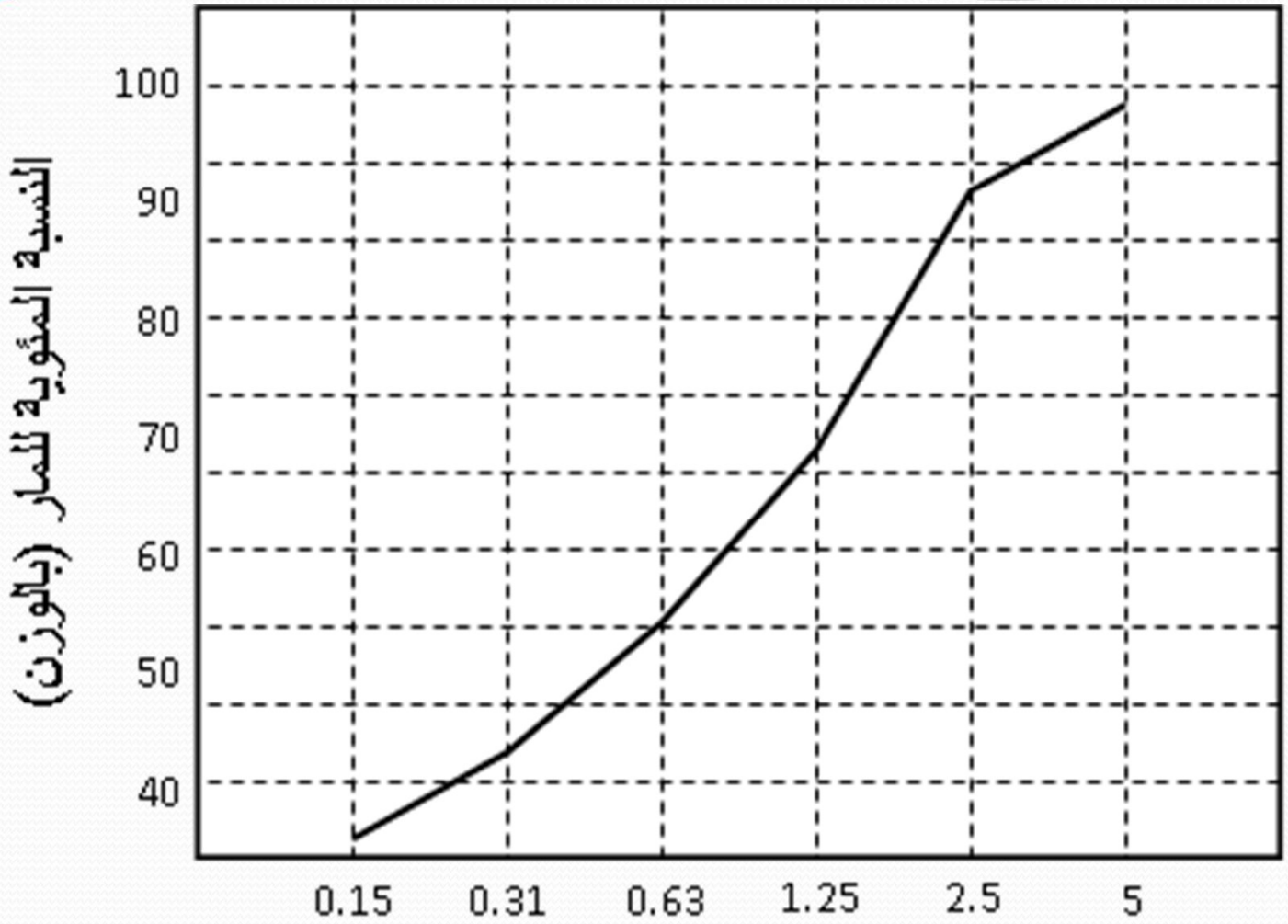
الركام المتدرج: وهو الذى يحتوى على المقاسات المختلفة.

الركام جيد التدرج: وهو الذى يحتوى على الكميات المناسبة من المقاسات المختلفة للمناخل القياسية بنسب متوازنة تحقق أقل نسبة فراغات بالركام.

