الباب الأول

ركام الخرسانة

(Concrete Aggregates)

مقدمة :

أولا : التقسيم العام للركام

ثانيا : الخواص العامة للركام

ثالثا : الخواص المميزة لبعض الانواع المحلية لركام الخرسانة

رابعا : اشتراطات صلاحية ركام الخرسانة

خامسا خواص حبيبات الركام المؤثرة فى جودة الخرسانه :

(أ) الخواص الطبيعية :

١ ــ الفراغات الداخلية
٢ ــ تماسك حبيبات الركام
٣ ــ شكل حبيبات الركام
٤ ــ التمدد الحرارى
٥ ــ الحرارة النوعية
٦ ــ الوزن النوعى
٧ ــ وحدة الوزن والفراغات
٨ ــ الرطوبة وامتصاص الماء
٩ ــ الزيادة الحجمية للركام الصغير
١٠ ــ المساحة السطحية لحبيبات الركام
١١ ــ التدرج الحبيبى
١٢ ــ الطين والطفل والتراب الناعم .

(ب) الخواص الكيميائية :

١ ــ مدلول الخواص الكيميائية الركام
٢ ــ ثبات حجم الركام
٣ ــ التفاعل القلوى للركام
٤ ــ المواد العضوية بالركام
٥ ــ العناصر والاملاح غير المرغوبة فى الركام

(حـ) الخواص الميكانيكية :

١ ــ صلادة الركام
٢ ــ متانة الركام
٣ ــ مقاومة الركام الكبير التهشيم
٤ ــ تحمل الركام مع الزمن

سادسا : مناولة وتخزين الركام

سابعا : اختبارات الركام

مقدمة :

تتكون الخرسانة من حبيبات صخرية متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هى عجينة الأسمنت ويطلق اسم « الركام » على تلك الحبيبات الصخرية التى تكون بصفة عامة متدرجة فى الحجم من حبيبات صغيرة من الرمل إلى حصى وحبيبات كبيرة من الزلط أو الأحجار المكسرة . ويمثل الركام فى الخرسانة الجزء المالىء الخامل نسبيا ويشغل حوالى ٧٥ ٪ من حجم الكتلة الخرسانية .

أما الوسط اللاحم فهو عبارة عن المادة الناتجة من اتحاد الأسمنت والماء .

ويقوم الركام بالأعمال الرئيسية الآتية فى الخرسانة :

(ا) يكون الركام جسم الخرسانة الذى يستطيع أن يقاوم الأحمال التى تتعرض لها وعوامل البرى وفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وبرودة وجفاف وبلل ... الخ .

(ب) يعتبر الركام نسبيا مادة مالئة رخيصة لتكوين جسم الخرسانة مع المادة اللاحمة .

(حـ) يساعد الركام على إنقاص التغيرات الحجمية الناتجة من شك وتصلد عجينة الأسمنت والماء وكذلك من تغيرات الرطوبة فى الخرسانة .

وتتوقف خواص الخرسانة المصنوعة من ركام معين على ما يأتى :

(ا) المميزات المعدنية لحبيبات الركام وبصفة خاصة ما يتعلق بالمقاومة والمرونة والمتانة والتحمل مع مرور الزمن .

(ب) الخواص المميزة لسطح حبيبات الركام وبصفة خاصة ما يتعلق بدرجة تشغيل الخرسانة الطازجة وكذلك بالتماسك فى الخرسانة المتصلدة .

(حـ) التدرج الحبيبى للركام وبصفة خاصة ما يتعلق بدرجة تشغيل الخرسانة الطازجة وكثافتها وكذلك الناحية الاقتصادية لخلطة الخرسانة .

(د) كمية الركام فى المتر المكعب من الخرسانة وبصفة خاصة ما يتعلق بالتكاليف والتغيرات الحجمية الناتجة عن جفاف الخرسانة .

ومعظم العوامل التى تتوقف عليها ملاءمة الركام الخرسانة ترجع إلى التاريخ الجيولوجى للمنطقة المحيطة بالركام . وتعتبر العمليات الجيولوجية المختلفة مسئولة عن حجم وشكل وموقع الركام كذلك عن نوع وحالة الصخر وتدرج الحبيبات واستدارتها ودرجة انتظامها بالإضافة إلى عدد آخر من العوامل التى تتعلق بمسألة الاستعمال .

أولا — التقسيم العام للركام :

يمكن تقسيم ركام الخرسانة إلى مجموعتين :

(ا) ركام من المصادر الطبيعية : وهو الركام المأخوذ من المحاجر الطبيعية بدون أى تغيير لحالته الطبيعية أثناء خطوات الإنتاج فيما عدا بعض الحالات فيما تتعلق بالمقاس والتدرج الحبيبى والغسيل أو التكسير وعادة يكون ركام المصادر الطبيعية من حبيبات صخرية نتيجة لتفتت أو سحق الصخور مثل الرمل والزلط والأحجار المكسرة وأحياناً حبيبات خام الحديد والحجر الخفاف .

(ب) ركام صناعى : ويتضمن الركام الناتج صناعيا ما يأتى :

١ — ركام ناتج بجانب الإنتاج (By - Product) مثل ركام خبث الأفران وركام مخلفات الفحم المحترق (سندر) .

٢ — ركام مصنع وفقاً لعمليات معينة كالمعالجة الحرارية لإنتاج مواد متعددة تتميز بخفة الوزن مثل الطين المحروق والفيرموكليت « المنفوش » .

٣ — ركام ملون للخرسانة المعمارية وأغراض الزينة مثل حبيبات الزجاج والسيراميك والرخام .

ثانيا — الخواص العامة للركام :

يمكن تقسيم حبيبات الركام بالنسبة للخواص المميزة المختلفة كما يأتى :

(ا) بالنسبة للمقاس :

١ — الركام الصغير ؛ وهو مجموعة الحبيبات التى يمر معظمها (٩٥٪ — ١٠٠٪) من المنخل القياسى ٤,٧٦ ملليمتر ($\frac{٣}{١٦}$ بوصة) ولا يزيد ما يحتجز منهـــا على هذا

المنخل عن النسب المسموح بها فى حدود التدرج المذكورة فى المواصفات القياسية .

٢ — الركام الكبير : وهو مجموعة الحبيبات التى يحتجز معظمها (٩٥٪ — ١٠٠٪) على المنخل القياسى ٤,٧٦ ملليمتر ($\frac{٣}{١٦}$ بوصة) ولا يزيد ما يمر منها من هذا المنخل عن النسب المسموح بها فى حدود التدرج المذكورة فى المواصفات القياسية .

٣ — الركام الشامل : وهو خليط من الركام الصغير والركام الكبير .

(ب) بالنسبة للشكل :

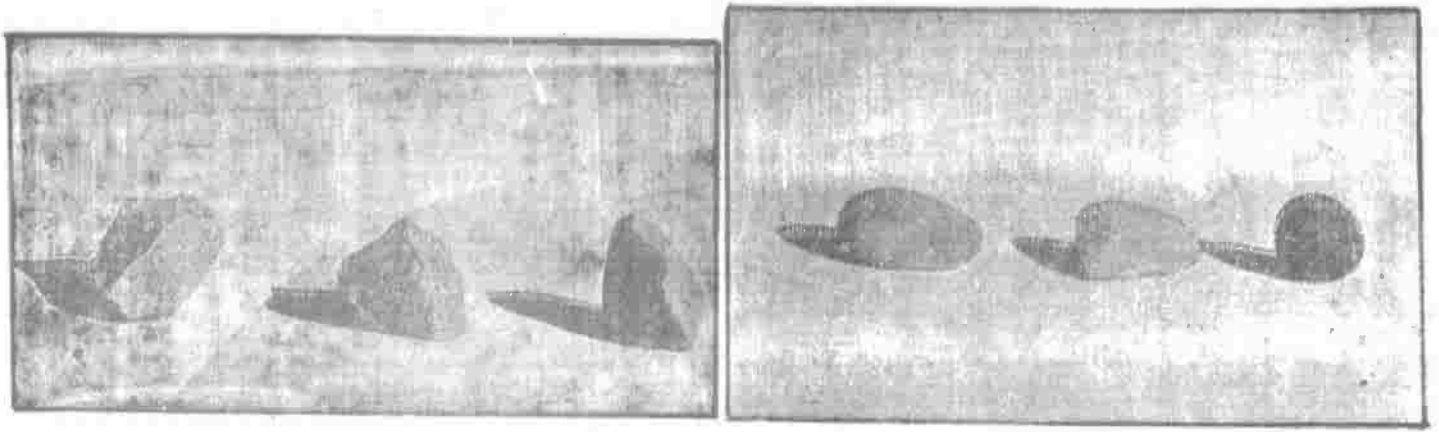
يمكن تقسيم شكل الركام إلى الأشكال الخمسة التالية المبينة بالجدول رقم (١ — ١) والشكل رقم (١ — ١ ٠ ا) ورقم (١ — ١ ٠ ب) .

(جـ) بالنسبة لحالة السطح :

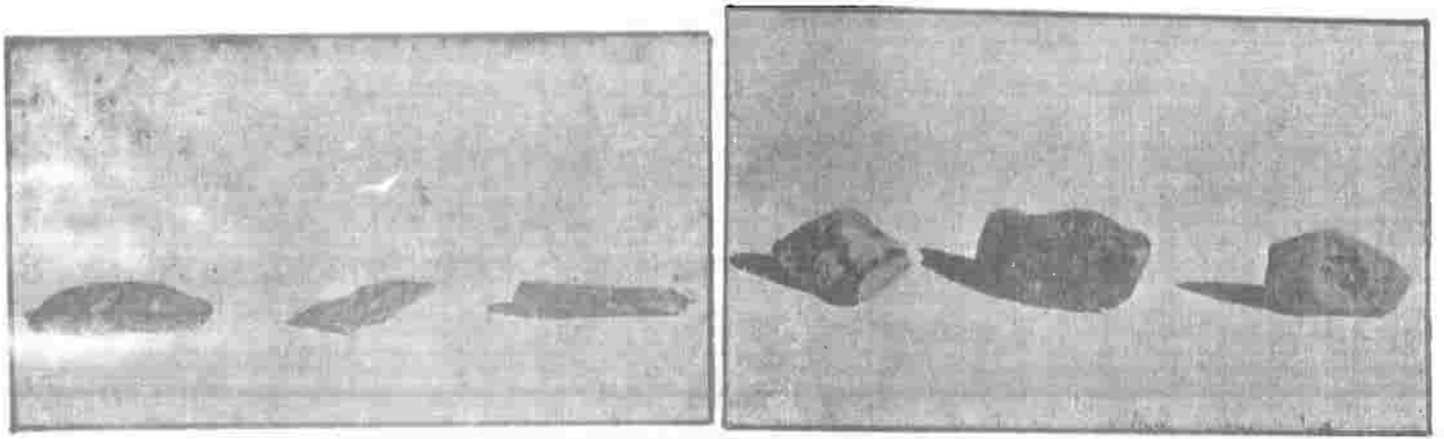
يمكن تقسيم سطح حبيبات الركام إلى ست مجموعات كما يوضحها الجدول رقم (١ — ٢) ويمكن أن تؤثر الخواص المميزة لحبيبات الركام على خواص الخرسانة كما يأتى :

(ا) تأثير المقاس : تزيد المساحة السطحية لحبيبات الركام كلما كان مقاسها صغيرا وعند استخدامها فى الخرسانة تحتاج إلى كمية من ماء الخلط أكثر حتى تستطيع أن تغلف كل المساحة السطحية الكبيرة الوصول إلى درجة التشغيل المناسبة للخرسانة ويترتب على استعمال هذه الكمية الكبيرة من ماء الخلط نقص ظاهر فى مقاومة الخرسانة المتصلدة . كذلك تحتاج حبيبات الركام ذات المقاس الصغير إلى كمية أكبر من عجينة الأسمنت اللازمة لتغليف هذا السطح الكبير .

شكل رقم (١ — ١ ٠ ا)
الأشكال المختلفة لحبيبات الركام



ركام مدور ركام زاوى



ركام غير منتظم شكل رقم (١ — ١ « ب ») الأشكال المختلفة لحبيبات الركام ركام مفلطح وعصوى

جدول رقم (١ — ١) — شكل حبيبات الركام

التقسيم	الوصف	الأمثلة
مدوّر	استدارة الحبيبات نتيجة لتآكلها بفعل المياه أو بعوامل التعرية الأخرى .	زلط الأنهار أو شواطىء البحار — رمل الصحراء أو شواطىء البحار أو رمال منقولة بالرياح .
غير منتظم	غير منتظم طبيعيا أو مشكلا تشكيلا جزئياً بعوامل التعرية وله حواف مستديرة .	زلط الحفر وحجر الصوان .
زاوى	ذو حواف حادة واضحة عند تقاطع أسطحه الخشنة .	جميع أنواع الأحجار المكسرة
مفلطح	حبيبات معظمها زاوى ذات سمك صغير بالنسبة لطولها أو عرضها	صخور طبقية .
عصوى	حبيبات معظمها ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث .	صخور طبقية أو صخور أخرى تعرضت لعوامل تعرية أو بفعل الكسارة .

(ب) تأثير الشكل : الحبيبات المستديرة أكثر قابلية للانضغاط والكبس عن مثيلاتها من الحبيبات الزاوية وعلى ذلك يؤثر شكل حبيبات الركام على النسبة المئوية للفراغات ومن ثم على الكمية المطلوبة من عجينة الأسمنت أى أن الحبيبات المستديرة تحتاج إلى كمية أقل من عجينة الأسمنت أو بعبارة أخرى تنتج شيكارة الأسمنت كمية أكبر من الخرسانة . هذا بالإضافة إلى أن الحبيبات المستديرة تعطى درجة عالية من التشغيل عن مثيلتها من الحبيبات الزاوية والتى تحتوى على نسبة مماثلة من

جدول رقم (١ - ٢) - سطح حبيبات الركام

رقم المجموعة	الوصف	الصفات المميزة	الأمثلة
١	زجاجى	ركام صدفى المكسر .	صوان أسود
٢	ناعم	ركام مصقول بفعل المياه أو نتيجة لكسر صخر طبقى أو صخر دقيق الحبيبات .	الزلط والاردواز والرخام وبعض الصخور النارية .
٣	حبيبى	ركام يظهر فى مكسره حبيبات مستديرة منتظمة تقريباً .	الحجر الرملى .
٤	خشن	ركام سطح مكسره خشن ذو حبيبات رفيعة أو متوسطة ويحتوى على بللورات لا ترى بسهولة .	بازلت - فلنت - بورفير حجر جيرى كربو حديدى
٥	بلورى	ركام يحتوى على بلورات واضحة	جرانيت - جابرو - جيلس
٦	معشش ومسامى	ركام به مسام وتجاويف واضحة	الحجر الخفاف .

الفراغات . أما حبيبات الركام غير المنتظمة الشكل فإنها تعطى خرسانة صعبة التشغيل وتحتاج إلى تغيير فى التدرج الحبيبى للوصول إلى درجة تشغيل أفضل . وعادة تحتاج الحبيبات غير المنتظمة إلى زيادة كمية حبيبات الركام الصغيرة عن مثيلتها الحبيبات المستديرة وتعطى حبيبات الركام المفلطح نتائج غير مرضية فى أعمال الخرسانة حيث أن استعمالها يؤدى إلى كبس وانضغاط مفكك غير تام بالإضافة إلى زياده مساحتها السطحية .

(ج) تأثير حالة السطح : تؤثر حالة سطح الركام إلى حد ما على مقاومة الخرسانة الناتجة . فالحبيبات ذات السطوح اللامعة لا تعطى خرسانة فى قوة الحبيبات ذات السطوح المطفأة اللمعة أو الخشنة قليلا ، وقد يرجع ذلك إلى تأثير هذه السطوح على التماسك مع عجينة الاسمنت . أما الحبيبات ذات السطوح الناعمة فإنها تحسن قابلية الخرسانة

للتشغيل حيث أنها تقلل الاحتكاك أثناء عملية الخلط . وتختلف حبيبات الركام بعضها عن بعض من حيث المسامية ويوجد كثير من الزلط والأحجار المكسرة ذو مسامية قليلة . وفى الجانب الآخر يوجد ركام جلخ الأفران الذى يحتوى على فراغات وتجاويف داخلية كبيرة : وكلما زادت نسبة المسامية فى حبيبات الركام قلت قوة الخرسانة الناتجة . أما الركام الذى يتميز بوحدة وزن منخفضة مثل الركام المصنع وفقاً لعمليات معينة فهى تنسب غالباً إلى الركام خفيف الوزن ، كما ينسب الركام الذى يتميز بوحدة وزن عاليه إلى الركام ثقيل الوزن مثل ركام خام الحديد .

ثالثا— الخواص المميزة لبعض الأنواع المحلية لركام الخرسانة :

(ا) الرمل والزلط : يعتبر الرمل والزلط الطبيعى عادة أرخص مصدر للركام ويستخرج عادة من مترسبات الأنهار (مجاريها) كالأماكن المختلفة من وادى النيل (رمل وزلط الهرم ورمل وزلط الخطاطبة) أو من الكثبان الرملية مثل رمال الساحل (رمل سيدى بشر) وتعتبر رمال وزلط مترسبات الأنهار أكثر أنواع الركام شيوعاً وملاءمة للأعمال الخرسانية المختلفة وذلك لأن الحبيبات يكون أغلبها مستديراً نتيجة لفعل المياه عند نقل وترسيب الركام مع تدرج حبيبى مناسب بالإضافه إلى برى الأجزاء الضعيفة من الحبيبات . أما رمال الكثبان الرملية الناتجة بفعل الرياح فتكون صغيرة المقاس وناعمة وأقل صلاحية من ركام مترسبات مجارى الأنهار .

ويكون الرمل والزلط الطبيعى الناتج من فعل المياه الجارية والعوامل الجوية سيليسى فى تركيبه (رمل وزلط الهرم والخطاطبة) أو جيرى وهو أقل قوة واحتمالا ومتانة من السيليسى ويحتمل وجود شوائب به (رمل سيدى بشر بالاسكندرية وزلط التبين بالقرب من حلوان) .

ويعطى الجدول رقم (١ - ٣) التحليل الكيميائى لبعض أنواع الرمال .

وفى المناطق الصحراوية الشديدة الحرارة يكون الحصول على الركام صعباً وبصفه خاصة النقص الواضح فى الزلط . وتكون كذلك المساحات المحتوية على رمل وزلط متشربة بكميات كبيرة من الأملاح الضارة بالخرسانة مثل الجبس (بعض المناطق الموجودة بالقرب من مرسى مطروح) ويعتبر ركام كل هذه المناطق غير مناسب . . وبالرغم من أن هذه المناطق الصحراوية عبارة عن رمال إلا أنه غالباً

جدول رقم (١ — ٣) — التحليل الكيميائى للرمل

التركيب الكيميائى	الهرم	الخطاطبة	سيدى بشر	العجمى
ثانى أوكسيد السيليكون	٩٦,٤٨	٨٨,٨٨	١١,٩٠	١,٧٣
أكاسيد الألمنيوم والحديد	٠,٨٢	٠,٨٠	١,٨٨	٠,٦٩
أكسيد الكالسيوم	١,٦٢	٤,٤٢	٤٥,٠٧	٥٤,٥٨
أكسيد الماغنيسيوم	آثار	٠,١١	٠,٤٥	٠,١٧
ثالث أكسيد الكبريت	آثار	٠,٩٦	٠,٠٩	٠,١٤
كلوريدات وبروميدات وأيودات	آثار	١,٣٨	٥,٢٥	١,٤٨
الفقد بالتسخين	٠,٧٦	٣,٤٥	٣٥,٣٥	٤١,٢١
الرطوبة	٠,١٩	٠,٤٣	٠,٣٧	٠,٣٠

لا تتوافر المحاجر الصالحة بجانب موقع العمل حيث يكون الرمل معظمه من النوع الناعم صغير الحبيبات .

ويستخرج الرمل والزلط بعد إزالة القشرة السطحية التى يغلب عليها أن تكون من الطين المختلط بالأحجار ثم تعمل الحفر اللازمة يدوياً أو ميكانيكياً وبعد ذلك يفصل الرمل عن الزلط بالمنخل ٤,٧٦ مم إما فى موقع العمل أو فى مكان خاص بعملية النخل .

ويستخدم الرمل والزلط فى الأعمال الخرسانية غالباً بحالته التى تم بها استخراجه من المحجر وفى بعض الأحيان يغسل وينخل إلى مقاساته المختلفة لإعادة تدرجه وذلك فى الأعمال الانشائية الهامة أو ذات الصفة الخاصة .

ويبين الجدول رقم (١ — ٤) مناطق وجود الرمل والزلط فى جمهورية مصر العربية.

(ب) الأحجار المكسرة : تستعمل الأحجار المكسرة فى الأعمال الخرسانية فى المناطق التى ينعدم فيها الرمل والزلط أو إذا كانت تكاليف الركام المستورد المنطقة عالية . وتعطى الأحجار المكسرة ركاماً جيدا مناسباً وغالباً يكون تكاليف إنتاجه أكثر نسبياً نتيجة التكسير كما أنه يكون زاوى الشكل وركامه الصغير ترابى إلى حدما . ومن أمثلة الأحجار المكسرة الصالحة للاستعمال كركام الخرسانة ما يأتى :

١ — الجرانيت : صلب ومتين وكثافته عالية ويعتبر من الصخور الممتازة للخرسانة .

جدول رقم (١ — ٤) — مناطق وجود الرمل والزلط فى جمهورية مصر العربية

رقم	اسم المحافظة	مناطق وجود الرمل والزلط
١	القاهرة	جبال (ألماظة — طريق مصر / السويس — منشية البكرى «مدينة نصر» — الجبل الأحمر — البلابة — الدويقة — المعادى المسن — بير الفحم — المعصرة — حلوان — كفر العلو)
٢	الوادى الجديد	جبل (الخارجة بالواحات الخارجة)
٣	القليوبية	جبال (ابو زعبل — نوى — جزيرة بلى — ميت كنانة)
٤	المنوفية	جبل قويسنا
٥	الدقهلية	جبال بجرى النيل
٦	الغربية	جبال بجرى النيل
٧	دمياط	جبال (بجرى النيل — تل ميرزا)
٨	السويس	جبال (جنيفة — كبريت — الشلوفة — الكبرى — الخيله — السخنة)
٩	الاسماعيلية	جبال (القنطرة غرب — ك ع بالاسماعيلية — أبو رخم — بركة أبو جاموس — أبو سلطان)
١٠	البحر الاحمر	جبال القصير
١١	سيناء	ساحل البحر بالعريش — رأس سدر — بلاعيم — أبوزنيمة فيران — وادى علوة — الطور — وادى بعبع
١٢	الشرقية	جبال (مصرف بحر البقر — المناجاة الكبرى — جزيرة عليوة — مسعود البحرية — سنجها — جسر ترعة الاسماعيليه الأيمن — العباسة — السناجرة — بلبيس — أنشاص — المنير)
١٣	البحيرة	جبال (رشيد — سيدى البواب — حرارة أبو الشقاف — زاوية حمور — الدلنجات — الطابية — البريجات — كفر داود — الخطاطبة — طريق مصر /اسكندرية الصحراوى — بجرى النيل فرع رشيد)
١٤	الاسكندرية	جبال (معسكر البحرية بأبى قير — مناطق رودو كاناكى)

رقم	اسم المحافظة	مناطق وجود الرمل
١٥	مطروح	مطروح (برج العرب « بهيج » - سيدى عبد الرحمن - مرسى مطروح - طريق مرسى مطروح الصحراوى) .
١٦	الجيزة	جبال (التبين - المنيا والشرفا - غمازة الصغرى - الصف - البراجيل - الكريمات - أبو غالب - برقاش - طريق مصر اسكندرية الصحراوى - أجران الفول - زاوية دمشور - طهما)
١٧	بنى سويف	جبال (سندر - المغسل - سيدى أبو النور - أبويط - أبو صير الملق - دنديل - السعادنة - طما فيوم - سدفت الجبل - دشاشة - مجرى النيل) .
١٨	الفيوم	جبال (طامية - كفر محفوظ - العدوة - سبلة - أبو ديهوم - السريرة - قارون - قونة - المشاتوة) .
١٩	المنيا	جبال (الشيخ عبادة - العارتة - الشرقية - المغربى - البهنا - شوسة - عصفورة - مجرى النيل) .
٢٠	أسيوط	جبال (بصره - الغريب - الخوالد - ديوتاسا - العثمانية - النواورة - بنى شعران - مجدم - بنى غالب - درنكة - الزاوية - الزرابى - مجرى النيل) .
٢١	سوهاج	جبال (نجع الصوامعة - العياوية - الكولسة - أولاد الشيخ - القرية بالدوير - نزلة على - نزلة خاطر - نبيه الغربية - أولاد سلامة - المحاسنة مجرى النيل) .
٢٢	قنا	جبال (أبو مناع - البحرى - قنا الشرقى - الشيخة - الفلاحين - حجارة - العارى - الطود - العديسات - الدير - القارة - الكرنك العركى - المراشدة - دندرة الزوايدة - دتقيق - القرنه - المحاميد - الغريرة - مجرى النيل) .
٢٣	أسوان	جبال (السباعية شرق - الحجز بحرى - الحجز قبلى - العطوانى - النزل - الرديسة - السراج - سلوة - الكاجوج - الرغامة - الجعافرة - خور - أبو صبيره - الكلح غرب - شيمة أبو شهاب

٢ ــ البازلت : الحبيبات المكونة لهذا الصخر صغيرة ويعتبر أيضاً من الصخور الممتازة للخرسانة .

٣ ــ الحجر الرملى : يصلح الحجر الرملى كركام للخرسانه عندما يكون الحجر صلداً وكثافته عالية وأفضلها ما يتركب من حبيبات الكوارتز ومادته اللاحمة أكسيد الحديد المتميء أو السليكا التى لا شكل لها . والحجر الرملى الكلسى والذى مادته اللاحمة كربونات الكالسيوم معرض للتآكل بواسطة حمض الكربونيك والكبريتيك الموجودين بالجو . وعندما تكون المادة اللاحمة غير كاملة يصبح الحجر الرملى مساميا وسهل الكسر وفى هذه الحالة لا يصلح للاستعمال فى الخرسانة .

٤ ــ الحجر الجيرى : تعتبر أنواع الحجر الجيرى الصلدة ذات الكثافة العالية من المواد الصالحة للاستعمال كركام للخرسانة ولكن يجب تجنب الأنواع المسامية غير الصلدة بقدر الإمكان .

ويحضر ركام الأحجار المكسرة بإزالة الطبقة السطحية أولا ثم يغسل الصخر وتنقل الكتل الكبيرة إلى الكسارات حيث يكسر مبدئياً إلى مقاس أقل من ٨٠ مم تقريباً ويمرر فوق منخل لفصل الحبيبات التى تزيد عن هذا المقاس ثم تنقل المادة التى مرت من المنخل ٨٠ مم لتكسيرها إلى المقاسات المطلوبة بواسطة أنواع أخرى من الكسارات .

ويوجد خمسة أنواع من الكسارات تستعمل فى انتاج ركام الاحجار المكسرة وهذه الأنواع هى كسارات فكية وكسارات طرق وكسارات دوارة وكسارات قرصية . وتعتبر كسارات الطرق والكسارات الدوارة عادة أفضل الأنواع لأنها تعطى ركاما مكعب الشكل تقريباً .

(ج) جلخ الأفران العالية : يعتبر هذا النوع أكثر أنواع الركام الصناعى استعمالا وينتج من الأفران العالية أثناء إنتاج تماسيح الحديد ويتكون من سليكات الكالسيوم والمغنسيوم وسليكات الألمنيوم . ويختلف جلخ الأفران العالية من حيث التركيب الكيماوى والصلادة وشكل السطح باختلاف المصدر وطريقة التبريد . ويصلح جلخ الأفران العالية للاستعمال فى الخرسانة للأعمال الإنشائيه بعد تكسيره بشرط أن يكون تبريده بالهواء . ويجب استبعاد الجلخ المتفتت أو الترابى والذى يحتوى على

بعض أكاسيد الحديد ، كما يجب أن يكون ركام جلخ الأفران صلدا وكثيفا ذا بلورات دقيقة وحجرى الشكل. وليست خرسانة جلخ الأفران سهلة فى تشغيلها مثل خرسانة الزلط كما أنها تحتاج إلى كمية أكثر من ماء الخلط وتتصف بمقاومتها الحريق .

(ى) جلخ حلوان المنفوش: تحتل صناعة الركام الخفيف فى كثير من الدول المتقدمة مكانة هامة فى إنشاءات المبانى . وهناك أنواع عديدة تنتج منها أهمها وأرخصها الجلخ المنفوش الذى يستعمل فى صناعة البلوكات وفى الخرسانة الانشائية العازلة للحرارة . ومن أهم مميزات الركام الخفيف أنها تقلل من الأحمال الثابتة التى يتعين على الأعضاء الحاملة نقلها بأمان إلى الأساسات . وقد ثبت من التجارب أن وزن خرسانة الجلخ المدموكة تماما يبلغ ثلثى وزن خرسانة الزلط العادية تقريبا فى حين أنه أمكن إنتاج خرسانة أخف من ذلك واستعملت فى صناعة البلوكات وغيرها من الأعراض التى لا يلزم لها خرسانة ذات مقاومة عالية . وفى سنة ١٩٦٥ أجريت تجارب بمعمل أبحاث الخرسانة بجامعة القاهرة لدراسة إمكان إنتاج الركام الخفيف مبتدئين بدراسة إنتاج جلخ حلوان المنفوش ومن أغراض هذا البحث أيضا دراسة ملاءمة هذا الركام لصناعة خرسانة ذات مقاومة مناسبة للأعضاء الإنشائية كالبلاطات والكمرات ، تحل محل خرسانة الزلط العادية عندما يتطلب الأمر الإقلال من وزنها أو فى حالة ما إذا كان عزل الحرارة فى المقام الأول ومع أن صناعة الجلخ المنفوش قد قطعت شوطا كبيراً فى التقدم إلا أنه وجد من المناسب البدء بانشاء حوض تجريبى ومن خلال التجارب التى تتم عليه يمكن الحصول على معلومات تمكن من البدء فى مشروع على نطاق تجارى يناسب الجلخ المحلى. وقد تم إنشاء الحوض التجريبى بجوار الأفران العالية بشركة الحديد والصلب ودفنت فى قاعه الخرسانى شبكة من الأنابيب تنتهى كل منها بنافورة رأسية . ينقل الجلخ المنصهر فى بواتقه التى تسع ما يوازى ٢٠ طنا مسافة قصيرة حيث موقع الحوض ويسكب فيه بسرعة مكونا طبقة يبلغ سمكها حوالى ٣٠ سم فوق القاع وفى نفس الوقت يتم تشغيل النافورات لدفع كمية محسوبة من الماء خلالها والتى تتحول لدى ملامستها لسطح الجلخ المنصهر إلى بخار تحت ضغط عال مما يؤدى إلى تخلل هذا البخار فى الجلخ المنصهر مكونا الجلخ المنفوش .

وقد وجد أن الجلخ المنفوش بهذا الحوض يعطى وزنا (جافا سائبا) كالآتى :

ركام مقاسه من ٩,٠١ - ١٩ ملليمتر = من ٦٠٠ إلى ٧٠٠ كجم / م ٣
ركام مقاسه من ٤,٧٦ - ٩,٠١ ملليمتر = من ٧٠٠ إلى ٨٠٠ » » »
ركام مقاسه من صفر - ٤,٧٦ ملليمتر = من ٩٠٠ إلى ١٠٠٠ » » »

(هـ) الطوب المكسر : يمكن استخدام الطوب المكسر فى الخرسانة العادية غير المسلحة بشرط ألا تكون عدم القابلية للنفاذ ومقاومة البرى من الخواص المطلوبة . ويجب أن يستخدم فقط الطوب المكسر النظيف والثابت الحجم والجيد الحرق والذى يعطى خرسانة لها قوة كافية للاغراض المطلوبة بالإضافة إلى المقاومة العالية للحريق . ويراعى إزالة الجبس من الطوب القديم قبل تكسيره لأن كبريتات الكالسيوم قد تؤدى إلى منع أو تأخير شك الاسمنت أو قد تسبب تفتت الخرسانة . كما يراعى أيضاً عدم استعمال الطوب المحتوى على كبريتات ذائبة بنسبه تزيد على ٠,٥ ٪ .

ولا يستخدم الطوب المكسر المسامى كركام للخرسانة المسلحه حتى لا تتسرب الرطوبة التى تؤدى إلى صدأ خطير فى حديد التسليح .

(و) الفرموكوليت « المنفوش » : الفرموكوليت هو أحد عناصر مجموعة الميكا ويصير نفشه عن طريق تسخين الخام المجفف المطحون إلى درجة حرارة تصل إلى ٩٨٠ درجة مئوية لمدة تتراوح من ٤ إلى ٨ ثوان فيزيد حجمه حوالى ٣٠ مرة . وتتميز حبيبات الفرموكوليت « المنفوش » بخفة الوزن والنعومة وتتكسر بسهولة . بشكل طبقى . ويزن المتر المكعب منه من ١٠٠ إلى ٢٠٠ كيلو جرام ويعتبر عازلا ممتازا للحرارة حتى درجة حوالى ١١٠٠° م .

(ز) الطين المحروق : يصنع بحرق الطين فى قمينة إلى قرب الانصهار ثم يبرد الطين المحروق ويكسر وينخل للأحجام التجارية المطلوبة . ونتيجة للغازات المنبعثة أثناء عملية الحريق تتحول المادة إلى طين متمدد به فراغات وخفيف الوزن ووزنه النوعى ٢,٦ . ووزنه الحجمى حوالى ٦٥٠ كيلو جرام للمتر المكعب .

(ح) الحجر الخفاف : هو ركام طبيعى خفيف الوزن ويستخرج بأحجام صغيرة حتى مقاس حوالى ١٦ مم لذلك ليس هناك حاجة إلى عملية تكسير . ويصلح الحجر

الخفاف كركام الخرسانة الخفيفة على ألا يحتوى على مواد بركانية ناعمة أو أى مادة من أصل بركانى . ويعتبر ركام الحجر الخفاف أفضل أنواع الركام الخفيف كعازل للحرارة ولكنه غالى التكاليف نظراً لأنه مادة مستوردة .

(ط) ركاز الحديد : يستعمل ركاز الحديد من الليمونيت والمجنيتيت بعد تكسيره للمقاسات المطلوبة كركام فى الخرسانة الثقيلة المقاومة للاشعاعات الذرية . وفى بعض الأحيان يؤخذ الحديد الخردة أو يقطع الحديد والصلب إلى قطع صغيرة ويعتبر ركاماً ثقيلا ويستخدم فى الخرسانة الثقيلة الواقية من الإشعاعات الذرية ويجب مراعاة أن يكون هذا الركام خالياً من الزيوت والشحومات .

رابعا — اشتراطات صلاحية ركام الخرسانة :

يجب أن يتكون ركام الخرسانة من حبيبات الركام الصغير والركام الكبير . ويجب أن تكون هذه الحبيبات صلدة وقوية الاحتمال ونظيفة وخالية من المغلفات الملتصقة . ويجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة مثل باريت الحديد أو الفحم أو الميكا أو الطين الصفحى أو ما يشابهها من المواد ذات الرقائق الطبقية أو الحبيبات الرقيقة أو المفلطحة أو الشوائب العضوية وذلك بكمية كافية أو بشكل يؤثر تأثيراً ضاراً على مدى تحملها مع مرور الزمن أو على حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة كما يجب أن تكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعاً منتظماً فى الركام المستعمل .

ويجب أن يكون تدرج الركام بالكيفية التى تعطى الخرسانة ذات الخواص المطلوبة ويسهل تشغيلها فى موضعها بدون انفصال وبدون استعمال نسبة كبيرة من الماء . ويمكن الاسترشاد بحدود التدرج الرمل والزلط أو الركام الشامل المعطاة فى أسس التصميم واشتراطات التنفيذ أو المواصفات الخاصة بكل .

وبالنسبة للمقاس الأقصى للركام الكبير فيجب أن يكون أكبر ما يمكن فى الحدود التى تسمح بها أسس التصميم واشتراطات التنفيذ أو المواصفات بشرط ألا يزيد بحال من الأحوال عن $\frac{1}{4}$ أقل سمك للعضو ، وعلى أن يكون من المتيسر صب الخرسانة دون صعوبة بحيث تحيط إحاطة تامة بكل التسليح وأن تملأ كل أركان الفرم ويجب ألا يقل المقاس الاعتبارى الأكبر للركام فى الأعضاء الثقيلة التسليح مثل الكمرات الرئيسية عن أقل مسافة عرضية بين الأسياخ ، ويعتبر مناسباً للاغراض العادية استخدام مقاس أقصى قدره ٣٨ مم ،

ويمكن استخدام الركام المحلى لمنطقة من المناطق إذا أثبتت الاختبارات صلاحيته للخرسانة وعدم احتوائه على المواد الضارة ، وقد يعاد تدرجه ونخله إذا لزم الأمر للحصول على تدرج مناسب .

خامسا — خواص الركام المؤثرة فى جودة الخرسانة :

١ — بالنسبة للحبيبات الفردية : الخواص الفردية للحبيبات والتى تؤثر على جودة الخرسانة هى : الفراغات الداخلية — التماسك — شكل الحبيبات — التمدد الحرارى — الحرارة النوعية — الوزن النوعى — الرطوبة والامتصاص — الصلادة — المتانة — الخواص الكيميائية — التفاعل القلوى للركام .

٢ — بالنسبة لحبيبات الركام كمجموعة : خواص حبيبات الركام كمجموعة والتى تؤثر على جودة الخرسانة هى : التدرج الحبيبى — الطين والمواد الناعمة — المواد العضوية — الأملاح والعناصر الأخرى غير المرغوبة — وزن وحدة الحجم — الفراغات — زيادة الحجم — المقاومة للتهشيم — التحمل مع مرور الزمن (مقاومة العوامل الجوية والمقاومة للحريق) — مقاومة البرى — المتانة .