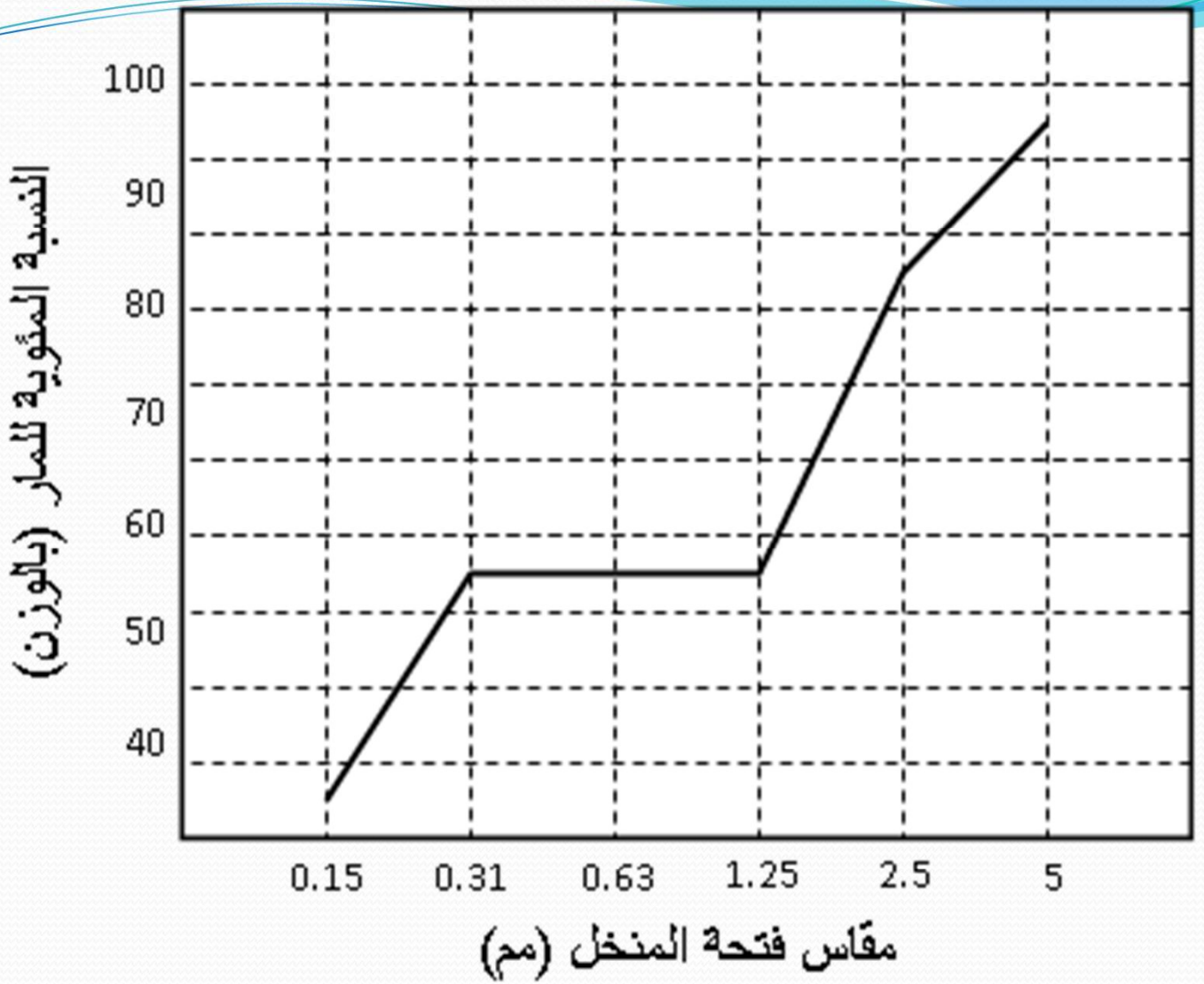
الركام ناقص التدرج: وهو الذى لا يوجد فية مقاس أو أكثر من مقاسات الركام المختلفة، ويظهر بوضوح فى المنحنى البيانى الخاص به حيث تظهر المقاسات الناقصة بخط أفقى.



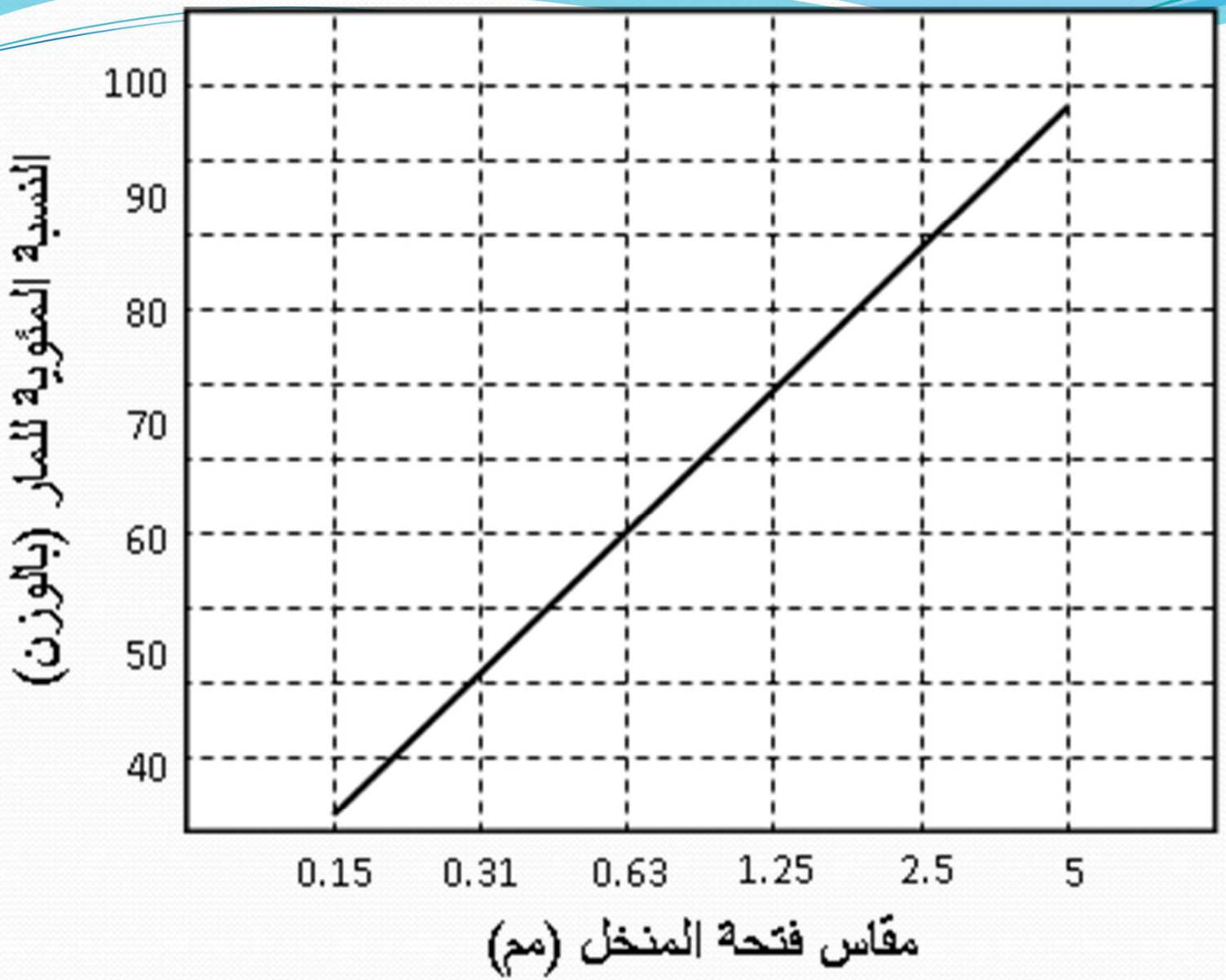
شكل(٢٢): هزاز المناخل الكهربائي



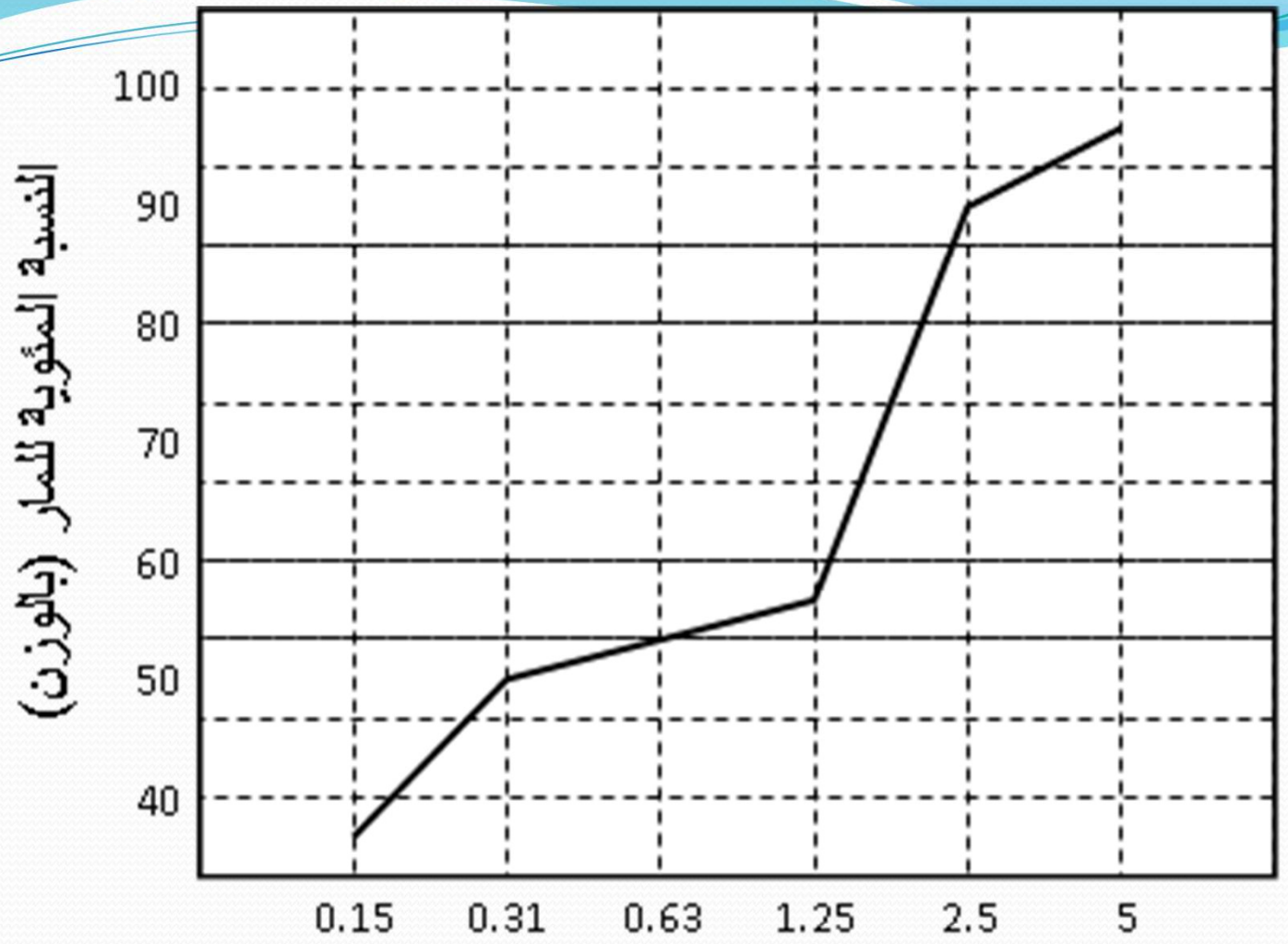
شكل (٢٤): منحنى التدرج للركام الصغير (ركام جيد التدرج)



شكل (٢٥): منحنى التدرج للركام الصغير (ركام ناقص التدرج)



شكل (٢٦): منحنى التدرج للركام الصغير (ركام مستمر التدرج)



شكل (٢٧): منحنى التدرج للركام الصغير (ركام سئ التدرج)

١-٧ : حدود التدرج الحبيبى

للحصول على ركام ذى تدرج حبيبى يناسب الاستخدام فى الخرسانة، يوصى كود الخرسانة باستخدام منحنيات تدرج معينة، حيث يتم تحديد حدود دنيا وعليا للنسب المارة من المناخل القياسية، ويتعين أن يكون تدرج الركام واقعا بين هذه الحدود ما أمكن. وتوضح الجداول الآتية حدود القبول والرفض للتدرج الحبيبى للركام الكبير والركام الصغير طبقا لمتطلبات الكود المصرى للخرسانة والمواصفات القياسية المصرية.

جدول حدود القبول والرفض للركام الكبير

(النسب المئوية المارة بالوزن)

مقاس فتحة المنخل (مم)	ركام متدرج (مم)		
	٥-٤٠	٥-٢٠	٥-١٠
٥٠,٠٠	١٠٠	--	--
٣٧,٥٠	١٠٠-٩٠	١٠٠	١٠٠
٢٠,٠٠	٧٠-٣٥	١٠٠-٩٠	١٠٠-٩٠
١٤,٠٠	--	--	--
١٠,٠٠	٤٠-١٠	--	٦٠-٣٠
٥,٠٠	صفر-٥	صفر-١٠	صفر-١٠
٢,٣٦	--	--	--

تابع ٧-١: حدود التدرج الحبيبى

جدول حدود القبول والرفض للركام الكبير

(النسب المئوية المارة بالوزن)