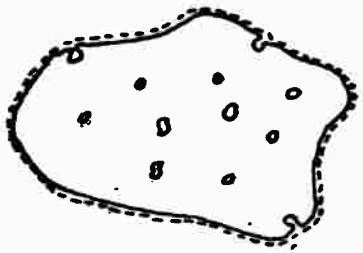
وفيما يلى شرح لأهم خواص حبيبات الركام التى تتوقف عليها جودة الخرسانة والتى تنسب إليها فردياً أو مجتمعة :

١ — الخواص الطبيعية

١ — الفراغات الداخلية فى حبات الركام :

تحتوى بعض حبات الركام على فراغات وتكون هذه الفراغات إما مغلقة أو متصلة بسطح الركام وقد تكون منعزلة بعضها عن بعض أو منتشرة، وفى بعض الحالات تكون عبارة عن انفلاق أو كسر داخلى كما أن هذه الفراغات تكون إما فارغة أو مملوءة جزئياً أو كلياً بعناصر كيميائية مترسبة مثل الكوارتز أو بقايا غير ذائبة مثل الطين — شكل رقم (١ — ٢) . وتؤثر الفراغات على الخواص الطبيعية والكيميائية للركام، ويتوقف هذا التأثير على حجم الفراغات وكثرتها أو اتصالها، ووجود الفراغات المذكورة يؤثر على قوة الركام فيضعفها ويزيد من قدرة حبات الركام على

امتصاص الماء والتغذية السوائل كما تعمل على التحكم فى التغيرات نتيجة العوامل الجوية ، ونتيجة لوجود الفراغات فى الركام يتبادل الماء بين الحبيبات وعجينة الأسمنت ويؤثر ذلك على تحمل الخرسانة مع مرور الزمن حيث أن الحبيبات المتشبعة تكون أكثر استعداداً للكسر عن مثيلاتها من الحبيبات غير المتشبعة .



SOLID - VOLUME OF AGGRIGATE. ALL VOIDS WITHIN THE DOTTED LINE ARE INCLUDED IS SOLID VOLUME

الحجم المصمت للركام . جميع الفراغات داخل الخط المنقط مأخوذه ضمن الحجم المصمت

شكل رقم (١ — ٢)

٢ — تماسك حبيبات الركام مع العجينة الأسمنتية :

تعتبر خاصية التماسك بين الركام وعجينة الأسمنت من أهم الخواص التى تحدد درجة جودة الخرسانة . وتتوقف قوة تماسك الأسمنت والركام على شكل سطح حبيبات الركام واتزانها الكيميائى . وتقل قوة التماسك هذه نتيجة لأى تفاعل كيميائى يعمل على تحلل أو ذوبان الركام مثل التفاعل بين الركام وقلويات الأسمنت، وتساعد خشونة سطح الحبيبات على زيادة التصاق الركام وعجينة الأسمنت وبصفة خاصة إذا كان اتجاه الخشونة متعامدا مع السطح العام لحبيبات الركام أما الخشونة المتموجة فليس لها تأثير ملحوظ .

٣ — شكل حبيبات الركام :

تقلل حبيبات الركام المفلطحة والعصوية درجة تشغيل الخرسانة وتحتاج إلى زيادة كمية الرمل والأسمنت والماء لتعويض هذا النقص . كما أنها تنقص الوزن الكلى ومقاومة الخرسانة للضغط . كما أن الحبيبات المفلطحة إذا كانت فى وضع أفقى فإنها تحجز تحتها كمية من ماء الخلط وبالتالى تمنع التماسك بينها وبين عجينة الأسمنت . أما حبيبات الركام الزاوية فإنها تحتاج إلى زيادة مونة الأسمنت للوصول إلى الدرجة المناسبة لتشغيل الخرسانة وبذلك تحتاج إلى زيادة ملحوظة فى كميات الأسمنت والماء إذا كانت نسبة الماء إلى الأسمنت ثابتة .

٤ ــ التمدد الحرارى للركام :

يختلف التمدد الحرارى للركام باختلاف نوع الحبيبات، وتؤثر هذه الخاصية على الخرسانة نتيجة لاختلاف معامل تمدد حبيبات الركام اختلافا كبيرا عن معامل تمدد مونة الأسمنت ، ويختلف معامل تمدد الصخور بصفة عامة من ٥ر٠ × ١٠ ــ٦ إلى ٩ × ١٠ ــ٦ لكل درجة فرنهيت . والصخور التى لها معامل تمدد صغير (١ × ١٠ ــ٦ لكل درجة فرنهيت) هى الجرانيت والحجر الجيرى أما معامل تمدد الأسمنت البورتلاندى فيختلف من ٩ر٥ × ١٠ ــ٦ إلى ٩ر٠ × ١٠ ــ٦ لكل درجة فرنهيت .

٥ ــ الحرارة النوعيه للركام :

تؤثر الحرارة النوعية والموصلية الحرارية للركام على مدى تغير الحرارة فى الخرسانة وكذلك على مدى انتقال هذه الحرارة داخل الخرسانة . وتعتبر هذه الخاصية هامة جدا فى الخرسانة الكتلية ولكنها ليست بذات قيمة فى خرسانة المنشآت العادية .

٦ ــ الوزن النوعى للركام .

يعبر الوزن النوعى للركام عن كثافة حبيبات الركام الفردية وليس عن كتلة الركام كمجموعة . وتكون بعض حبيبات الركام كثيفة وغير منفذة للسوائل بينما يكون البعض الآخر مسامى وبذلك يكون الحجم الفعلى لحبات الركام أقل من الحجم الظاهرى لأن الأخير يحتوى على فراغات مملوءة بالهواء ، وعلى هذا يمكن تقسيم الوزن النوعى طبقا لطريقة تعيينه إلى ما يأتى :

(ا) الوزن النوعى المطلق : وهو وزن وحدة الحجم للركام الفعلى ولا يشمل الحجم فى هذه الحالة الثقوب الهوائية . ولتعيين الوزن النوعى المطلق (الحقيقى) لحبيبات تحتوى على فراغات تداخلية يلزم تحويل عينة الاختبار إلى مسحوق تكفى نعومته لإزالة تأثير الفراغات . ولا نحتاج إلى الوزن النوعى المعين على أساس هذه القاعدة فى الأعمال الخرسانية .

(ب) الوزن النوعى الظاهرى على أساس عينة اختبار جافة : وهو وزن وحدة حجم الركام الجاف ويشمل ذلك أى فراغات هوائية موجودة فى حبات عينة الاختبار . ويعرف أيضا الوزن النوعى الظاهرى بأنه النسبة بين وزن حجم معين من المادة فى

الهواء (بما فى ذلك الفراغات والثقوب) عند درجة الحرارة القياسية (تؤخذ عادة ٢٠°م) ووزن حجم مساو من الماء المقطر عند درجة الحرارة القياسية .

(ح) الوزن النوعى الظاهرى على أساس عينة اختبار مشبعة بالماء وسطحها جاف: هو وزن وحـــدة حجم الركام المشبع بالماء وسطحه جاف ويشمل الحجم الماء المتص . ويفيد معرفة الوزن النوعى للركام فى تحديد رطوبة الركام . ويفضل إجراء اختبارين عند تعيين الوزن النوعى وإذا لم تتفق نتيجتا الاختبارين فتجرى اختبارات أخرى حتى يتم الاتفاق . وقد يختلف الوزن النوعى الظاهرى لنفس الركام نتيجة لاختلاف مقاس حبيباته . ويوضح الجدول رقم (١ — ٥) متوسط قيم عديدة لاختبارات كثيرة على عينات من الركام .

جدول رقم (١ - ٥) - الوزن النوعى الظاهرى والامتصاص للركام

مقاس حبيبات الركام (مم)	الوزن النوعى الظاهرى	الامتصاص ٪	مقاس حبيبات الركام (مم)	الوزن النوعى الظاهرى	الامتصاص ٪
٤٠ - ٢٠	٢٫٥٥	٠٫٣	١٠ - ٥	٢٫٤٥	١٫٥
٢٠ - ١٠	٢٫٥٢	٠٫٨	٥ فأقل	٢٫٦٠	١٫٠

ويمكن استعمال القيم المذكورة فى الجدول رقم (١ - ٦) للوزن النوعى الظاهرى للأنواع المختلفة من الركام عند تصميم خلطات الخرسانة .

جدول رقم (١ - ٦) - الوزن النوعى الظاهرى للركام

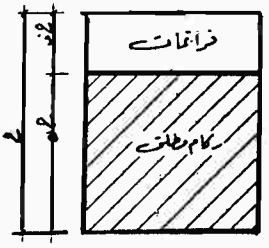
مادة الركام	الوزن النوعى الظاهرى	
	المتوسط	المدى
حجر رملى	٢٫٥٠	٢٫٦ - ٢٫٠
رمل وزلط	٢٫٦٥	٢٫٨ - ٢٫٥
حجر جيرى	٢٫٦٥	٢٫٧ - ٢٫٦٥
جرانيت	٢٫٦٥	٢٫٧ - ٢٫٦

٧ — وحدة الوزن والفراغات بين حبيبات الركام :

تعرف وحدة الوزن بأنها وزن وحدة الحجوم من الركام وعادة تقدر بالكيلو جرام للمتر المكعب، ويلزم عند تقدير كميات المواد أو إجراء حسابات الخلطات لعمل العبوات (Batching) معرفة الحالة التى يقاس عندها حجم الركام فمثلا قد يكون الركام سائباً أو مدموكاً وقد يكون جافاً أو رطباً أو مبتلا . وتتخذ حالة الجفاف مع الدمك الكامل للمقارنة بين أنواع الركام المختلفة. ومن السهل معرفة وحدة الوزن لأى حالة من الحالات السابقة وذلك عن طريق معرفة وزن الركام الذى يملأ إناءاً ذا سعة معلومة .

وتعتبر الفراغات (Voids) مدلولا عددياً للمسافات أو الفجوات بين حبيبات الركام. ومحتوى الفراغات هذا يقدر بالفرق بين الحجم الكلى لكتلة الركام والحجم الذى تشغله الحبيبات فقط .

وقد ينسب محتوى الفراغات للحجم الكلى وقد ينسب لحجم حبيبات الركام فقط وبذلك يمكننا الحصول على محتوى الفراغات فى المائة منسوباً للحجم الكلى أو للحجم المطلق وسنطلق على هاتين النسبتين ف ، ه على الترتيب وعلى ذلك يمكن استنتاج مجموعة العلاقات الآتية باستخدام الشكل رقم (١ — ٣) :



شكل رقم (١ — ٣)
محتوى الفراغات منسوباً للحجم الكلى أو المطلق

بفرض أن :

ز = وزن الركام

ح = حجم الإناء = حجم الركام + حجم الفراغات

ح ف = حجم الفراغات

ح ه = حجم الركام فقط أى الحجم المطلق

و = الوزن النوعى للركام

ح = الوزن الحجمى

$$ف = \frac{\text{حجم الفراغات}}{\text{الحجم الكلى}} = \frac{\text{حجم الفراغات}}{\text{حجم الفراغات + حجم الركام}} = \frac{ح_ف}{ح}$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{حجم الفراغات}}{\text{حجم الركام}} = \frac{\text{ح ف}}{\text{ح ك}}$$

أولا : $\text{ح ف} = \text{ح} - \text{ح ك}$

$$\therefore \frac{\text{ح ف}}{\text{ح}} = ١ - \frac{\text{ح ك}}{\text{ح}}$$

$$= ١ - \frac{\text{ز}}{\text{ح}} \cdot \frac{\text{ح ك}}{\text{ز}}$$

$$\therefore \text{ف} = ١ - \frac{\text{ز} / \text{ح}}{\text{ز} / \text{ح ك}} = ١ - \frac{\text{ح}}{\text{و}} = \frac{\text{و} - \text{ح}}{\text{و}}$$

$$\therefore \text{نسبة الفراغات للحجم الكلى} = \frac{\text{الوزن النوعى} - \text{الوزن الحجمى}}{\text{الوزن النوعى}} \quad \cdots(١)$$

ثانياً : $\text{ح ف} = \text{ح} - \text{ح ك}$

$$\frac{\text{ح ف}}{\text{ح ك}} = ١ - \frac{\text{ح}}{\text{ح ك}}$$

$$\text{هـ} - ١ = \frac{\text{ح}}{\text{ز}} \cdot \frac{\text{ز}}{\text{ح ك}} - ١ = \frac{\text{ز} / \text{ح ك}}{\text{ز} / \text{ح}} - ١$$

$$= \frac{\text{و}}{\text{ح}} - ١ = \frac{\text{و} - \text{ح}}{\text{ح}}$$

$$\text{نسبة الفراغات للحجم المطلق} = \frac{\text{الوزن النوعى} - \text{الوزن الحجمى}}{\text{الوزن الحجمى}} \quad \cdots(٢)$$

وكما يبين المثال التالى يمكن تعيين الفراغات بطريق غير مباشر من وزن وحدة الحجوم (ح) والوزن النوعى (و) كما يمكن إيجاده معملياً عن طريق قياس كمية المياه

اللازمة لترطيب عينة من الركام سبق دمكها فى إناء حاو .

وبفرض أن وزن المتر المكعب لركام ما ١٧٠٠ كجم/ م٣ والوزن النوعى لهذا الركام ٢,٦٥ فإنه يمكن إيجاد ف ، هـ كما يلى :

$$\text{ف } \% = \frac{\text{١٧٠٠ — ٢٦٥٠}}{\text{٢٦٥٠}} = \frac{\text{٩٥٠}}{\text{٢٦٥٠}} = \text{٣٥,٩ }\%$$

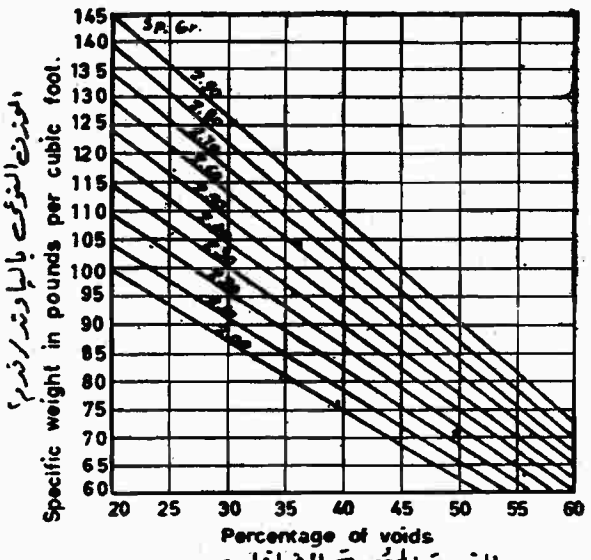
$$\text{هـ } \% = \frac{\text{١٧٠٠ — ٢٦٥٠}}{\text{١٧٠٠}} = \frac{\text{٩٥٠}}{\text{١٧٠٠}} = \text{٥٦ }\%$$

تحقيق :

$$\text{ف} = \frac{\text{ح ف}}{\text{ح ك}} = \frac{\text{ح ف / ح ك}}{\text{ح ف / ح ك} + ١} = \frac{\text{هـ}}{\text{هـ} + ١}$$

$$= \frac{\text{٠,٥٦}}{\text{٠,٥٦} + ١} = \frac{\text{٠,٥٦}}{\text{١,٥٦}} = \text{٣٥,٩ }\%$$

ويلاحظ أنه لنفس الوزن النوعى كلما زادت وحدة الوزن كلما قلت نسبة الفراغات وكلما تحسن توزيع الحبيبات كما فى الشكل رقم (١ — ٤) وهناك طريقة سهلة يمكن بهـا اختيار أنسب المكونات للخرسانة وهى المكونات التى تعطى أقصى كثافة . ويلاحظ أن كلا من وحدة الوزن والفراغات دوال لكثافة كتلة الركام .



RELATION OF SPECIFIC WEIGHT TO VOIDS FOR AGGREGATES.

العلاقة بين الوزن النوعى والفراغات للركام

شكل رقم (١ — ٤)

ولما كانت نسبة الجوامد $(\frac{ح_ك}{ح})$ أو نسبة الفراغات تعتمد إلى حـــد كبير على التدرج والشكل وحالة السطح للحبيبات فإن نسبة الفراغات ووحدة الوزن تعبران تعبيراً ذا دقة مناسبة عن كفاءة التدرج .

وبالإضافة إلى التدرج الحبيبي والشكل وحالة السطح للحبيبات فإن وحدة الوزن تتأثر بالوزن النوعي للحبيبات وحالات الرطوبة للركام ومدى دمكه . وكنتيجة لهذه الاختلافات المتباينة فى الحالات الأربع السابقة فإن قيم الوزن الحجمى تتغير فى مدى كبير ، والجدول رقم (١ — ٧) يعتبر إشارة للمدى الذى يمكن أن يتغير فيه الوزن الحجمى .

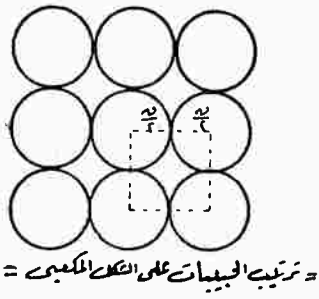
جدول رقم (١ - ٧) مدى التغير الممكن حدوثه فى وحدة الوزن للركام

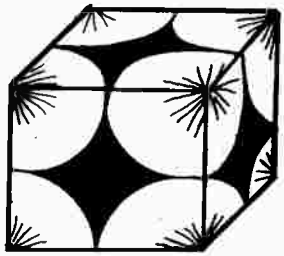
المادة	حالة الرطوبة	وحدة الوزن كجم/ م ٣	
		سائب	مدموك
رمل	جاف	١٤٥٠ — ١٦٠٠	١٥٣٠ — ١٨٥٠
رمل	رطب	١٣٥٠ — ١٥٣٠	.....
زلط رقم ٤ - ¾ بوصة	جاف أو رطب	١٤٨٠ — ١٥٧٠	١٥٩٠ — ١٧٢٠
زلط رقم ٤ - ١½ بوصة	جاف أو رطب	١٥٣٠ — ١٦٥٠	١٦٧٠ — ١٨٠٠
خليط رمل وزلط ١½ بوصة	جاف	.....	١٧٦٠ — ٢٠٠٠
	رطب	١٦٠٠ — ١٨٥٠	.....
حجر مكسر رقم ٤ - ¾ بوصة	جاف أو رطب	١٣٦٠ — ١٤٦٠	١٥٣٠ — ١٦٥٠
حجر مكسر رقم ٤ - ١½ بوصة	جاف أو رطب	١٤٠٠ — ١٥٤٠	١٦٠٠ — ١٧٨٠

ويلاحظ أن حجم الفراغ أو الحيز المسامى يختلف لحبيبات من الركام لها نفس التطر وذلك بحسب ترتيب الحبيبات ونسبته ثابتة فى النظام الواحد مهما اختلف حجم الحبيبة المكونة للنظام ولذلك يمكننا إيجاد نسبة الفراغ للنوعين الآتيين من الأنظمة :

١ ــ الترتيب المكعبي (Cubical Arrangement) : شكل رقم (١ ــ ٥) .

وفيه تكون الحبيبات متراصة فى صور أعمدة فإذا أوصلنا مراكز ثمانى حبيبات متجاورة كان الشكل الناتج مكعباً فى كل ركن من أركانه $\frac{1}{8}$ كرة أى أن مجموع الأجزاء الداخلية تكون كرة كاملة ويكون طول ضلع المكعب عبارة عن قطر الحبيبة .