مقاس فتحة المنخل (مم)	ركام بمقاس مفرد (مم)			
	٤٠	٢٠	١٤	١٠
٥٠,٠٠	١٠٠	--	--	--
٣٧,٥٠	٨٥-١٠٠	١٠٠	--	--
٢٠,٠٠	صفر-٢٥	٨٥-١٠٠	١٠٠	--
١٤,٠٠	--	--	٨٥-١٠٠	--
١٠,٠٠	صفر-٥	صفر-٢٥	صفر-٥٠	١٠٠
٥,٠٠	--	صفر-٥	صفر-١٠	٥٠-١٠٠
٢,٣٦	--	--	--	صفر-٣٠

تابع ٧-١: حدود التدرج الحبيبى

جدول حدود القبول والرفض للركام الصغير

(النسب المئوية المارة بالوزن)

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية للمار من المنخل			
	الحد العام للتدرج	الحدود الإضافية للتدرج		
		خشن	متوسط	ناعم
١٠,٠٠	١٠٠	--	--	--
٥,٠٠٠	١٠٠-٨٩	--	--	--
٢,٣٦	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٠	١٠٠-٦٥	١٠٠-٨٠
١,١٨	١٠٠-٣٠	٩٠-٣٠	١٠٠-٤٥	١٠٠-٧٥
٠,٦٠٠	١٠٠-١٥	٤٥-١٥	٨٠-٢٥	١٠٠-٥٥
٠,٣٠٠	٧٠-٥	٤٠-٥	٤٨-٥	٧٠-٥
٠,١٥٠	صفر-١٥	--	--	--

٢-٧ : التدرج الحبيبى المجمع

هو تدرج حبيبى لركام خليط مرغوب نحصل عليه بمعرفة التدرج الحبيبى للركام الصغير والركام الكبير كل على حدة، ثم تجميع هذين التدريجين إما بنسبة معينة وهى نسبة الرمل:الزلط مثلا فى الخلطة الخرسانية، أو التجميع ليكون تدرج الركام الخليط الناتج مطابقا لمنحنى تدرج حبيبى معلوم، ويوضح الجدول الآتي حدود القبول والرفض للتدرج الحبيبى للركام الشامل طبقا لمتطلبات الكود المصرى للخرسانة والمواصفات القياسية المصرية.

جدول حدود القبول والرفض للركام الشامل

(النسب المئوية المارة بالوزن)

مقاس فتحة المنخل (مم)	النسبة المئوية للمارمن المنخل		
	المقاس الاعتبارى ٤٠ مم	المقاس الاعتبارى ٢٠ مم	المقاس الاعتبارى ١٠ مم
٥٠,٠٠	١٠٠	--	--
٣٧,٥٠	١٠٠-٩٥	١٠٠	--
٢٠,٠٠	٨٠-٤٥	١٠٠-٩٥	--
١٤,٠٠	--	--	١٠٠
١٠,٠٠	--	--	١٠٠-٩٥
٥,٠٠	٥٠-٢٥	٥٥-٣٥	٦٥-٣٠
٢,٣٦	--	--	٥٠-٢٠
١,١٨	--	--	٤٠-١٥
٠,٦٠٠	٣٠-٨	٣٥-١٠	٣٠-١٠
٠,٣٠٠	--	--	١٥-٥
٠,١٥٠	صفر-٨	صفر-٨	صفر-٨

٧-٣: معاير النعومة (Modulus of fineness) :

هو المعامل الذى يصف مقاس الركام المتوسط ويستعمل بكثرة فى دراسة ركام الخرسانة. ويستنتج من جداول التحليل بالمناخل للركام.

معاير النعومة = (مجموع النسب المئوية المحجوزة على المناخل القياسية التسعة)/١٠٠. ومعاير النعومة للرمل يتراوح من ٢,٠٠ – ٣,٧٥، وللزلط من ٥,٠٠- ٨,٠٠ ويستخدم هذا المعاير فى بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية.

٧-٤: المقاس الأعتبارى الأكبر للركام الكبير

(Coarse aggregate nominal maximum size)

هو مقاس أصغر فتحة منخل يسمح بمرور ٩٥% على الأقل من الركام الكبير. وكلما قل المقاس الأعتبارى الأكبر كلما زادت مقاومة الخرسانة فى الضغط، ويصاحب ذاك زيادة فى كمية الأسمنت المطلوبة لتغليف المساحة السطحية التى تزيد بقلة مقاس حبيبات الركام. ويجب ألا يزيد مقاس الركام عن خمس أقل بعد فى الشدة الخرسانية، ولا يزيد عن (٣ /٤) المسافة الخالصة بين حديد التسليح، ولا يزيد عن ثلث سمك البلاطة الخرسانية. فى أعمال الخرسانة المسلحة لا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام على ٤٠ مم، وفى أعمال الرصف فيؤخذ حتى ٦٥ مم. أما فى أعمال الخرسانة الكتلية فتستخدم مقاسات تصل إلى حوالى ١٥٠ مم، ولا تستخدم مقاسات أكبر من ذلك لصعوبة المناولة والدمك.

٨-٤: اشتراطات صلاحية ركام الخرسانة

يحدد الكود المصرى للخرسانة مجموعة من الاشتراطات الواجب توافرها فى ركام الخرسانة وتشمل:

١) يجب ان تكون حبيبات الركام الطبيعى صلدة وقوية الاحتمال وخالية من المواد الضارة والشوائب العضوية، ولا يكون لها تأثير سلبى على شك وتصلد ومقاومة الخرسانة وتحملها مع الزمن أو على صلب التسليح.

٢) يجب التأكد من عدم احتواء الركام الكبير على نسب تزيد عن المسموح به من الحبيبات المفلطحة أو العصوية (حد أقصى ٢٥ % بالوزن لكل من الحبيبات العصوية والمفلطحة).

٣) بالنسبة للعناصر الإنشائية المعرضة للبلل، فيجب التأكد من خلو الركام من اي مكونات سليسية نشطة أو كربونية لها قابيلية للتفاعل مع قلويات الاسمنت منتجة شروخا وتمددا غير مرغوب فيها. ولهذا الغرض تجرى فحوصات دقيقة مثل الفحص البتروجرافى والفحص بالاشعة السينية المتفرقة للتعرف على التركيب المعدنى للحجر والمكونات الضارة به.