شكل رقم (١ ــ ٥)

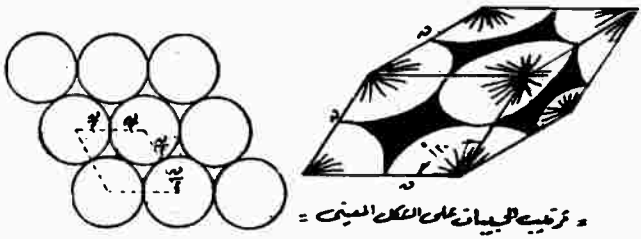
$$\text{نسبة الفراغ بالنسبة للحجم} = \frac{\text{ف}^3 - \frac{\pi}{6}\text{ف}^3}{\text{ف}^3} = 1 - \frac{\pi}{6}$$

$$= 1 - 0,524 = 0,476 = 47,6\ \%$$

أى نسبة الفراغ بالنسبة للحجم الكلى = ٤٨ ٪ تقريبا

٢ ــ الترتيب المعينى : شكل رقم (١ ــ ٦)

وفيه تكون الحبيبات النموذجية مرتبة فى صفوف مائلة فإذا أوصلنا مراكز ثمانى كرات متجاورة كان الشكل الناتج منشوراً معيناً زواياه ٦٠° ، ١٢٠° . (Tetrahedron) وفى كل ركن من أركانه الثمانية جزء من كرة ومجموع الأجزاء الثمانية تكون كرة كاملة .

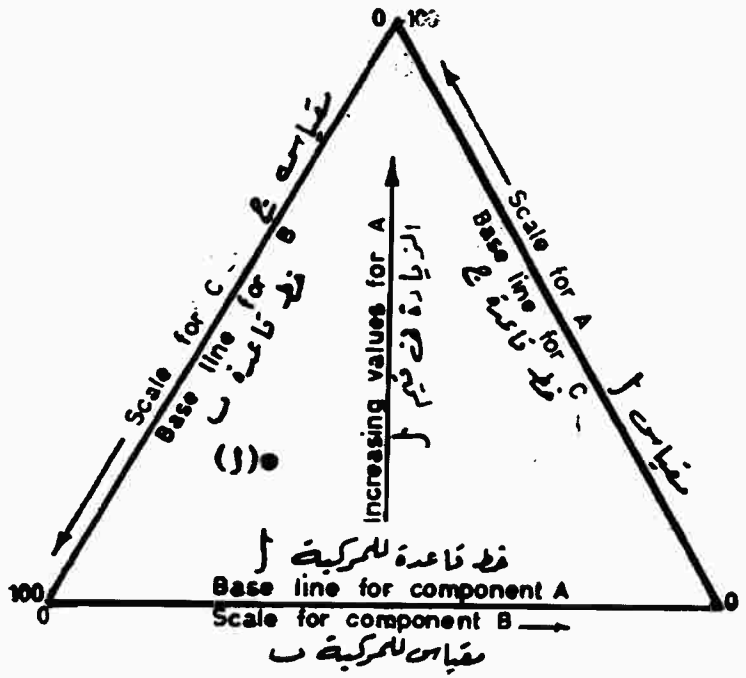


شكل رقم (١ ــ ٦)

وعلى ذلك يمكن باتباع نفس الطريقة فى حالة الترتيب المكعبى إثبات أن نسبة الفراغات ثابتة وتساوى ٢٦ ٪ مهما اختلف قطر الحبيبة .

ويلاحظ أنه إذا اختلفت الحبيبات فى الحجم فإن نسبة الفراغات تقل عن الحبيبات المتساوية فى أقطارها .

ولقد أجريت هذه الاختبارات المعملية على رمل وزلط سبق فصلهما إلى ثلاث مجموعات رئيسية ثم أعيد خلطهما للحصول على نتائج معينة ولقد تم توقيع هذه النتائج على صورة خطوط كنتور (Contours) تمثل نقطاً لها نفس محتوى الفراغات وذلك بالاستعانة بالشكل البيانى المثلثى (Trilinear diagram) شكل رقم (١ — ٧) أى اختيار ثلاثة إحداثيات ا ، ب ، حـ بحيث تكون أى نقطة (أ) داخل المثلث المرسوم تعنى ثلاث قيم مجتمعة ا، ، ب، ، حـ، وتقرأ قيمة ا، على المقياس ا وتقرأ قيمة ب، على المقياس ب وبالمثل بالنسبة للقيمة جـ، ويلاحظ أن هناك خط قاعدة لكل مقياس تزداد قيمة الأحداثى الذى تمثله النقطة لهذا المقياس كلما بعدت عن خط القاعدة له وبالعكس



شكل رقم (١ — ٧) — الشكل البيانى المثلثى

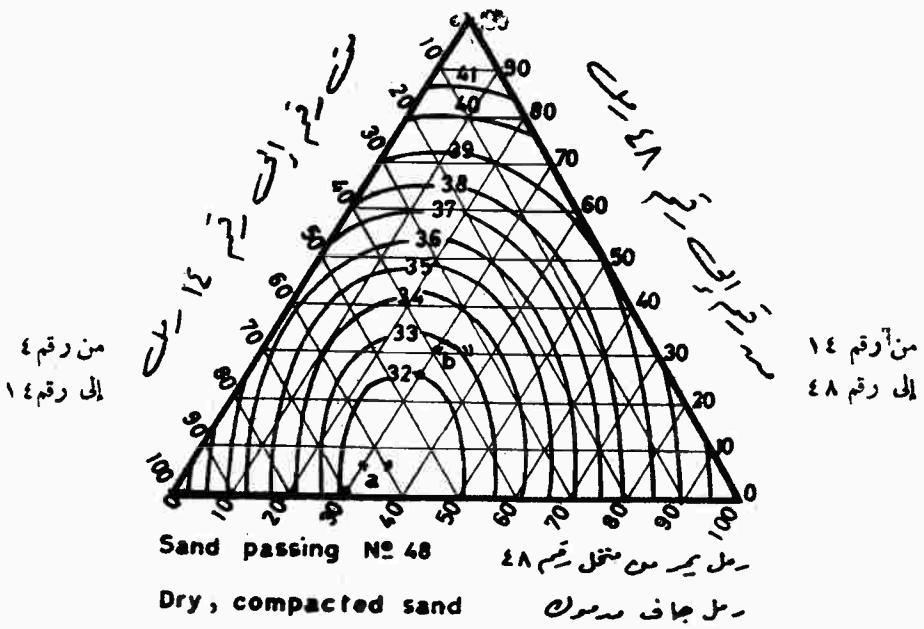
فمثلا نقطة بالقرب من رأس المثلث العليا تكون دالة على زيادة فى القيمة ا ونقصاً فى قيمتى كل من ب ، حـ وذلك لبعدها عن القاعدة « ا » وقربها من كل من قاعدتى ب ، حـ.

وبالنسبة للرمل يلاحظ أن أقل نسبة للفراغات ٣٢ ٪ ويمكن الحصول عليها من ٣٠ — ٥٠ ٪ من المركبات الناعمة . وبالنسبة للزلط يلاحظ أن أقل نسبة للفراغات ٣٠ ٪ ويمكن الحصول عليها من ٣٠ — ٤٠ ٪ من المواد الأكثر نعومة .

وسنبين فيما يلى مجموعة من الأمثلة لكيفية استخدام هذا التقسيم المثلثى (ثلاثى الأحداثيات)

١ — كيفية الحصول على ركام يحقق أقل نسبة فراغات :

نفرض أن المطلوب هو الحصول على ركام بحيث يحقق أقل نسبة فراغات وبالتالى أقصى كثافة فيمكن رسم الخريطة المثلثية ومعرفة خط الكنتور الذى يمثل أقل فراغات . فمثلا بالنسبة للرمل أقل نسبة فراغات هى ٣٢ ٪ ويمكن الحصول عليه عن طريق عدد كبير من الخلطات تقع النقط الممثلة لكل خلطة منها على خط الكنتور هذا . فمثلا نقطة تقع على قاعدة المثلث مثل « a » انظر شكل رقم (١ — ٨) تمثل خليطاً يحوى ٣٠ ٪



شكل رقم (١-٨)

محتوى الفراغات للرمل

من الرمل المار من منخل رقم ٤٨ و ٧٠ ٪ من الرمل المار من منخل رقم ٤ والمحجوز على منخل رقم ١٤ ولا يحتوى على أى رمل من المار من منخل رقم ١٤ والمحجوز على منخل رقم ٤٨ وكذلك نقطة مثل « b » تبين خلطة أخرى تؤدى إلى أقل فراغات (٢٢ ٪) ويمكن الحصول عليها عن طريق خلط ٢٠ ٪ من الرمل المار من منخل رقم ٤٨ ، ٤٥ ٪ من الرمل المار من منخل رقم٤والمحجوز علىمنخل رقم ١٤ ، ٢٥٪ من الرمل المار من منخل رقم ١٤ والمحجوز على منخل رقم ٤٨ ٪ .

وكقاعدة عامة لاستعمال الشكل المثلثى فيجب دراسة اتجاه التدريج وعلى ضوئه يمكن استنتاج خط القاعدة الذى يزداد المتغير كلما بعدت النقطة عنه .

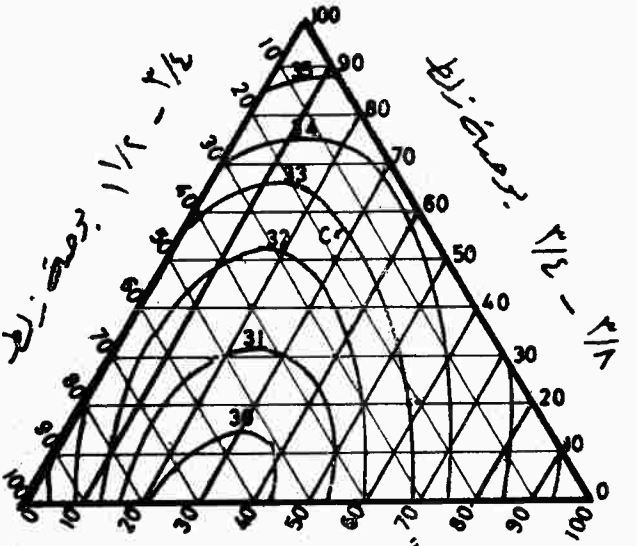
٢ — كيفية الحصول على خليط يحقق نسبة فراغات معلومة :

يمكن باستخدام الشكل المثلثى الحصول على ركام من ثلاثة مقاسات ويحقق نسبة فراغات معلومة مرغوباً إنشائياً وليكن لمرشح من المرشحات مثلا أو لتهوية طبيعية فى مشروع من المشروعات مثلا فيمكن بتوقيع خط الكنتور الممثل لنسبة الفراغات إختيار نقطة عليه تمثل نسب خلط مقاسات الركام الثلاثة لتحقيق نسبة الفراغات هذه ويتوقف اختيار هذه النقطة على العامل الاقتصادى للخليط ومدى توافر كل مقاس من المقاسات المستخدمة .

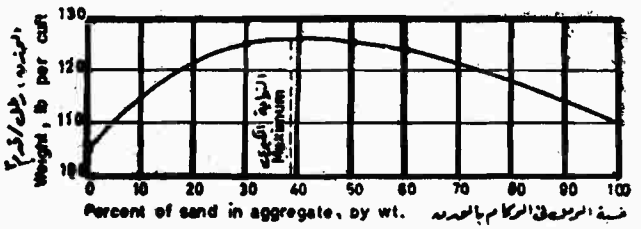
٣ — كيفية الحصول على نسبة الفراغات لركام معلوم :

يمكن بمعرفة نسب خلط الركام استنتاج نسبة الفراغات مباشرة فمثلا نفرض زلطا يحتوى ٣٠ ٪ من الركام المار من منخل $\frac{3}{4}$ بوصة والمحجوز على منخل رقم ٤، ٥٠ ٪ من الركام المار من منخل $\frac{3}{4}$ بوصة والمحجوز على منخل $\frac{3}{8}$ بوصة ، ٢٠ ٪ من الركام المار من منخل $1\frac{1}{2}$ بوصة والمحجوز على منخل $\frac{3}{4}$ بوصة ومن ذلك يمكن توقيع نقطة « c » كما فى شكل رقم (١ — ٩) وهى تشير إلى نسبة فراغات ٣٢,٥ ٪ تقريباً.

ويلاحظ بصفة عامة لأى خليط وجود نسبة معينه للركام الصغير فى الخليط تكون عندها الفراغات نهاية صغرى وتعرف بالنسبة المثلى للركام الصغير أو الرمل . كما تظهر من الشكل رقم (١ — ١٠) والشكل رقم (١ — ١١).



شكل رقم (١ — ٩) محتوى الفراغات للزلط



UNIT WEIGHT OF DRY-RODDED FINE AND COARSE AGGREGATES MIXED IN VARIOUS PROPORTIONS. (FOR ILLUSTRATION ONLY-TO SHOW TRENDS, VALUES WILL DIFFER WITH AGGREGATES.)

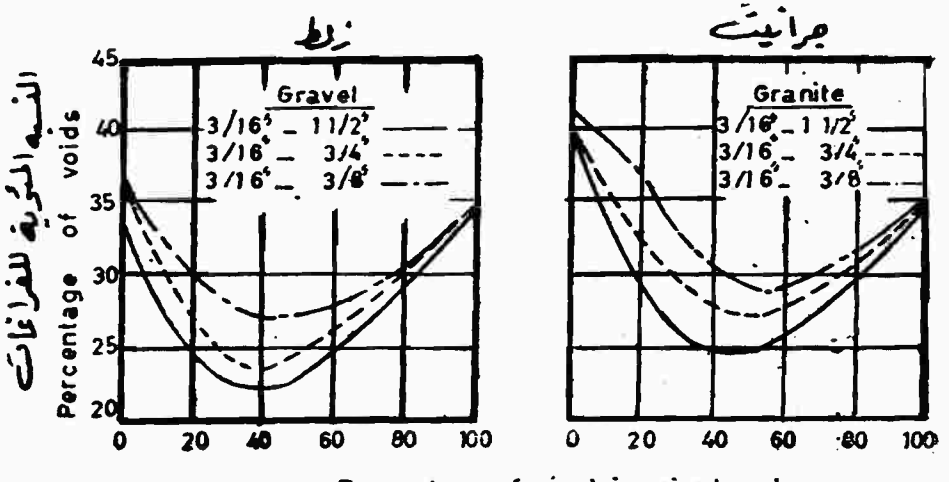
وحدة الوزن للركام الجاف المدموك المخلوط بنسب مختلفة من الركام الصنيين والكبير (للتوضيح فقط ، أما بيانات المعرفة فانه القيم تختلف مع الركام)

شكل رقم (١ — ١٠)

٨ — الرطوبة وامتصاص الركام للماء:

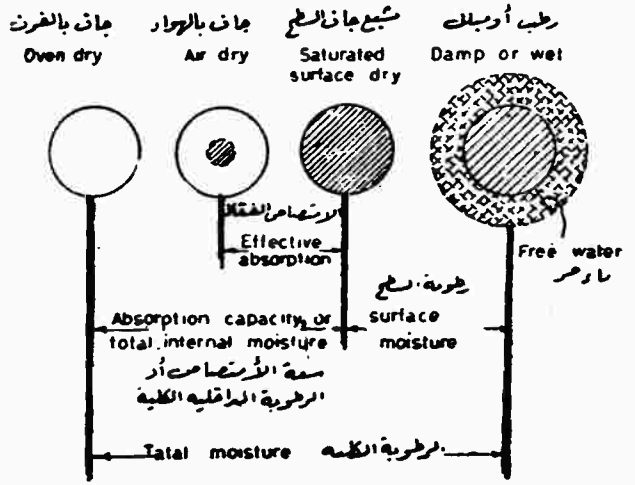
تنقسم الحالات المختلفة للركام بالنسبة لدرجة الرطوبة إلى ما يأتى : شكل رقم(١-١٢)

(ا) جاف بالفرن : وفيه يتخلص الركام من كل مابه من رطوبة خارجية كانت



النسبة المئوية للرمل في الركام المخلوط

شكل رقم (١ — ١١)



STATES OF MOISTURE IN AGGREGATE HEAVY CIRCLE REPRESENTS THE AGGREGATE, CROSSHATCHING REPRESENTS MOISTURE.

حالات الرطوبة في الركام . الدائرة المحددة بخط كامل تمثل الركام ، والمحددة بالتهشير تمثل الرطوبة

شكل رقم (١ — ١٢)

أم داخلية . وعادة يمكن الوصول إلى هذه الحالة بالتسخين عند ١٠٠ — ١١٠° م .

(ب) جاف بالهواء : وفيه يتخلص الركام من الرطوبة السطحية ويوجد به بعض الرطوبة الداخلية ولكن الحبيبات غير متشبعة .

(جـ) مشبع بالماء والسطح جاف : لايوجد فى هذه الحالة أى ماء حر أورطوبة على سطح الحبيبات ولكن تكون جميع الفراغات الموجودة فى الحبيبات مملوءة بالماء أى متشبعة .

(د) رطب أومبلل : يتواجد فى هذه الحالة الماء الحر والرطوبة على سطح الحبيبات كما تكون مشبعة بالماء .

ويمكن التعبير عن المحتوى الكلى للرطوبة الداخلية فى الركام فى حالة التشبع بالماء والسطح جاف باصطلاح السعة الامتصاصية أوبتعبير أبسط « الامتصاص » .

وإذا كانت حبيبات الركام غير كاملة التشبع عند خلط الخرسانة فيمتص الركام جزء من ماء الخلط . أما إذا وجد الماء الحر على سطح حبيبات الركام فإنه يصبح فى هذه الحالة جزءا من ماء الخلط لذلك يجب أن يراعى فى حسابات تصميم خلطات الخرسانة نسبة الماء / الاسمنت الفعالة الصافية . وتستخدم حالة حبيبات الركام عندما تكون مشبعة بالماء والسطح جاف فى أكثر طرق تصميم خلطات الخرسانة والجدول رقم (١ — ٨) يبين بعض القيم التقريبية للنسبة المئوية للامتصاص لعدة أنواع من الركام .

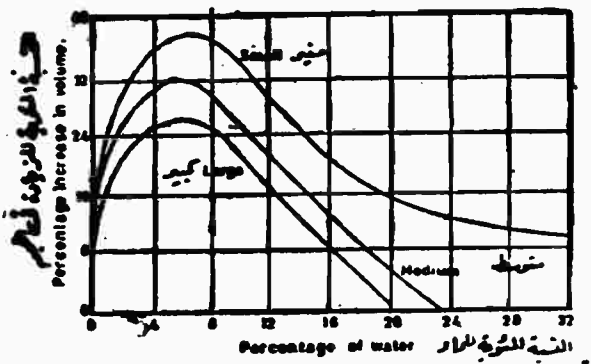
جدول رقم (١ — ٨) — النسبة المئوية للامتصاص للركام

المادة	الامتصاص ٪ (بالوزن)
الرمل	صفر — ٢ ٪
الزلط — الحجر الجيرى المكسر	١٠,٥ — ١ ٪
الجرانيت	صفر — ١ ٪
الحجر الرملى	٢ — ٧ ٪
المواد المسامية الخفيفة جداً	لغاية ٢٥ ٪

٩ — الزيادة الحجمية للركام الصغير :

إذا أضيف إلى الرمل ماء أوكان رطبا ثم صار تقليبه فإن طبقة رقيقة من الماء

تغلف حبيبات الرمل وتدفع الحبيبات بعيدا عن بعضها البعض نتيجة لتأثير ظاهرة الشد السطحى وبذلك يزيد حجم الرمل . وتتوقف تلك الزيادة الحجمية الرمل على كمية الرطوبة الموجودة به وعلى مقاس حبيبات الرمل حيث تزيد بزيادة الرطوبة إلى حدما (لزيادة الشد السطحى) ثم تقل بعد ذلك إذا زادت الرطوبة حيث يقل تأثير الشد السطحى تدريجيا إلى أن يعود الرمل إلى حجمه الأصلى وترتفع قيمة الزيادة الحجمية كلما صغرت حبيبات الرمل لكبر المساحة السطحية أى كبر تأثير الشد السطحى كما فى شكل رقم (١ — ١٣) وضرر الزيادة الحجمية الرمل هو الحصول على حجم من الرمل أقل من الواجب بالإضافة إلى الحصول على كمية من الماء غير مطلوبة بالرمل مما يتسبب عنه تغيير فى نسب مكونات الخلطة الخرسانية إذا استعمل رمل جاف عنها فى حالة استعمال رمل حدثت له زيادة حجمية . كما أن الزيادة الحجمية الرمل تعطى الحجم المعين كمية رمل أقل من اللازم فتزيد بذلك تكاليف الرمل .