٤) يجوز استخدام الركام الصناعى بشرط استيفاء متطلبات وحدود المواصفات القياسية.

٥) يجب أن يكون الركام متدرجا طبقا للمواصفات القياسية للركام، وفى حالة عدم توفر ركام بالتدرجات المطلوبة فيمكن استخدام تدرجات خاصة بناء على دراسات وتجارب معملية.

٦) يجب أن يكون المقاس الاعتبارى الأكبر فى الحدود المسموح بها بالمواصفات، وفى جميع الاحوال لايزيد المقاس الاعتبارى الأكبر عن خمس البعد الأصغر بين جانبى الشدة الخرسانية، أو ثلث سمك البلاطة الخرسانية، أو ثلاثة أرباع المسافة الخالصة بين اسياخ حديد التسليح.

٧) لايزيد المقاس الإعتبارى الاكبر للركام الكبير على ٤٠ مم فى الخرسانة المسلحة كما لا يزيد على ٢٥ مم فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

٨-٥: أنواع الركام شائعة الاستخدام وخواصها

١ - الرمل والزلط (Sand & Gravel): يعتبر الرمل والزلط الطبيعى من أرخص المصادر للركام، والذى يستخرج من مترسبات الأنهار أو من الكثبان الرملية. وتعتبر رمال وزلط مترسبات الأنهار الركام الأكثر ملائمة فى صناعة الخرسانة وذلك لأن معظم الحبيبات تكون مستديرة نتيجة لفعل المياه مع تدرج حبيبى مناسب. والركام الكبير يكون إما سيليسى التركيب أو جيرى وهو أقل قوة وأحتمالا من السيليسى. اما رمال الكثبان الرملية الناتجة بفعل الرياح فتكون صغيرة المقاس وناعمة وأقل صلاحية من ركام مترسبات مجارى النهار. وفى المناطق الصحراوية شديدة الحرارة يكون الحصول على الركام صعبا وبصفة خاصة النقص الواضح فى الزلط. يستخرج الرمل والزلط بعد إزالة القشرة السطحية ثم تعمل الحفر اللازمة يدوياً أو ميكانيكيا وبعد ذلك يفصل الرمل عن الزلط بالمنخل فتحة ٥ مم.

٢ - الأحجار المكسرة (Crushed stones): ويستعمل الركام من كسر الأحجار فى المناطق التى ينعدم فيها الرمل والزلط أو اذا كانت تكاليف الركام المستورد للمنطقة عالية. وتعطى الأحجار المكسرة ركاما جيدا مناسبا وغالبا تكون تكاليف إنتاجه أكثر نسبيا نتيجة التكسير، ويكون زاوى الشكل. من أمثله الأحجار المكسرة الصالحة للاستعمال الجرانيت وهو صلد ومتين وكثافته عالية، البازلت وهو أيضا من الصخور الممتازة للخرسانة، الحجر الرملى وهو يصلح عندما يكون الحجر صلدا وكثافته عالية، وكذلك أحجار الدولوميت.

ويحضر ركام الأحجار المكسرة بإزاله الطبقة السطحية أولا ثم ينسف الصخر وتنقل الكتل الكبيرة الى الكسارات حيث يكسر مبدئيا الى مقاسات لا تزيد عن ٨٠مم، ثم ينقل ليكسر الى المقاسات المطلوبه بواسطة أنواع أخرى من الكسارات.

٣- جلخ الأفران العالية: وينتج من الأفران العالية أثناء إنتاج الحديد ويتكون من سليكات الكالسيوم والماغنسيوم والألومنيوم. ويختلف من حيث التركيب الكيميائى والصلادة وشكل السطح باختلاف المصدر وطريقة التبريد. وخرسانة جلخ الأفران صعبة التشغيل مقارنة بخرسانة الزلط، كما أنها تحتاج الى كمية أكثر من ماء الخلط، إلا أنها تقاوم الحريق.

٤-الطوب المكسر: يمكن استخدام الطوب المكسر فى الخرسانة العادية غير المسلحة بشرط الا تكون عدم القابلية للنفاذ ومقاومة البرى من الخواص المطلوبة. كما يجب أن يستخدم الطوب المكسر النظيف والثابت الحجم والجيد الحرق وهو يعطى مقاومة عالية للحريق. ولا يستخدم الطوب المكسر المسامى كركام للخرسانة المسلحة حتى لا تتسرب الرطوبة التى تؤدى الى صدأ فى حديد التسليح.

٥- الفرموكوليت المنفوش: هو أحد عناصر مجموعة الميكا ويتم نفشه عن طريق تسخين الخام المجفف المطحون الى درجة ٩٨٠ °م لمدة ما بين ٤-٨ ثوان فيزيد حجمه حوالى ٣٠ ضعف. تمتاز حبيباته بخفة الوزن والنعومة. كما أنه عازل ممتاز للحرارة حتى حوالى ١١٠٠ °م.

٦- الحجر الخفاف: ركام طبيعى خفيف الوزن، ويستعمل للخرسانة الخفيفة على ألا يحتوى على مواد بركانية ناعمة. وهو افضل أنوع الركام لعزل الحرارة.

٧- ركـاز الحـديد: يستعمل الليمونيت والمجنيتيت (خام الحديد) بعد تكسيره للمقاسات المطلوبة كركام فى الخرسانة الثقيلة المقاومة للإشعاعات الذرية. كما يمكن استخدام الحديد الخردة كركام مع مراعاة أن يكون خاليا من الزيوت والشحومات.

٨-٦ : اختبارات الركام

١ - اختبار التدرج الحبيبى:

يهدف الاختبار تحديد التوزيع الحجمى لحبيبات الركام الصغير والكبير وذلك بطريقة التحليل بالمناخل القياسية، مع توضيح التدرج الحبيبى للركام بيانيا ومقارنته بالحدود المبينة فى المواصفات القياسية لركام الخرسانة.