تأثير الماء على الزيادة فى الحجم للمقاسات المختلفة للرمل : (صغير - متوسط - كبير)

شكل رقم (١ — ١٣)

١٠ — المساحة السطحية لحبيبات الركام Surface Area of Aggregate

أولا — أثر المساحة السطحية الركام على خواص الخرسانة :

تعتبر المساحة السطحية الركام أحد العوامل الرئيسية التى تتحكم فى جودة الخرسانة نظراً لأن مقاومة الخرسانة للأحمال تتوقف على مقاومة التماسك (Bond Strength) بين حبيبات الركام . وتتأثر مقاومة التماسك بدورها بعجينة الأسمنت والمساحة السطحية الركام حيث يتم التلاصق . فإذا استعمل الركام الكبير فقط مع عجينة الأسمنت يكون الناتج خرسانة ضعيفة المقاومة لأن المساحة النوعية لسطح الركام الكبير

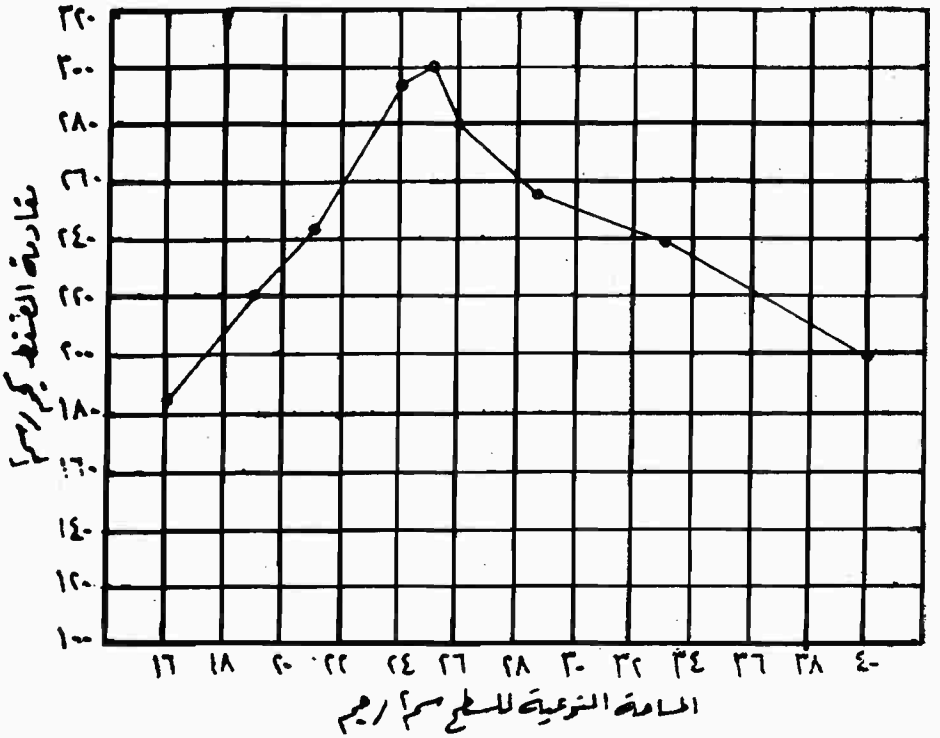
(Sqecific Surface Area) صغيرة وهى عادة من ٢ إلى ٥ سم٢ / جم وعلى ذلك يكون تماسك وترابط حبيبات الركام على مساحة صغيرة وبالتالى مقاومة ضعيفة للأحمال (مساحة التماسك × إجهاد عجينة الأسمنت = الحمل الأقصى) . كذلك إذا استعمل الركام الصغير فقط مع عجينة الأسمنت يكون الناتج خرسانة ضعيفة المقاومة لأن المساحة النوعية لسطح الركام الصغير كبيرة وهى عادة من ٦٠ إلى ١٠٠ سم٢ / جم فلا تكفى عجينة الأسمنت — الموجودة بقيمة محددة - للالتصاق التام لجميع حبيبات الركام وبالتالى تضعف المقاومة للأحمال .

ويلاحظ أن ضعف مقاومة الخرسانة المصنوعة من ركام كبير فقط ناتج من تواجد الفراغات بالخرسانة نتيجة عدم إمكان الدمك التام وعدم وجود حبيبات صغيرة لملء الفراغات بين حبيبات الركام الكبير . أما ضعف مقاومة الخرسانة المصنوعة من ركام صغير فقط فهو ناتج عن كثرة الماء اللازم للخلط لإعطاء خرسانة قابلة للتشغيل وينتج عن ذلك زيادة الماء الحر (Free water) الذى يتبخر مسبباً وجود فراغات كثيرة داخل الخرسانة .

من هذا يتبين أنه إذا استخدم الركام الخليط فى عمل الخرسانة — فإنه بالاضافة إلى تقليل ماء الخلط وإمكان الدمك الكافى لجعل الفراغات أقل ما يمكن — فإن المساحة السطحية للركام الخليط تكون مناسبة لإحداث تماسك بين الحبيبات يحقق المقاومة المطلوبة لخرسانة الأعمال الإنشائية . وقد أثبتت الدراسات أن مقاومة الخرسانة للضغط تتأثر كثيراً بالمساحة النوعية لسطح الركام ويوضح الشكل رقم (١ — ١٤) نتائج هذه الدراسات، ومنها يتبين أن هناك مساحة نوعية لسطح معينة للركام الخليط تعطى أكبر مقاومة للضغط فى الخرسانة وهذه المساحة النوعية حوالى ٢٥ سم٢ / جم .

ويتضح من ذلك أهمية معرفة المساحة السطحية للركام فى أنه يمكن باستخدام الركام المتوافر فى موقع العمل أن نحصل على خرسانة جيدة إلى حد كبير عن طريق التحكم فى النسبة بين الركام الصغير والركام الكبير بحيث تكون المساحة النوعية لسطح الركام الخليط ٢٥ سم٢ / جم .

كما اتضح من الدراسات العديدة أن التدرج الحبيبى للركام لا يعتبر وحده عنصراً رئيسياً لتحديد الركام الذى يلزم لإنتاج خرسانة عالية المقاومة حيث ثبت أنه باستعمال

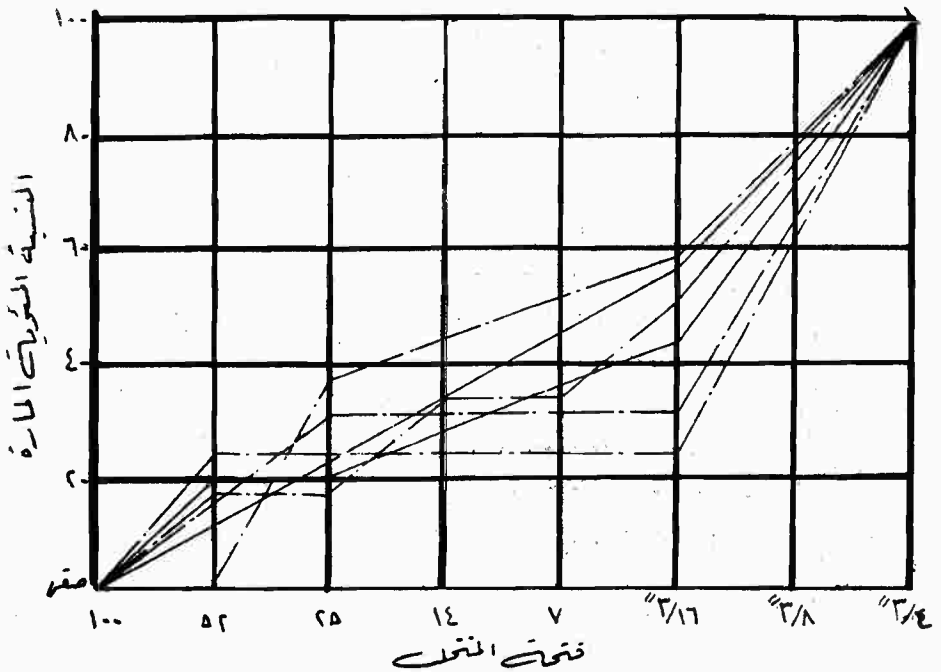


شكل رقم (١ — ١٤) تغير مقاومة الضغط للخرسانة بالمساحة السطحية للركام

ركام خليط بتدرجات مختلفة ومساحات سطحية موحدة لهذه التدرجات ومع ثبات العوامل الأخرى أمكن الحصول على خرسانات ذات مقاومة ضغط واحدة . ويبين الشكل رقم (١ — ١٥) ستة تدرجات حبيبية لركام خليط فيه المساحة النوعية للسطح لكل تدرج ٣٢ سم٢ / جم وقد استخدم كل تدرج فى عمل خرسانة نسبة الأسمنت إلى الركام فيها ١ : ٦ ونسبة الماء إلى الأسمنت ٠,٥٥ وأدى ذلك إلى الحصول على خرسانات لها تقريباً نفس المقاومة للضغط وكانت ٣٧٠ كجم / سم٢ تقريباً .

ثانياً — طرق تعيين المساحة النوعية لسطح الركام :

توجد طرق عديدة نظرية وتجريبية وعملية لتعيين المساحة النوعية لسطح الركام ويكون الأساس فى بعض هذه الطرق على اعتبار أن حبيبات الركام كرات أو على أساس أشكال مختلفة مع إدخال عامل الشكل فى الاعتبار وفيما يلى تفصيل لبعض هذه الطرق :



تدرجات الركام الخليط المتساوية في المساحة النوعية للسطح

شكل رقم (١ — ١٥)

أ — الطرق النظرية :

١ — على أساس أن حبيبات الركام عبارة عن كرات (Spheres)

إذا فرض أن :

وزن حبيبات الركام فى أى مجموعة = ز

عدد حبيبات الركام فى هذه المجموعة = ن

الوزن النوعى للركام = و

القطر المتوسط لحبيبات الركام = ق

نصف القطر المتوسط لحبيبات الركام = نق = $\frac{ق}{٢}$

المساحة السطحية لحبة واحدة من الركام = ٤ π نق^{٢}

« « لجميع حبيبات الركام = ٤ π نق^{٢} . ن

لكن وزن الركام « ز » = $\frac{٤}{٣}$ π نق^{٣} . ن . و

$$\text{ك} = ٣ \text{ر} / ٤ \pi \text{ق}_{٠}^{٢} \text{و}$$

∴ المساحة السطحية الكلية للركام $= ٤ \pi \text{ق}_{٠}^{٢} \text{ر} / ٣ \text{ك} = ٤ \pi \text{ق}_{٠}^{٢} \text{ر} / ٣ \text{ق}_{٠}^{٣} \text{و}$

$$= \frac{٣ \text{ر}}{\text{ق}_{٠} \text{و}}$$

$$\text{المساحة السطحية للركام} = \frac{٦ \text{ر}}{\text{ق}_{٠} \text{و}} \quad \ldots (١)$$

فإذا كانت مجموعة الركام ذات الوزن ر هى المارة من منخل فتحته ق$_{١}$ والمحجوزة على منخل فتحته ق$_{٢}$ فتكون قيمة ق عبارة عن القيمة المتوسط بين ق$_{١}$ ، ق$_{٢}$.

وقد تكون المتوسط الحسابى حيث ق $= (\text{ق}_{١} + \text{ق}_{٢}) / ٢$

أو المتوسط الهندسى حيث ق $= \sqrt{\text{ق}_{١} \text{ق}_{٢}}$

أو المتوسط اللوغاريتمى حيث لو ق $= (\text{لو ق}_{١} + \text{لو ق}_{٢}) / ٢$

أما المتوسط الهارمونى حيث $\frac{٢}{\text{ق}} = \left(\frac{١}{\text{ق}_{١}} + \frac{١}{\text{ق}_{٢}}\right)$ . . . . إلخ

فإذا كانت هناك عينة من الركام وزنها الكلى « ر » واجرى لها اختبار التدرج الحبيبى باستخدام المناخل ا ، ب ، حـ ، د . . . . إلخ وكان الوزن المحجوز على هذه المناخل هو ر$_{١}$ ، ر$_{٢}$ ، ر$_{٣}$ ، ر$_{٤}$ ، . . . . . إلخ فتكون .

$$\text{المساحة السطحية} = \frac{٦ \text{ر}_{١}}{\text{ق}_{١} \text{و}} + \frac{٦ \text{ر}_{٢}}{\text{ق}_{٢} \text{و}} + \frac{٦ \text{ر}_{٣}}{\text{ق}_{٣} \text{و}} + \ldots + \frac{٦ \text{ر}_{\text{ن}}}{\text{ق}_{\text{ن}} \text{و}}$$

حيث ق$_{١}$ $= \frac{١}{٢}$ (مقاس المنخل ا + مقاس المنخل ب)

ق$_{٢}$ $= \frac{١}{٢}$ (مقاس المنخل ب + مقاس المنخل حـ) . . . إلخ

وتكون المساحة النوعية للسطح أى المساحة السطحية لوحدة الوزن هى :

$$\left(\frac{٦ \text{ر}_{١}}{\text{ق}_{١} \text{و}} + \frac{٦ \text{ر}_{٢}}{\text{ق}_{٢} \text{و}} + \ldots + \frac{٦ \text{ر}_{\text{ن}}}{\text{ق}_{\text{ن}} \text{و}}\right) / \text{ر} \quad \ldots (٢)$$

كذلك يمكن من الرسم البيانى للتدرج الحبيبى للركام معرفة المساحة النوعية للسطح

لهذا الركام . فإذا كان م١ ، م٢ ، م٣ . . . . . مه هى النسب المئوية المارة من المناخل ا ، ب ، حـ ، . . . . . الخ تكون المساحة النوعية للسطح هى :

$$\text{(٣)} \quad \boxed{١٠٠/\left(٠٠٠٠٠ + \frac{٦\,(م٢-م٣)}{ق٢\,و} + \frac{٦\,(م١-م٢)}{ق١\,و}\right)}$$

٢ ــ على أساس أن حبيبات الركام عبارة عن أشكال مختلفة :

$$\text{المساحة السطحية الحقيقية (True Surfaec Area)} = ع١ \frac{٦\,ن١}{ق١\,و} +$$

$$ع٢ \frac{٦\,ن٢}{ق٢\,و} + \ldots + عن \frac{٦\,نه}{قه\,و}$$

حيث ع١ ، ع٢ . . . . تمثل عامل الشكل (Form Factor) وقد تسمى (ع) عامل الزاوية (Angularity Factor) .

وقد تفرض قيم معينة لهذا العامل طبقاً للخبرة بنوع الركام أو طبقاً لافتراضات معينة أو نتيجة لإجراء تجارب وفيما يلى كيفية تعيين القيمة (ع) نتيجة للدراسات التى أجريت بمعمل المواد بكلية الهندسة جامعة عين شمس والتى ثبت منها أن :

$$\frac{\text{المساحة الحقيقية لحبيبات الركام}}{\text{مساحة حبيبات الركام باعتبارها كرات}} = \frac{\text{نسبة الفراغات بالركام السائب}}{\text{نسبة الفراغات بالركام المدمك}}$$

$$\boxed{ع = \frac{هق}{هس} = \frac{\text{النسبة القصوى للفراغات بالركام .}}{\text{النسبة الصغرى للفراغات بالركام .}}}$$

حيث : هق = النسبة القصوى للفراغات بالركام .

هس = النسبة الصغرى للفراغات بالركام .

ويلاحظ أن عامل الشكل يساوى الوحـــدة (Unity) إذا كانت حبيبات الركام كلها كروية ويكون أكبر من الواحد الصحيح للركام العادى .

وتعين قيمة ع معملياً لكل مجموعة من الركام أى ع١ ، ع٢ ، . . . للركام ن١ ، ن٢ ، ن٣ ، . . . وذلك بوضع مجموعة الركام وهى سائبة (Loose) لتملأ وعاء له حجم معين ح

ويوزن الوعاء قبل وبعدملئه السائب وبذلك يمكن تعيين وزن الركام السائب $م_{س}$ ثم يعين الوزن النوعى للركام « و » .

$$\text{فتكون } هـ_{ق} = 1 - \frac{و \cdot ح}{م_{س}}$$

ثم يملأ الوعاء بالركام على عدة طبقات مع دمك كل طبقة ويعين وزن الركام المدموك $م_{د}$.

$$\text{فتكون } هـ_{س} = 1 - \frac{و \cdot ح}{م_{د}}$$

وبذلك يمكن تعيين ع عملياً .

ب ــ الطرق العملية :

توجد طرق عملية عديدة لتعيين المساحة النوعية للسطح ومن هذه الطرق ما يأتى :

١ ــ طريقة النفاذ بالهواء أو الماء	Permeabl[ity] Method
٢ ــ الطريقة الضوئية	OPtical Method
٣ ــ طريقة التغطية بطبقة من الزيت الثقيل	Heavy Oil Méthod
٤ ــ طريقةالتغطية بطبقةمنحمض الستريك	Stearic Acid Film
٥ ــ طريقة الامتصاص .	Absorption Method

وتتصف جميع هـــذه الطرق بصعوبة اجراءتها العملية كما تنقص الدقه الكثير من نتائجها .

ثالثاً ــ تعيين نسبة الركام الصغير إلى الركام الكبير للحصول على خليط يحقق مساحة سطحية معلومة :

عند تصميم الخلطات الخرسانية بطريقة المساحة السطحية يحتاج الأمر إلى تعيين النسبة بين الركام الصغير والركام الكبير المتوافر فى موقع العمل ليكون ركام خليط يحقق مساحة سطحية معلومة وفيما يلى إحدى الطرق لتحديد هذه النسبة :

تحسب المساحة النوعية للسطح لكل من الركام الصغير والركام الكبير المتوافر فى الموقع ولتكن اس ، اك على التوالى .

فإذا كانت المساحة النوعيـــة لسطح الركام الخليط المعلومة هى اخ فيمكن تحديد نسبة الخلط كما يلى :

المساحة النوعية للركام الصغير = اس

المساحة النوعية للركام الكبير = اك

المساحة النوعية للركام الخليط = اخ

نسبة خلط الركام الصغير للكبير = م . ن

حيث م + ن = ١٠٠

فإن اخ $= \frac{م}{م+ن} \times$ اس $+ \frac{ن}{م+ن} \times$ اك .. (١)

∴ اخ (م + ن) = م + اس + ن × اك)

∴ م (اس — اخ) = ن (اخ — اك)

∴ م / ن = اخ - اك / (اس - اخ)

∴ الركام الصغير : الركام الكبير = (اخ — اك) : (اس — اخ)

أى الركام الصغير : الركام الخليط = (اخ — اك) : (اس — اخ)

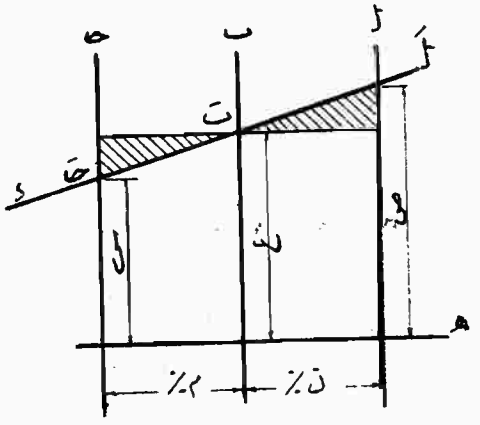
ويمكن تعيين هذه النسبة بالاستعانة بالطريقة البيانية الآتية كما فى الشكل رقم (١-١٦) :

بفرض أننا رسمنا ثلاثة خطوط ا ، ب ، حـ فإنه يمكن تعيين قيمة ج من المعادلة : —

ج $= \frac{ن \cdot س + م \cdot ص}{م + ن}$

(من تشابه المثلثين المبينين بالشكل)

$= \frac{م}{م+ن} \times$ ص $+ \frac{ن}{م+ن}$ س



شكل رقم (١-١٦) تعيين نسبة م/ن بيانياً

فيفرض أن ص = اس ، س = اك

فإن ع = ا خ . . . بالمقارنة مع المعادلة(١)

وحيث أن م + ن = ١٠٠ فرضاً لجميع قيم م / ن

فإن وضع كل من الخطوط ا ، حـ ، ى ، هـ ثابت لأنه يتوقف على قيم اس (المساحة النوعية لسطح الركام الصغير) ، اك (المساحة النوعية لسطح الركام الكبير) . وعلى ذلك فيمكن بأخذ خط مواز للخط هـ ونبعد عنه بالقيمة اخ (المساحة السطية الركام الخليط) المطلوبة تعين النقطة ب وبرسم خط رأسى وب، يمكن تحديد قيمة كل من م ، هـ حيث تمثل القيمة م نسبة خلط الركام الصغير والنسبة هـ لنسبة خلط الركام الكبير وتكون النسبة م : ن هى لنسبة الركام الصغير إلى الكبير .

وسيلى شرح الأساس النظرى لهذه الطريقة وكيفية تطبيقها عملياً فى صورة مشابهة عند دراسة التدرج الحبيبى الركام إلا أن المثال التالى يعتبر توضيحاً مؤقتا لهذه الطريقة:

مثال :

المعلوم نوعان من الرمل أحدهما خشن له مساحة سطحية مقدارها ٤٦ سم٢/ جم والآخر ناعم مساحته السطحية ٩٢ سم٢/ جم . كما يوجد نوع من الزلط مساحته السطحية ٤ سم٢/ جم .

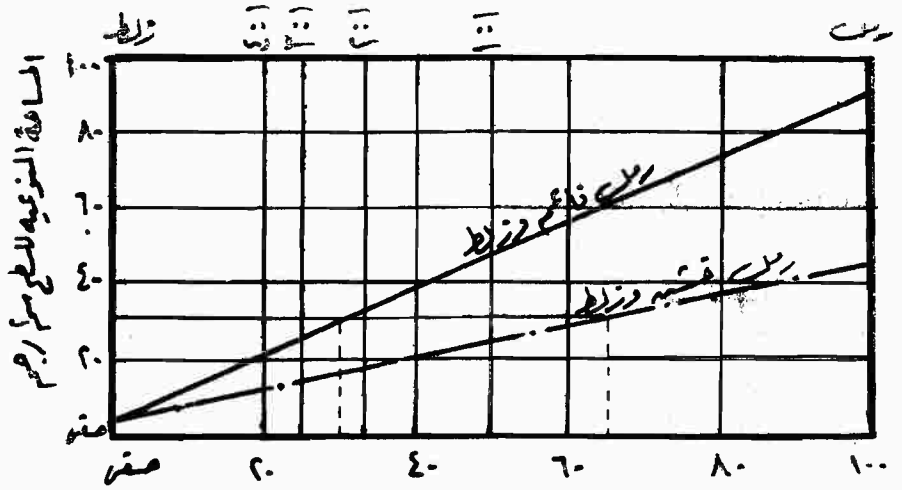
ورؤى عند تصميم خلطات الخرسانة أن تكون مساحة الركام الخليط الناتجة ٣٠ سم٢/ جم والمطلوب تعيين النسبة المئوية الرمل فى الركام الخليط بغرض استخدام كل من نوعى الرمل على حدة ، كذلك تعيين المساحة النوعية لسطح الركام الخليط من الرمل والزلط بنسبة ١ : ١ ، ١ : ٢ ، ١ : ٣ ، ١ : ٤.

الحل :

١ — يرسم مستطيل كالمبين بالشكل رقم (١ — ١٧).

٢ — يدرج كل من جانبى المستطيل بمقياس رسم مناسب ويخصص الاحداثى الأيمن للمساحة النوعية لسطح الرمل والاحداثى الأيسر للمساحة النوعية لسطح الزلط .

٣ — يدرج الاحداثى الأفقى ليقرأ نسبة الرمل فى الخليط كنسبة مئوية فيكون صفراً عند الزلط ، ١٠٠ ٪ عند الرمل .



النسبة المئوية للرمل في الركام الخليط

شكل رقم (١ — ١٧)

تعيين النسبة المئوية للرمل فى الركام الخليط بمعلومية المساحة النوعيه لسطح الركام الخليط

٤ — توقع المساحة السطحية للرمل بنوعية . وهى ٤٦ ، ٩٢ سم٢/ جم على احدائى الرمل وبالمثل المساحة السطحية للزلط وهى ٤ سم٢ / جم .

٥ — يوصل الخطان المبينان فيكون أحدهما ممثلا للحل الهندسى(Focus)للساحة النوعية لسطح الركام الخليط والناتج من خلط الرمل الناعم والزلط والآخر هو المحل الهندسى للمساحة النوعية لسطح الركام الخليط والناتج من خلط الرمل الخشن والزلط .

٦ — يرسم خط أفقى عند مساحة نوعية للسطح = ٣٠ سم٢ / جم (وهى المساحة السطحية المعلومة للركام الخليط)حتى يلاقى الخطين السابقين فى النقطتين المبينتين بالشكل رقم (١ — ١٧) ثم يرسم خطين رأسيين من النقطتين يمكن قراءة نسب وجود الرمل فى كل نوع من الركام الخليط .

وعلى ذلك تكون المساحة النوعية لسطح الركام الخليط بنوعيه ٣٠ سم٢/ جم ولكن أحدهما يحتوى ٢٧ ٪ من الرمل الناعم ، ٧٣ ٪ من الزلط العادى والآخر يحتوى على ٦٥ ٪ من الرمل الخشن ، ٣٥ ٪ من الزلط .

وعلى ذلك يمكن عن طريق خلط أنواع مختلفة من الرمل والزلط بنسب مختلفة الحصول على مساحة نوعية واحدة لسطح الركام الخليط وقد ثبت من التجارب أنه إذا كانت هذه المساحة النوعية للسطح فى حدود من ٢٤ — ٢٦ سم٢ / جم فإننا نحصل على أقصى

مقاومة للخرسانة . وفى الواقع يتوقف التفضيل فى هذه الحالة على الناحية الاقتصادية ومدى توافر كل نوع من الركام فى موقع العمل .

أما بالنسبة للمطلوب الثانى فإنه برسم الخطوط الرأسية المبينة بالشكل رقم (١ — ١٧) عند النسب ٥٠٪ ، ٣٣,٣٪ ، ٢٥٪ ، ٢٠٪ وهى التى تشير إلى نسب خلط ١ : ١ ، ١ : ٢ ، ١ : ٣ ، ١ : ٤ على الترتيب يمكن تحديد المساحة النوعية لسطح الركام الخليط وهى كما يلى:

نسبة الخاط	نسبة الرمل فى الخليط	المساحة النوعية لسطح الركام الخليط	
		رمل ناعم وزلط	رمل خشبى وزلط
١ : ١	٥٠ ٪	٤٨ سم٢ / جم	٢٤ سم٢ / جم
١ : ٢	٣٣,٣ ٪	٣٣ سم٢ / جم	١٨ سم٢ / جم
١ : ٣	٢٥ ٪	٢٦ سم٢ / جم	١٤ سم٢ / جم
١ : ٤	٢٠ ٪	٢٢ سم٢ / جم	١٢ سم٢ / جم

رابعا — أمثلة لحساب المساحة النوعية لسطح حبيبات الركام :

١ — الركام الصغير :

مثال : إذا كانت نتيجة اختبار التدرج الحبيبى للرمل الموجود فى منطقة قناة السويس وكذلك نتائج تعيين عامل الشكل (Form factor) « ع » لكل مقاس من الركام المار من منخل قياسى معين والمحجوز على المنخل الذى يليه كما يأتى :

مقاس المنخل «مم»	٤,٧٦	٢,٨٣	١,٤١	٠,٧٠٧	٠,٣٥٤	٠,١٧٧	٠,٨٨
النسبة المئوية المارة	١٠٠	٩٦,٦٥	٨,٥٤	٦٧,٤٠	٢٧,٥٤	٤,٦٦	صفر
النسبة المئوية المحجوزة	صفر	٣,٣٥	١١,٤٦	٣٢,٦٠	٧٢,٤٦	٩٥,٣٤	١٠٠
النسبة المئوية المحجوزة بين كل منخلين متتاليين (ر)		٣,٣٥	٨,١١	٢١,١٤	٣٩,٨٦	٢٢,٨٨	٤,٦٦
عامل الشكل (ع)		١,٤٣	١,٤٣	١,٤١	١,٤٢	١,٣٤	١,٣٢

فاذا فرض أن الوزن النوعى للركام « و » ثابت لجميع مقاساته ويساوى ٢,٦٤

والمطلوب حساب المساحة السطحية ثم المساحة النوعية للسطح لهذا الرمل .

الحل : يمكن حساب المساحة باتباع الخطوات التالية :

ـ بيان مقاس المنخل بالمليمتر .

ـ تحديد المتوسط اللوغاريتمى لمقاس كل منخلين متتاليين (و بالسنتيمتر)وعامل الشكل (ع) المقابل له .

ـ حساب الثابت $\frac{٦}{و^{٠,٥}}$ وقيمة وزن الركام (ر) المقابل له ثم تحسب المساحة السطحية من القيمة $\frac{٦ ر}{و^{٠,٥}} \cdot ع$

مقاس المنخل مم	المتوسط اللوغاريتمى لمقاس منخلين متتالين و سم	عامل الشكل « ع »	$\frac{٦}{و^{٠,٥}}$	وزن الركام بين كل منخلين متتاليين ر	$\frac{٦ ر}{و^{٠,٥}} \cdot ع$
٤,٧٦					
←	٠,٣٣٨	١,٤٣	٦,٧٤	٣,٣٥	٣٢,٢٩
٢,٨٣					
←	٠,١٦٩٨	١,٤٣	١٣,٣٨	٨,١١	١٥٥,٢١
١,٤١					
←	٠,٠٨٤٩	١,٤١	٢٦,٧٦	٢١,١٤	٨٠٤,٩٤
٠,٧٠٧					
←	,٠٤٢٣	١,٤٢	٥١,١١	٣٩,٨٦	٢٨٣٨,٩٠
٠,٣٥٤					
←	,٠٢١١	١,٣٤	١٠٧,٢	٢٢,٨٨	٣٩٥٤,٠٠
٠,١٧٧					
←	,٠١٠٥	١,٣٢	٢١٤,٤	٤,٦٥	١٣١٦,٥٧
٠,٠٨٨					

المجموع = ٨٤٨٢

$$\text{المساحة السطحية} = \Sigma\, ع \cdot \frac{\text{ق}^{٦}\,ر}{\text{ق} \cdot و} = ٨٤٨٢ \text{ سم}^{٢}$$

∴ المساحة النوعية السطح = ٨٤,٨٢ سم^{٢} / جم

وذلك لأن أوزان الركام ر الموجودة بالجدول كنسبة مئوية تعتبر كما كانت أوزانا حقيقية لعينة وزنها ١٠٠ جرام .

٢ ـ الركام الكبير :

مثال : إذا كانت نتيجة اختبار التدرج الحبيبي واختبار تعيين عامل الشكل « ع » لزلط الهرم كما هو مبين فيما يلي :

مقاس المنخل «مم»	٦٣,٥	٥٠,٨	٣,٨١	٢٥,٤	١٩,٠	١٢,٧	٩,٥١	٤,٧٦
النسبة المئوية المارة	١٠٠	٩٤,٩٠	٨٠,٧٠	٦٥	٤٨,٧	٢٨,٨٪	١٩,٤٠	صفر
النسبة المئوية المحجوزة	صفر	٥,١	١٩,٣٠	٣٥,٠٠	٥١,٣	٧١,١٣	٨٠,٦٠	١٠٠
النسبة المئوية المحجوزة بين كل منخلين متتاليين (ر)	٥,١٠	١٤,٢	١٥,٧	١٦,٠	١٩,٨٣	٩,٤٧	١٩,٤٠	
عامل الشكل (ع)	١,٣٩	١,٣٨	١,٣٩	١,٤١	١,٤٥	١,٣٦	١,٣٧	

فإذا فرض أن الوزن النوعي للركام « و » ثابتا لجميع مقاساته ويساوى ٢,٦٤ فالمطلوب حساب المساحة السطحية ثم المساحة النوعية السطح لزلط الهرم .

الحل : يمكن حساب المساحة السطحية من الجدول التالى :

مقاس المنخل م	المتوسط اللوغاريتمى لمقاس منخلين متتاليين ق سم	عامل الشكل ع	٦ / (ق و)	وزن الركام بين كل منخلين متتاليين ن ر	٦ ن ر / (ق و ع)
٦٣,٥					
	٥,٦٧	١,٣٩	٠,٤٠١	٥,١	٢,٨٥
٥٠,٨					
	٤,٣٩	١,٣٨	٠,٥١٨	١,٤٢	١٠,١٦
٣٨,١					
	٣,٠٨	١,٣٩	٠,٧٣٨	١٥,٧	١٦,١٤
٢٥,٤					
	٢,١٨	١,٤١	١,٠٤٤	١٦,٣	٢٣,٩٥
١٩,٠					
	١,٥٦	١,٤٥	١,٤٦٠	١٩,٨٣	٤٢,٠٥
١٢,٧					
	١,٠٢	١,٣٦	١,٩٥٨	٩,٤٧	٢٥,١٢
٩,٥١					
	٠,٦٨	١,٣٧	٣,٣٧٠	١٩,٤٠	٨٩,٨٨
٤,٧٦					

المجموع = ٢٠١

∴ المساحة السطحية = ∑ ع ٦ ن ر / ق و

= ٢٠١ سم٢

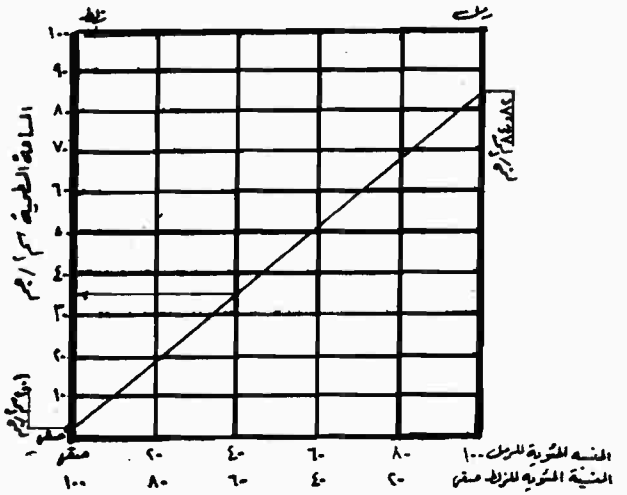
∴ المساحة النوعية للسطح = ٢,٠١ سم٢/ جم

٣ ــ الركام الخليط :

المعلوم رمل مساحته النوعية للسطح تساوى ٨٤,٨٢ سم٢ / جم وزلط مساحته

النوعية للسطح ١٠,٠ سم٢/ جم والمطلوب تعيين المساحة النوعية لسطح الركام الخليط المكون من ٤٠٪ رمل ، ٦٠٪ زلط . تعيين ذلك بيانيا كما هو مبين بالشكل رقم (١ — ١٨) حيث يتضح أن :

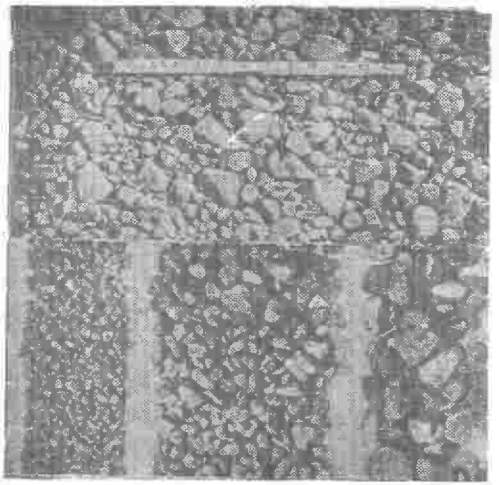
المساحة النوعية لسطح الركام الخليط(٤٠ ٪ رمل ، ٦٠٪ زلط) =٣٥سم٢/جم



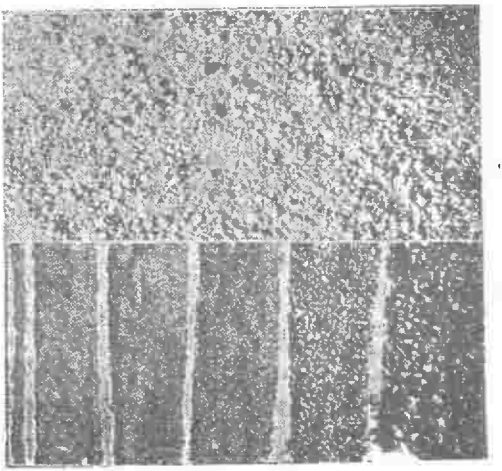
شكل رقم(١ — ١٨)
العلاقة بين النسبة المئوية للرمل والزلط وبين المساحة السطحية للركام الخليط

١١ - التدرج الحبيبى :

(ا) التعريف : هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض فى أية كمية من الركام،أى تعيين توزيع الحجم الطبيعى للركام كما هو مبين بالشكل رقم(١ — ١٩). ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بهز الركام فى مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من أعلى وأصغرها مقاسا من أسفل ثم وزن المحجوز على كل منخل (المنخل يعرف بمقاس فتحته أى طول ضلع الفتحة) . ثم حساب النسبة المئوية للركام المار من كل منخل ثم توقع بيانيا العلاقة بين مقاس فتحة المنخل والنسبة المئوية للركام المار منه ليعبر هذا الرسم عن مدى التوزيع الحجمى للحبيبات بالركام أى مدى التدرج الحبيبى .



ركام كبير



ركام صغير

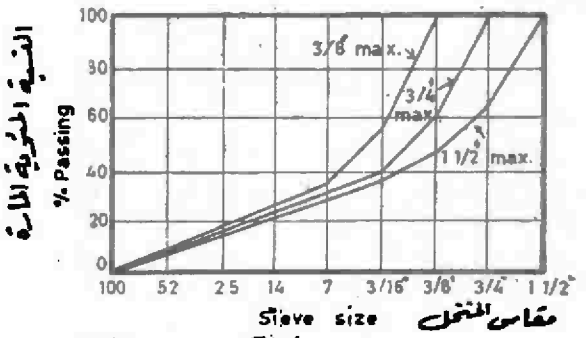
شكل رقم (١ — ١٩) تدرج حبيبات الركام

(ب) انواع الركام من جهة التدرج .