الأجهزة: مجموعة من المناخل القياسية لكل من الركام الصغير والكبير وميزان حساس.

عينات الاختبار: فى اختبارات الركام تحضر عينة الاختبار بأخذ عينات متساوية تقريبا من مواضع مختلفة ومن نقط متفرقة، ثم تخلط خلطا تاما ويراعى عند أخذ كميات الركام أن تكون ممثلة تماما لغالبية الحبيبات. تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينة الكلية ويكون ذلك بطريقة التقسيم الربعى مثلا.

طريقة إجراء الاختبار: توزن عينة الركام الجافة بدقة وليكن وزنها "و". يتم نخل العينة بعد ذلك على المناخل القياسية على التعاقب بحيث يبدأ النخل على المنخل الأكبر وينتهى بالأصغر ويراعى أن تكون المناخل سليمة ونظيفة قبل استعمالها. تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا أو يدويا لمدة كافية وتتم عملية النخل بتحريك المناخل رأسيا وأفقيا ودائريا ليتيسر للحبيبات فرصة المرور من الفتحات، وتوزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس.

النتيجة: يتم حساب النسبة المئوية للركام المحجوز والنسبة المئوية المارة من كل منخل كما هو موضح بالجدول التالى:

(١) مقاس المنخل (مم)	(٢) الوزن المحجوز (جم)	(٣) الوزن التراكمى المحجوز(جم)	(٤) النسبة المئوية للمحجوز	(٤) النسبة المئوية للمار
٤٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠	٨٠
٢٠	٣٠٠	٥٠٠	٥٠	٥٠
١٠	٤٠٠	٩٠٠	٩٠	١٠
٥	١٠٠	١٠٠٠	١٠٠	صفر

ويمكن توضيح التدرج الحبيبى بيانيا بواسطة منحنى إحداثياته الرأسية تمثل النسبة المئوية المارة من المنخل والأفقية تمثل فتحات المناخل موقعة بمقياس رسم حسابى أو لوغاريتمى.

مثال:

أجرى اختبار التحليل بالمناخل على عينة من الركام الشامل وكانت نتائج الاختبار كالآتى :

فتحة المنخل(مم)	الوزن المحجوزعلى كل منخل (جم)	فتحة المنخل(مم)	الوزن المحجوزعلى كل منخل (جم)
٤٠	٣٥٠	١,١٨	٩٠٠
٢٠	٢٣٠٠	٠,٦٠	٨٠٠
١٠	١٩٠٠	٠,٣٠	٥٠٠
٥	١٤٠٠	٠,١٥	٤٠٠
٢,٣٦	١٢٠٠		

١) إرسم منحنى التدرج الحبيبى للركام الشامل؟

٢) حدد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الخليط؟

٣) إحسب معاير النعومة للركام الخليط؟

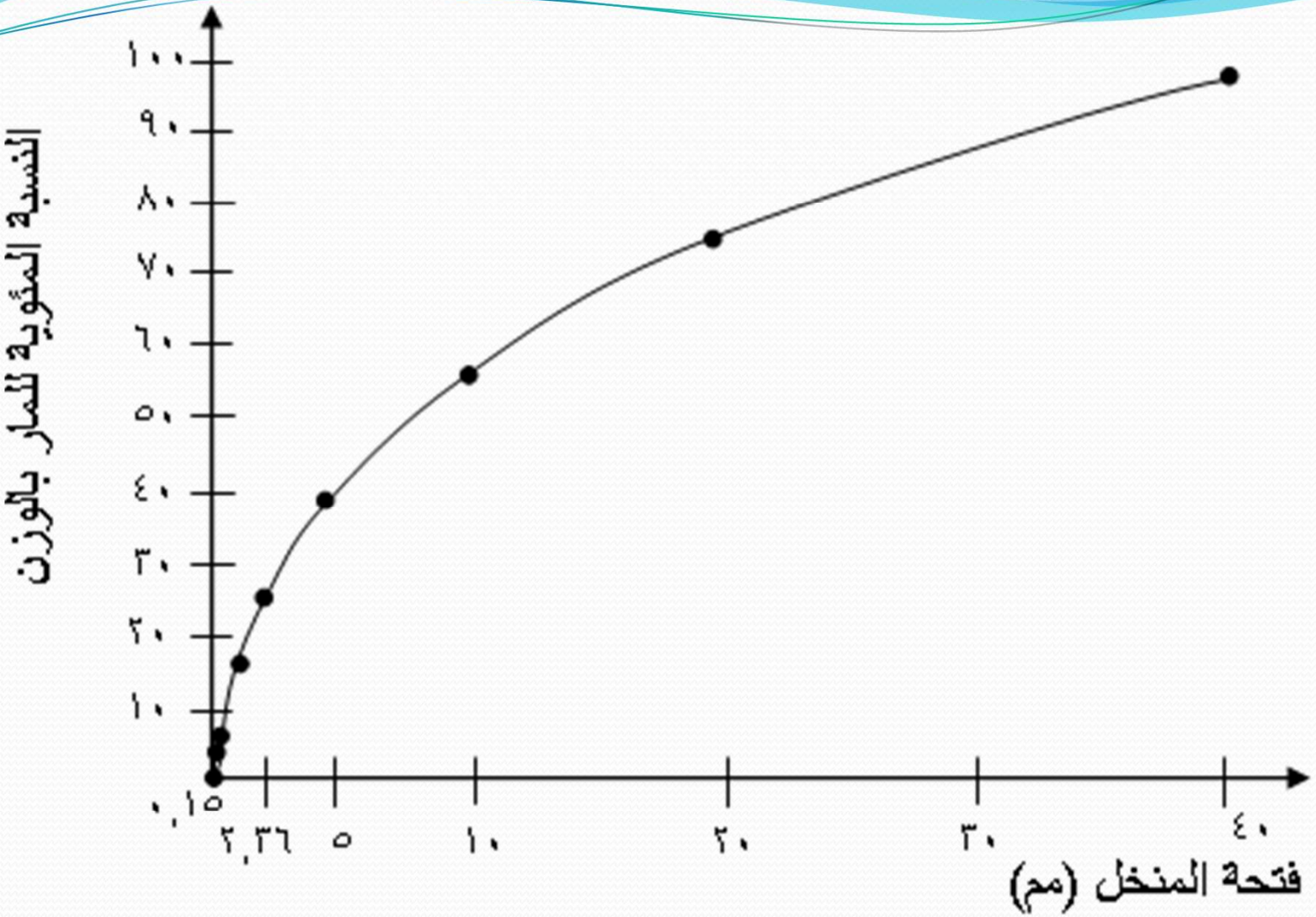
الإجابة:

فتحة المنخل (مم)	الوزن المحجوز على كل منخل (جم)	الوزن الكلى المحجوز (جم)	النسبة المئوية للمحجوز الكلى	النسبة المئوية للمار
٤٠	٣٥٠	٣٥٠	٣,٦	٩٦,٤
٢٠	٢٣٠٠	٢٦٥٠	٢٧,٢	٧٣,٨
١٠	١٩٠٠	٤٥٥٠	٤٦,٧	٥٣,٣
٥	١٤٠٠	٥٩٥٠	٦١,٠	٣٩,٠
٢,٣٦	١٢٠٠	٧١٥٠	٧٣,٦	٢٦,٤
١,١٨	٩٠٠	٨٠٥٠	٨٢,٦	١٧,٤
٠,٦٠	٨٠٠	٨٨٥٠	٩٠,٨	٩,٢
٠,٣٠	٥٠٠	٩٣٥٠	٩٥,٩	٤,١
٠,١٥	٤٠٠	٩٧٥٠	١٠٠	٠٠
			٥٨١,٤٠	

شكل (٢٨) يبين منحنى التدرج الحبيبى للركام الشامل

المقاس الاعتبارى الاكبر = ٤٠ مم

معاير النعومة = ٥٨١,٤ / ١٠٠ = ٥,٨١



شكل (٢٨): منحنى التدرج الحبيبى للركام الشامل

٢- تعيين كمية الطين والمواد الناعمة بالركام (Determination of clay and other fine materials in aggregate):

وجود هذه المواد بالركام بكمية كبيرة يجعله غير صالح للخرسانة لأنه يتسبب فى نقص شديد فى مقاومة الخرسانة وتأخير زمن تفاعلات الأسمنت مع الماء كما يتسبب وجودها فى زيادة الانكماش بعد الجفاف بالخرسانة الذى ينتج عنه شروخا غير مرغوبة.

الغرض: بهدف هذا الاختبار إلى تحديد كمية الطين والمواد الناعمة التى تمر من المنخل القياسى ٠,٠٧٥ مم، والتى يجب ألا تزيد كنسبة مئوية بالوزن عن ٣% فى حالة الرمل، ١% فى حالة الزلط ، ٣% فى حالة كسر الأحجار. ويفيد الطين والمواد الناعمة اذا كانت دقيقة وبكميات بسيطة جدا فى ملء الفراغات الصغيرة فى الخرسانة العادية .

الأجهزة: منخلان قياسيان (٠,٠٧٥ مم ، ٠,١٤١ مم)، وعاء ذو غطاء محكم تكفى سعته لأن توضع به عينة الاختبار وتغطى بالماء ويسمح بالتقليب دون فقد أى جزء من المادة أو الماء.

٢- تابع تعيين كمية الطين والمواد الناعمة بالركام (Determination of clay and other fine materials in fine aggregate):

طريقة اجراء الاختبار: تجفف عينة الاختبار عند درجة ١٠٥ °م إلى أن يثبت وزنها، ثم توضع فى الوعاء وتغطى بالماء وتقلب بشدة ثم يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين القياسين ٠,١٤١، ٠,٠٧٥ مم بحيث يكون المنخل ٠,١٤١ مم هو الأعلى. تكرر هذه الخطوة الى ان يصبح ماء الغسيل رائقاً. تعاد بعد ذلك المواد المحجوزة على المنخلين الى الوعاء ليضاف الى العينة المغسولة، ويجفف الركام.

النتيجة: يتم حساب النسبة المئوية للطين والمواد النماعمة المارة من المنخل ٠,٠٧٥ مم بحساب نسبة الفرق بين الوزنين الجافين إلى الوزن الإبتدائى.

وتوجد طريقة أخرى وهى طريقة الترسيب بموقع العمل: حيث يوضع ٥٠سم^{٣} ماء نقى فى مخبار مدرج سعته ٢٠٠سم^{٣} ثم تضاف إليه عينة الرمل تدريجيا حتى تصل طبقة الرمل الى علامة ١٠٠سم^{٣} ثم يضاف الماء النقى حتى يصير الحجم الكلى ١٥٠سم^{٣}. يرج المخلوط بشدة لدرجة تجعل حبيبات الطين تتعلق بالماء ويوضع المخبار على سطح مستوى ثم يطرق خفيفا على جدار المخبار ويترك لمدة ٣ ساعات. تحسب النسبة المئوية لكميات الطين والمواد الناعمة بالركام الصغير (الرمل) بالحجم بحساب النسبة بين سمك الطبقة المترسبة فوق سطح الركام الصغير وإرتفاع الرمل أسفل الطبقة المترسبة.

٣ـ تحديد كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير (Determination of organic impurities in fine aggregate):

الغرض: يهدف هذا الاختبار إلى الاستدلال على كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمال الطبيعية بطريقة تقريبية لأن وجودها بكميات كبيرة يضر بالخرسانة حيث تتفاعل مع الأسمنت أو تغلف الحبيبات فتمنع التماسك وتؤخر شك وتصلد الأسمنت.

الجهاز: ٢ مخبار مدرج ذو غطاء زجاجى سعته ٢٠٠سم^{٣}.