ينقسم الركام من جهة تدرجه الحبيبي إلى الأنواع التالية :

١ — الركام المتدرج (Graded Aggregates) : شكل رقم (١ — ٢٠) وهو الركام الذى يحتوى على معظم مقاسات المناخل القياسية .

٢ — الركام الجيد التدرج (Well graded Aggregates) : شكل رقم (١-٢١)



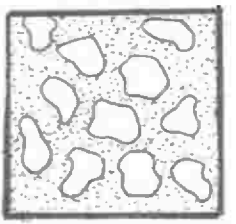
الشكل العام للتدرج الحبيبي للركام الخليط
للمقاسات الكبيرة ١ ½" ، ¾" ، ⅜"
(أبحاث Glanville)

شكل رقم (١ — ٢٠)

وهو الركام الذى يحتوى على الكميات المناسبة من المقاسات المختلفة للمناخل القياسية. وعادة يؤدى الركام المتدرج تدرجاً حسناً إلى درجة تشغيل مناسبة للخرسانة وإلى توفير فى كمية الأسمنت المستخدمة فى الخلطة الخرسانية وذلك بعكس الركام ردىء التدرج (Poor graded) أى الذى يكون معظمه من مقاس واحد أو مقاسين.

Well graded agg.
Cement : fine agg. : coarse agg.
1:2:4

ركام جيد التدرج



Poor graded agg.
1:4:2

ركام ردىء التدرج

الأسمنت : الركام الصغير : الركام الكبير

٤ : ٢ : ١

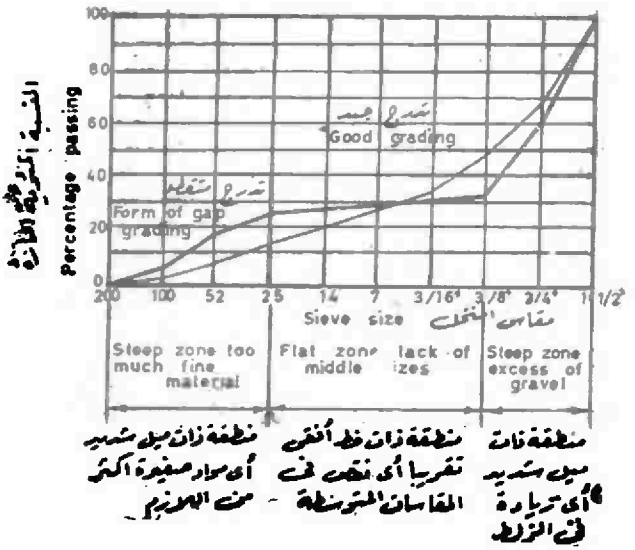
تدرج الركام فى الخرسانة

شكل رقم (١ — ٢١)

منحنى التدرج المثالى للركام الناقص التدرج والجيد التدرج

٣ — الركام الناقص التدرج (Gap graded Aggregates) : شكل رقم (١ — ٢٢)

وهو الركام الذى لا يوجد فيه مقاس أو أكثر من مقاسات الركام المختلفة ويظهر



شكل رقم (١ — ٢٢)

ذلك بوضوح فى المنحنى البيانى الخاص به إذ تمثل الفجوة بخط أفقى .

(ح) الغرض :

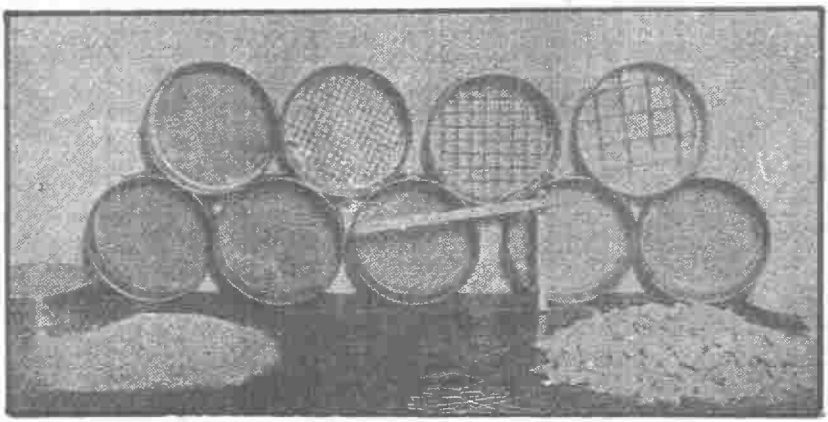
تهدف معرفة التدرج الحبيبى للركام إلى الحصول على تدرج مناسب لركام خليط من الركام الصغير والركام الكبير لاستخدامه فى الخلطات الخرسانية حتى نضمن بذلك للخلطة سهولة التشغيل وللخرسانة بعد تصلدها المقاومة المطلوبة مع مراعاة الوفر فى التكاليف، وكذلك ضمان خاصية عدم نفاذ الماء فى الخرسانة فى الأعمال التى تتطلب ذلك، حيث أن الركام ذا التدرج الحبيبى المعين، له فراغات معينة وقدرة على التداخل تحت تأثير الدمك وأن قلة الفراغات بين حبيبات الركام فى الخرسانة تعطى خرسانه قوية تقاوم الأحمال المختلفة وتكون ذات مناعة كافيه لنفاذ الماء بها .

الغرض من دراسه مكونات الخلطه الخرسانيه هو إنتاج خرسانة كثافتها عاليه وفى نفس الوقت على درجة عالية من التشغيل مع استعمال أقل كمية من الأسمنت وقد وجد أن الركام المتدرج يساهم فى تحقيق هذه المتطلبات بقدر الإمكان .

(د) المناخل القياسية .

المناخل القياسية هى مناخل ذات هيكل معدنى وذات فتحات مربعة شكل رقم (١ — ٢٣) ويسمى المنخل بطول فتحته بالمليمتر أو بالبوصة أو بعدد الفتحات فى البوصة الطولية .

ويمكن تقسيم المناخل القياسية اللازمة لاختبار ركام الخرسانة إلى ثلاث مجموعات:



شكل رقم (١ — ٢٣) المناخل القياسية الركام

المجموعة الأولى :

وهى المناخل ذات الفتحات الواسعة وتشمل المناخل ٣٨,١-٣٢-٤ , ٢٥ مم (١ ١/٤ — ١ ١/٤ — ١ بوصة) وتصنع فتحاتها مربعة بثقب لوح من الصلب الطرى بالأبعاد المطلوبة على أن تسد أجزاء الفتحات بحيث لا يحتوى المنخل إلا على فتحات مربعة كاملة ويكون سمك ألواح الصلب المستعملة فى هذه المناخل ١,٥ مم .

المجموعة الثانية :

وهى المناخل ذات الفتحات المتوسطه وتشمل المناخل ١٩ - ١٦ - ٩,٥٦ - ٤,٧٦ مم (٣/٤ — ٥/٨ — ٣/١٦) بوصة وتصنع فتحاتها مربعة وذلك بقص لوح من الصلب الطرى بالأبعاد المطلوبة على أن تسد أجزاء الفتحات بحيث لا يحتوى المنخل إلا على فتحات مربعة كاملة ويكون سمك ألواح الصلب المستعملة فى هذه المناخل ١ مم .

المجموعة الثالثة :

المناخل ذات الفتحات الضيقة وتشمل المناخل ٢,٨٣ — ١,٤١ — ٠,٧٠٧ — ٠,١٧٧ — ٠,٠٨٨ مم (أرقام ٧ ١٤ ، ٢٥ ، ٥٢ , ١٠٠) ويصنع نسيجها بضفر أسلاك من النحاس أو البرونز الفوسفورى بفتحات مربعة بالأبعاد المطلوبة .

ويصنع هيكل المناخل القياسية من النحاس أو أى معدن آخر مناسب .

وفكرة استخدام المناخل فى التصنيف الحجمى فكرة قديمة جداً إلا أنها تطورت فى العصر الحديث مع انتشار استخدام المناخل فى أغراض الاختبار لتواجد ضرورة ملحة لإيجاد علاقة محددة بين أبعاد الفتحات فى المناخل المختلفة. وقامت إحدى الشركات الأمريكية سنة ١٩٠١ بصناعة مجموعة من المناخل القياسية كانت النسبة بين مساحة فتحة المنخل والمنخل الذى يليه نسبة ثابتة تساوى ٢ : ١ وكانت فتحات نسيج المنخل مربعة وعلى ذلك تكون النسبة بين أطوال أضلاع الفتحات فى المناخل نسبة ثابتة تساوى $\sqrt{٢}$: ١ أى (١,٤١٤ : ١) وترجع فكرة النسبة الثابتة إلى الاستاذ «ريتنجر» (Rittinger) سنة ١٨٦٧ ثم اقترح الأستاذ « ريتشارد » استبدال النسبة السابقة إلى $\sqrt[٤]{٢}$: ١ أى (١,١٩ : ١) وذلك حتى يمكن تقسيم الجزئيات المختبرة إلى مجموعات أكثر تقارباً. وقد أخذت المواصفات القياسية فى كثير من الدول بهذا الاقتراح كما فعلت أمريكا وبريطانيا والهند واليابان .

وقد رأى « هوفر » (Hoover) استخدام مجموعة من المناخل أساسها فتحة مربعة طول ضلعها بوصة واحدة والحصول على أبعاد الفتحات الأخرى تستخدم النسبة $\sqrt[4]{2}:1$ بنفس الطريقة السابقة ولهذا الاقتراح ميزة هى أن ضلع الفتحة رقم ١٥ يساوى ٠,٠٣٩٣٧ بوصة أى مليمتر واحد (أى يمكن الربط بين الوحدات الانجليزية والمترية عند هذه الدرجة) . ورغم ذلك لم يؤخذ بهذا الاقتراح عملياً وتطبيقياً ويعطى الجدول التالى رقم (١ — ٩) دراسة مقارنة بين مجاميع مناخل الاختبار فى المواصفات الأمريكية والبريطانية والفرنسية والألمانية ويلاحظ ما يلى :

— أن كل المواصفات الأمريكية والفرنسية والألمانية تتخذ المنخل الذى طول ضلع فتحته واحد مليمتر أساساً لمجموعة المناخل

— يتراوح طول ضلع الفتحات فى المجموعة الاميريكية بين ٠,٠٣٧ ر٠ مم و١٠٧,٦ مم ويلاحظ أن النسبة بين طول ضلع كل فتحة إلى طول ضلع الفتحة التى يليها هى $\sqrt[4]{2}:1$ أو نسبة قريبة جداً منها وهذه النسبة هى أساس اختيار المجموعة .

— تشمل مجموعة المناخل الأميريكية بعض المناخل التى لا تقيد بالنسبة الثابتة ($\sqrt[4]{2}:1$) وهى المناخل ٤" - ٢" - ١" - $\frac{1}{2}$" - $\frac{1}{4}$" وذلك لانتشار استعمالها فى أمريكا .

— تشمل مجموعة المناخل الأمريكية التسعة عشر منخلا التى أوصت بها المنظمة الدولية للتوحيد القياسى (I.S.O) .

— لا تذكر المواصفات البريطانية أساس اختيار مقاس الفتحات ولكن يلاحظ أن مقاس الفتحات ذكر بالكسور الاعتيادية للبوصة مما يرجح أن تكون البوصة وأجزاؤها المعروفة هى أساس الاختيار .

— تتقارب الفتحات فى مجموعة مناخل السلك الدقيقة فى المواصفات البريطانية مع مجموعة المناخل الأمريكية الدقيقة إلا أن المجموعة البريطانية لا تعتبر مع ذلك مجموعة ذات نظام على أساس موحد .

— يلاحظ أن معظم الفتحات فى المناخل الفرنسية والألمانية أطول أضلاعها هى مضاعفات أو أجزاء من ١ر٢٥ أو ١ أو ٠ر٧٥ مم

تتساوى معظم الفتحات فى المناخل الفرنسية مع الفتحات فى المناخل الألمانية وتقارب كثيراً المناخل الأمريكية ومع ذلك فهى لا تحقق النسبة الثابتة $\sqrt[4]{2}:1$

جدول رقم (١ — ٩)

أبعاد فتحات المناخل فى المواصفات العالمية

المواصفات الأمريكية		المواصفات البريطانية				المواصفات الفرنسية		المواصفات الألمانية
الفتحة بوصة	الفتحة مم	رقم المنخل	مخرم بوصة	متوسط بوصة	دقيق مم	رقم المنخل	الفتحة مم	الفتحة مم
٤,٢٤	١٠٧,٦							
٤	١٠١,٧		٤					
٣ ١/٢	٩٠,٥		٢ ١/٢					
٣	٧٦,١		٣					
			٢ ٣/٤					
٢ ١/٢	٦٤,٠		٢ ١/٢					
٢,١٢	٥٣,٨		٢ ١/٤					
٢	٥٠,٨		٢					
			١ ٧/٨					
١ ٣/٤	٤٥,٣		١ ٣/٤					
			١ ٥/٨					
١ ١/٢	٣٨,١		١ ٣/٨					
			١ ٣/٨					
١ ١/٤	٣٢,٠		١ ١/٤					
١,٠٦	١٦,٩		١ ١/٨					
١	٢٥,٤		١					٢٥
٧/٨	٢٢,٦		٧/٨ ٣/٤					
٣/٤	١٩,٠							٢٠
٥/٨	١٦,٠		٥/٨					١٨
٠,٥٣٠	١٣,٥							١٦
١/٢	١٢,٧		١/٢	١/٢				١٢,٥

تابع — جدول رقم (١ — ٩)

أبعاد فتحات المناخل فى المواصفات العالمية

المواصفات الأمريكية		المواصفات البريطانية				المواصفات الفرنسية		المواصفات الألمانية
الفتحة	الفتحة	رقم المنخل	مخرم	متوسط	صغير	رقم المنخل	الفتحة	الفتحة
بوصة	مم		بوصة	بوصة	مم		مم	م°
$\frac{7}{16}$	١١,٢							
$\frac{3}{8}$	٩,٥١		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$				١٠
$\frac{5}{16}$	٨,٠٠		$\frac{5}{16}$					٨
٠,٢٦٥	٦,٧٣							
$\frac{1}{4}$	٦,٣٥		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$				٦ر٣٠
رقم المنخل								
$3\frac{1}{2}$	٥,٦٦	٥	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$		٢٨	٥ر٠٠	
٤	٤,٧٦							
٥	٤,٠٠					٣٧	٤ر٠٠	٤ر٠٠
٦	٣,٣٦				٣,٣٥٣			
						٣٦	٣ر١٥	٣ر١٥
٧	٢,٨٣	٦		$\frac{1}{8}$	٢,٨١٢			
٨	٢,٣٨	٧			٢,٤١١	٣٥	٢ر٥٠	٢ر٥٠
١٠	١,٠٠	٨			٢,٠٥٧	٣٤	٢ر٠٠	٢ر٠٠
١٢	١,٦٨	١٠			١,٦٧٦			
				$\frac{1}{16}$		٣٣	١ر٦٠	١ر٦
١٤	١,٤١	١٢			١,٤٠٥			
						٣٢	١ر٢٥	١ر٢٥
١٦	١,١٩	١٤			١,٢٠٤			
١٨	١,٠٠	١٦			١ر٠٠	٣١	١ر٠٠	١ر٠٠
٢٠	٠,٨٤١	١٨			٠ر٨٥٣			

تابع — جدول رقم (١ - ٩) أبعاد فتحات المناخل فى المواصفات العالمية

المواصفات الأمريكيه		المواصفات البريطانية				المواصفات الفرنسية		المواصفات الألمانيه
رقم المنخل	الفتحه مم	رقم المنخل	مخرم بوصة	متوسط بوصة	صفيح مم	رقم المنخل	الفتحه مم	الفتحه مم
				١/٣٣		٣٠	٠ر٨٠٠	٠ر٨٠٠
٢٥	٠ر٧٠٧	٢٢			٠ر٦٩٩			
						٢٩	٠ر٦٣٠	٠ر٦٣٠
٣٠	٠ر٥٩٥	٢٥			٠ر٥٩٩			
٣٥	٠ر٥٠٠	٣٠			٠ر٥٠٠	٢٨	٠ر٥٠٠	٠ر٥٠٠
٤٠	٠ر٤٢٠	٣٦			٠ر٤٢٢			
						٢٧	٠ر٤٠٠	٠ر٤٠٠
٤٥	٠ر٣٥٤	٤٤			٠ر٣٥٣			
						٢٦	٠ر٣١٥	٠ر٣١٥
٥٠	٠ر٢٩٧	٥٢			٠ر٢٩٥			
٦٠	٠ر٢٥٠	٦٠			٠ر٢٥١	٢٥	٠ر٢٥٠	٠ر٢٥٠
٧٠	٠ر٢١٠	٧٢			٠ر٢١١			
						٢٤	٠ر٢٠٠	٠ر٢٠٠
٨٠	٠ر١٧٧	٨٥			٠ر١٧٨			
						٢٣	٠ر١٦٠	٠ر١٦٠
١٠٠	٠ر١٤٩	١٠٠			٠ر١٥٢			
١٢٠	٠ر١٢٥	١٢٠			٠ر١٢٤	٢٢	٠ر١٢٥	٠ر١٢٥
١٤٠	٠ر١٠٥	١٥٠			٠ر١٠٤			
						٢١	٠ر١٠٠	٠ر١٠٠
١٧٠	٠ر٠٨٨	١٧٠			٠ر٠٨٩			٠ر٠٩٠
						٢٠	٠ر٠٨٠	٠ر٠٨٠
٢٠٠	٠ر٠٧٤	٢٠٠			٠ر٠٧٦			
								٠ر٠٧١
٢٣٠	٠ر٠٦٣	٢٤٠			٠ر٠٦٤	١٩	٠ر٠٦٣	٠ر٠٦٣
٢٧٠	٠ر٠٥٣	٣٠٠			٠ر٠٥٣			٠ر٠٥٦
						١٨	٠ر٠٥٠	٠ر٠٥٠
٣٢٥	٠ر٠٤٤							٠ر٠٤٤
٤٠٠	٠ر٠٣٧					١٧	٠ر٠٤٠	٠ر٠٤٠

ويبين الجدول رقم (١ ــ ١٠) مقارنة بين أنواع وأبعاد الإطارات المستخدمة للمناخل المستخدمة فى المواصفات الأمريكية والبريطانية .

جدول رقم (١ ــ ١٠)

مقارنة بين أبعاد الإطارات المستديرة للمناخل فى المواصفات الأمريكية والبريطانية

المواصفات الأمريكية	طول ضلع الفتحة	١٤٩ر٠ مم أو أقل	٤ مم أو أقل	من ٤ مم إلى ٢٥ر٤ مم	أكبر من ٢٥ر٤ مم
	قطر إطار المنخل	٣" أو ٨"	٨"	٨" أو أكبر	أكبر من ٨"
المواصفات البريطانية	نوع المنخل	مناخل خاصة ذات إطار صغير	مناخل ذات النسيج السلكى الدقيق	مناخل ذات النسيج السلكى الدقيق	مناخل ذات الخروم المربعة من $\frac{3}{32}$ إلى ٢"
	قطر إطار المنخل	٤"	٨"	١٢"	١٢" أو ١٨"

وبالإضافة إلى ما يبينه الجدول رقم (١ ــ ١٠) يلاحظ ما يأتى :

١ ــ تسمح المواصفات الأمريكية باستخدام إطارات مربعة أو مستطيلة .