طريقة اجراء الاختبار: يختبر الرمل بحالتة المورد بها بدون تجفيف وذلك بأن يملأ المخبار الأول المدرج بالرمل إلى علامة ١٠٠سم^{٣} ، ثم يضاف الية محلول ٣% هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير حجم الرمل والمحلول بعد رجهما ١٥٠سم^{٣} ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجى. يحضر محلول قياسى فى المخبار الثانى ويتكون هذا المحلول القياسى من ٢.٥سم^{٣} من محلول ٢% حامض التانيك المذاب فى ١٠% كحول إيثيلى + ٩٧,٥سم^{٣} من محلول ٣% هيدروكسيد الصوديوم ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجى ويرج بشدة ويترك لمدة ٢٤ ساعة.

النتيجة: يقارن لون المحلول الموجود فوق الرمل بلون المحلول القياسى بعد مدة ٢٤ ساعة فاذا كان لون محلول الرمل أفتح من المحلول القياسى يعتبر الرمل مقبولا حيث أن كمية ما به من الشوائب العضوية ـ إن وجدت ـ تعتبر عديمة التأثير أما إذا كان لون المحلول قاتما عن لون المحلول القياسى فلا يعتبر الرمل مقبولا إلا إذا أجرى عليه اختبار تعيين درجة الضرر على مقاومة الضغط للمونة.

٤- اختبار امتصاص الركام للماء:

تؤخذ عينة من الركام تزن حوالى ٣ كجم للمقاس الأعتبارى الأكبر ١٠مم فأكثر أو كجم واحد للمقاس الأقل. تجفف عينة الاختبار وتوزن، ثم يغمر الركام فى ماء نقى حرارته من ١٥-٢٥ °م لمدة ٢٤ ساعة ويلاحظ إزاله فقاقيع الهواء التى تظهر على سطح الركام بالتقليب البسيط. يؤخذ الركام ويجفف الماء الظاهر على سطحة بسرعة بقطعة رطبة من القماش ثم توزن فى الحال.

النتيجة: يتم حساب النسبة المئوية للامتصاص كنسبة الفرق بين الوزنين / الوزن الجاف.

٥- اختبار الوزن النوعى الظاهرى للركام:

الوزن النوعى للركام = وزن الركام / وزن الماء المساوى له فى الحجم (وزن الماء المزاح)

طريقة اجراء الاختبار: تغسل عينة الاختبار من الركام الصغير أو الكبير لإزالة الأتربة ثم تجفف وتبرد وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن الى ان يثبت الوزن .فى حاله الركام الصغير يسكب ماء حرارته بين ١٥-٢٥ °م فى قنينة الوزن النوعى بحيث يعلو الركام وتؤخذ القراءة ثم يضاف الركام الجاف داخل قنينة الوزن النوعى ويترك مغمورا لمدة ساعة مع إزاله فقاقيع الهواء الموجودة وذلك بطرق القنينة خفيفاً فوق قطعة من اللباد مثلا ثم تؤخذ القراءة ويعين حجم الركام من الفرق بين القراءتين. فى حاله الركام الكبير تتبع نفس الخطوات السابقة مع استعمال وعاء أكبر بدلا من القنينة.

النتيجة: الوزن النوعى الظاهرى = وزن الركام / الحجم.

٦ـ تعيين الوزن الحجمى:

الوزن الحجمى للركام = وزن الركام /الحجم الذى يشغله هذا الركام بما فية من فراغات.

الأجهزة: وعاء معدنى متين أسطوانى الشكل ذو حجم مناسب، قضيب دمك معدنى بطول ٥٠ سم، ميزان حساس.

طريقة اجراء الاختبار: يوزن الوعاء فارغا وجافا ونظيفا بعد تحديد سعته. فى حالة الركام المكبوس يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد عن ٥ سم فوق الوعاء ثم تزال الزيادة بنفس الطريقة السابقة. يوزن الوعاء بما فيه من ركام ويعين وزن الركام.

النتيجة: الوزن الحجمى للركام = الوزن / الحجم الكلى

٧ـ تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم (Determination of coarse aggregate crushing strength):

معامل التهشيم هو النسبة المئوية بالوزن المارة من المنخل القياسى ٢,٥مم وذلك بعد تعريض عينة الاختبار لضغط قدرة ٤٠ طن. ومعامل التهشيم ذو أهمية خاصة فى صناعة خرسانة الطرق المعرضة للتآكل أو الصدمات. وزيادة قيمة معامل التهشيم تدل على ضعف الركام، ولذلك يجب ألا تزيد قيمته عن ٤٠% للخرسانة بالمنشآت العادية وعن ٣٠% للخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل.

٧- تابع تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم (Determination of coarse aggregate crushing strength):

الأجهزة: مكيال معدنى أسطوانى، اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها قاعدة منفصلة من الصلب، مكبس اسطوانى مصمت بقطر يساوى القطر الداخلى للإسطوانة، ميزان حساس، مناخل مقاس ٢,٣٦، ١٠، ١٤مم، ماكينة اختبار الضغط.

عينة الاختبار: ينخل الركام على المنخلين القياسيين ١٠،١٥ مم على التعاقب ويستعمل الركام المار من ١٥ مم والمحجوز على ١٠مم ثم يملأ المكيال على ٣ دفعات متساوية تقريبا وتدمك كل دفعة ٢٥ مرة بقضيب الغز القياسى ويسوى السطح.

طريقة اجراء الاختبار: تجفف عينة الاختبار بتفريغها من المكيال فى وعاء مسطح لمدة ٢٤ساعات ثم يبرد ويوزن. تملأ الأسطوانة على ٣ دفعات بالطريقة القياسية ويسوى السطح ويوضع فوقة المكبس الصلب. توضع الأسطوانة والقاعدة والمكبس فى ماكينة الاختبار ويتم التحمل تدريجيا (بمعدل ٤طن /دقيقة) حتى يصل الحمل الى ٤٠ طن. يرفع الحمل ويرفع الركام من الأسطوانة وينخل على المنخل القياسى ٢,٣٦مم ويعين الوزن المار منه.

النتيجة: معامل التهشيم للركام الكبير = الوزن المار / وزن العينة الإبتدائى.

Questions ?