٢ ــ تسمح المواصفات البريطانية باستخدام إطارات مربعة .

٣ ــ تصنع إطارات المناخل ذات الفتحات الدقيقة والمتوسطة من النحاس الأصفر

٤ ــ تصنع إطارات المناخل ذات الفتحات الواسعة من معدن مناسب .

ويلاحظ أن قطر السلك المستخدم فى المنخل يتوقف على قطر الفتحة ويبين الجدول رقم (١ ــ ١١) أقطار الأسلاك كما تحددها المواصفات البريطانية والأمريكية

جدول رقم (١ ــ ١١) أقطار الأسلاك المقابلة لفتحات المناخل .

المواصفات البريطانية			المواصفات الأمريكية	
قطر السلك مم	عرض الفتحة المربعة مم	عرض الفتحة المربعة بوصه	قطر السلك مم	عرض الفتحة المربعة مم
٠ر٩٧	١ر٦٠	$\frac{1}{16}$	٠ر٨١	١٦ر٨
٢ر٠٣	٤ر٧٦	$\frac{3}{16}$	١ر٥٤	٤ر٧٦
٢ر٣٤	٦ر٣٥	$\frac{1}{4}$	١ر٨٢	٦ر٣٥
٢ر٦٤	٩ر٥٣	$\frac{1}{8}$	٢ر٢٧	٩ر٥١
٣ر٢٥	١٢ر٧٠	$\frac{1}{2}$	٢ر٦٧	١٢ر٧٠

ويلاحظ من هذا الجدول :

١ ــ أنه كلما زادت مساحة الفتحة زاد قطر السلك فى النسيج .

٢ ــ أن المواصفات البريطانية تستخدم أسلاكا ذات أقطار كبيرة بالنسبة لأقطار الأسلاك فى المواصفات الأمريكية وذلك بالنسبة للمناخل ذات الفتحات المتقاربة المساحة.

(ه) المواصفات القياسية المصرية لمناخل الاختبار :

تختص هذه المواصفات القياسية بالمناخل المصنوعة من النسيج السلكى ذى فتحات مربعة تتراوح أطوال أضلاعها بين ١,٧١٦ مم ، ٠,٠٣٧ مـــم والتى تستخدم فى الاختبارات العامة أو الاختبارات الدقيقة التى تجرى لتصنيف المواد تبعاً لمقاسات حبيباتها .

نسيج المنخل :

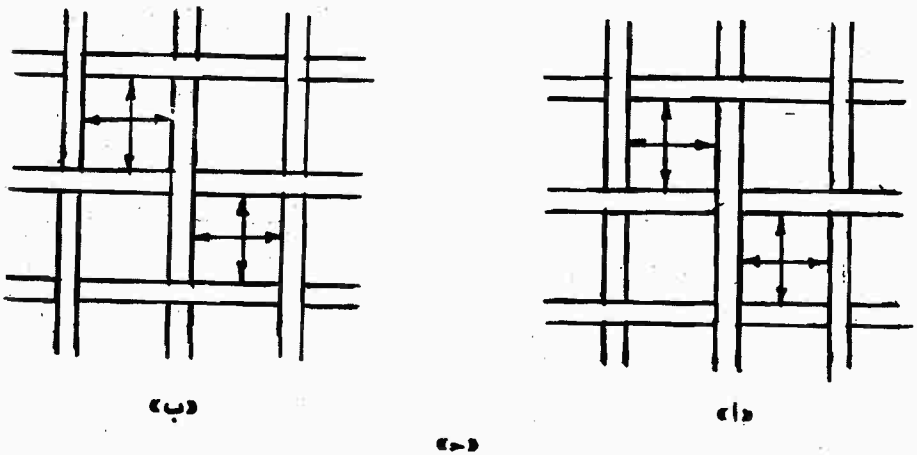
١ ــ تتكون مجموعة مناخل الاختبار من مناخل تكون فيها النسبة بين أبعاد فتحات كل منخلين متتالين كالنسبة بين $\sqrt[4]{2}$: ١ وعند إجراء اختبار منخلى معين تختار مجموعة من المناخل المبينة بالجدول رقم (١ ــ ١٢) وذلك باختيار كل ثانى منخل (فيختار مثلا أحد المناخل ويترك الذى يليه مباشرة ثم يأخذ منخل ثان ويترك الذى يليه وهكذا حسب عدد المناخل المطلوبة) أو باختيار كل رابع منخل فيختار مثلا أحد المناخل وتترك المناخل الثلاثة التى تليه مباشرة ثم يؤخذ منخل ثان وتترك الثلاثة التالية ، وهكذا حسب عدد المناخل المطلوبة .

٢ ــ يكون النسيج السلكى المستخدم فى صناعة مناخل الاختبار منتظما ذا فتحات مربعة متساوية .

٣ ــ تكون الأسلاك المستخدمة فى النسيج من النحاس الأصفر أو البرونز أو صلب لا يصدأ أو أى معدن آخر مناسب . ويجب ألا يطلى السلك بالطلاء أو بالتراكم .

٤ ــ تنسج الأسلاك بنسيج سادة ١ / ١ ويجوز نسجها بنسيج مبرد ١/٢ للمناخل ٤٥ ، ٤٦ ، ٤٧ (أى الفتحات التى طول ضلعها أقل من ٠,٠٦٣ مم) شكل رقم (١ ــ ٢٤ ا ، ب) .

٥ ــ تكون أسلاك النسيج بالأقطار المذكورة بالجدول رقم (١ ــ ١٣) ويلاحظ أن هذه الأقطار تقريبية ويجب تحديدها تحديداً دقيقاً بعد تحديد استخدام المنخل ومادة السلك .



شكل رقم (١ ــ ٢٤) نسيج المنخل

(و) التحليل بالمناخل لحبيبات الركام (Sieve Analysis) .

١ ــ كيفية أخذ العينات :

يجب إعطاء اهمية خاصة للحصول على عينات تمثل تمثيلا تاما المجموعة المأخوذة منها ، ولا يمكن اعتبار أخذ جاروف من المادة حيثما اتفق عينة ممثلة للمجموعة إذ أن رأس مخروط الكومة المأخوذة منه العينة يحتوى على نسبة كبيرة من الحبيبات الصغيرة. بخلاف القاعدة حيث تكون نسبة الحبيبات الصغيرة أقل . وعلى ذلك يجب أن تتكون العينة بحيث تجمع من كميات صغيرة تؤخذ حيثما اتفق من أجزاء عديدة من الكومة بحيث تكون نسبة الحبيبات الصغيرة والكبيرة فى عينة الاختبار مطابقة بقدر المستطاع لحالة تكوين الكومة من الحبيبات . ويمكن الحصول على دقة كبيرة فى اختيار العينة عندما تؤخذ هذه العينة من المواد عند انسيابها فى مجرى مائل (سواء كانت المادة جافة أو مبللة) وفى هذه الحالة يعتبر المكان المناسب لأخذ العينة هو موضع تساقط المادة المنسابة عند نهاية المجرى . فإذا كان التحميل أو التفريغ يتم

جدول رقم (١ — ١٢) — الأبعاد الاعتبارية لنسيج مناخل الاختبار

العرض الاعتباري للفتحة م م	كمية تفاوت في عرض الفتحة الواحدة ٪	تفاوت في متوسط عرض الفتحات ٪	القطر الاعتباري للسلك م م	التفاوت في قطر السلك م م	العرض الاعتباري للفتحة م م	كمية تفاوت وتان عرض الفتحة الواحدة ٪	تفاوت في متوسط عرض الفتحات ٪	القطر الاعتباري للسلك م م	التفاوت في قطر السلك م م
١٠٧٫٦		± ٣	٦٫٥	± ٠٫١	١٠٠٫١*	+ ١٥		٠٫٦	± ٠٫٠٣
٩٠٫٥			٦		٨٤١٫٠			٠٫٥٠	
٧٦٫١			٦		٧٠٧٫٠*			٠٫١٥	
٦٤٫٩	+ ٥		٥٫٥	± ٠٫٠٨	٥٩٥٫٠			٠٫٤٠	± ٠٫٠٢٥
٥٣٫٨			٥٫٥		٥٠٠٫٠*			٠٫٣٥	
٤٥٫٣			٤٫٨		٤٢٠٫٠	± ٥		٠٫٣٠	
٣٨٫١			٤٫٨		٣٥٤٫٠*			٠٫٢٥	
٣٢٫٠			٤٫٣		٢٩٨٫٠			٠٫٢٢	
٢٦٫٩			٤٫٠		٢٥٠٫٠*	+ ٢٥			
٢٢٫٩*			٣٫٥		٢١٠٫٠			٠٫١٨	
١٠٫٠			٣٫٥					٠٫١٥	
١٦٫٠*			٣٫٠	± ٠٫٠٦	١٧٧٫٠*				
١٣٫٥	+ ٦		٢٫٨		١٤٩٫٠			٠٫١٥	± ٠٫٠٢
١١٫٢*			٢٫٥		١٢٥٫٠*	+ ٤٠	± ٦	٠٫١٢	
٩٫٥١			٢٫٣		١٠٥٫٠			٠٫١٠	
٨٫٠٠*			٢٫١		٠٨٨٫٠*				
٦٫٧٣			١٫٩	± ٠٫٠٥				٠٫٠٨	
٥٫٦٦			١٫٧		٠٧٤٫٠			٠٫٠٧	
٤٫٧٦			١٫٦		٠٦٣٫٠*				
٣٫٠٠*			١٫٤		٠٥٣٫٠			٠٫٠٦	± ٠٫٠١٥
٢٫٨٣*			١٫٣		٠٤٤٫٠*	+ ٦٠	± ٧	٠٫٠٥	
٢٫٣٨	+ ١٠		١٫٠		٠٣٧٫٠			٠٫٠٤	
٢٫٠٠*			١٫٠	± ٠٫٠٤				٠٫٠٣	
١٫٦٨			٠٫٨					٠٫٠٢٥	
١٫٤١*			٠٫٧٥						
١٫١٩			٠٫٦	+ ٠٫٠٣					

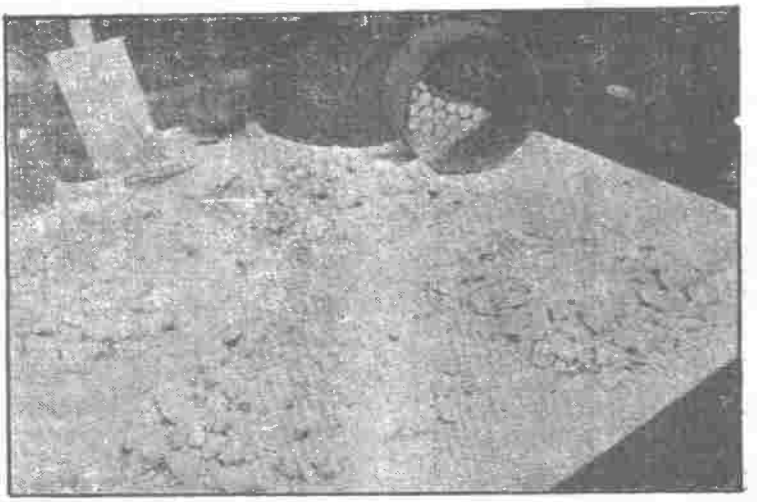
* تطابق مشروع توصيات Iso

يدوياً بالجاروف فيؤخذ كل خامس أو عاشر جاروف تبعاً لوزن العينة المطلوبة وتختصر العينة الكلية إلى العينة المطلوبة لاختبار معين بإحدى الطريقتين الآتيتين :

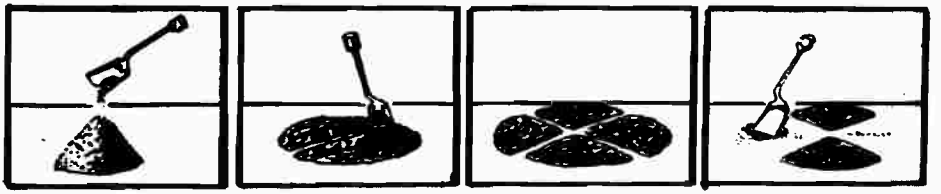
(أ) التقسيم الربعي : شكل رقم (١ — ٢٥) أ ، ب

يجب تجميع العينة على هيئة مخروط بحيث يوضع ما بالجاروف عند رأس المخروط وتترك المادة لتنساب على أوجهه من جميع الاتجاهات بالتساوى وبهذه الطريقة تخلط العينة جيداً ثم تبسط الكومة على هيئة قرص مستدير على أن تجرى عملية البسط من كومة إلى قرص تدريجياً لتتسع دائرة قاعدة القرص مع توزيع حركة الجاروف المستخدم فى العملية على جميع مساحة السطح العلوى للقرص حتى تنتشر المادة تماماً بسمك واحد . بعد ذلك يحدد السطح العلوى بأقسام أربعة وبعد ربعان متقابلان من الأقسام الأربعة ويكوم الجزءان الآخران إلى مخروط بنفس الطريقة السابقة وباستخدام الجاروف يؤخذ جاروف من كل من الجزأين الباقيين على التوالى ثم تتتابع عمليات التكويم والبسط وإبعاد الربعين المتقابلين فى كل مرة حتى نحصل على الكمية المطلوبة العينة .

(ب) أجهزة تقسيم العينة : شكل رقم (١ — د٢) أ ، ب .



شكل رقم (١ — ٢٥ ا ، ب) طريقة التقسيم الربعي لتحضير عينة الاختبار المركام



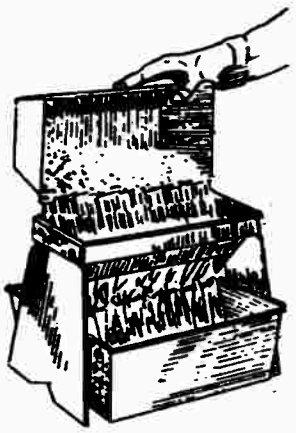
شكل رقم (١ — ٢٥ «ب») طريقه التقسيم الربعى لتحضير عينه لاختبار الركام

تكون العينات المأخوذة آليا بالأجهزة أكثر تمثيلا للمجموعة المأخوذة منها عن تلك المأخوذة يدوياً . ويعتبر الجهاز المبين بالشكل رقم (١ — ٢٦) لاختيار العينة من الأجهزة المثالية لهذا الغرض : ويقوم هذا الجهاز باختصار ١/٢ من كمية المادة المعطاة له وباستعمال وحدتين من هذا الجهاز أو تمرير الناتج مرة ثانية فى نفس الوحدة يمكن الحصول على عينة وزنها ٥٠٠ جرام من عينة أصلية تزن ١٠٠ كيلو جرام وبإجراء التمرير فى هذا الجهاز ثلاث مرات يمكن الحصول على عينة تزن ٥٠٠ جرام من كمية المادة التى تزن ٢ طن وتستخدم مادة أجهزة تقسيم العينة إلى النصف شكل رقم (١ — ٢٦) ب وبتكرار تمرير العينة يمكن تقسيمها إلى أرباع أو أثمان .. الخ وينصح بعدم الإصرار على الحصول على الكمية المطلوبة بالضبط من المادة لعينة الاختبار .. فإذا أريد ١٠٠ جم من المادة لاستخدامها كعينة للاختبار فإن ذلك يمكن الحصول عليه لأقرب كمية من هذا الرقم إذ أنه بوزن ٩٩ جم و ١٠١ جم كعينة لن ينشأ عنه اختلاف فى النتيجة .

٢ — طريقة إجراء الاختبار :

(ا) توزن عينة الركام جافة وبدقة وليكن وزنها ١٠ كجم .

(ب) تنخل العينة بعد ذلك على المناخل القياسية المختارة للاختبار ويكون مقاس فتحاتها طبقاً لما تحدده المواصفات القياسية كما يلى :

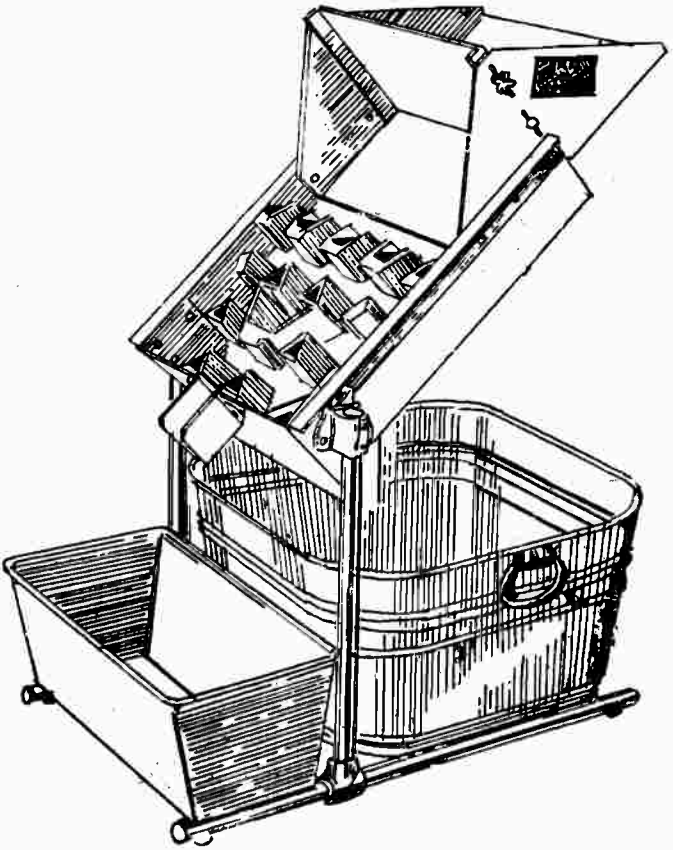


شكل رقم (١ - ٢٦) جهاز تقسيم عينه الركام آليا

جدول (١ — ١٣) — مقاس فتحات المناخل القياسية المصرية والبريطانية .

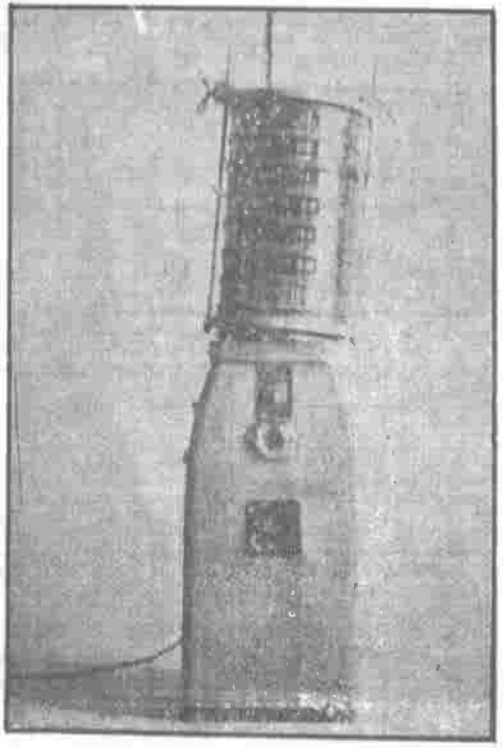
المواصفات	مناخل الركام السكبير			
B S. S.	١ ١/٢ بوصة	٣/٤ بوصة	٣/٨ بوصة	٣/٣٢ بوصة
م ق م	٣٨,١ مم	١٩,٠ مم	٩,٥١ مم	٤,٧٦ مم

المواصفات	مناخل الركام الصغير					
B. S. S.	٣/٣٢ بوصة	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
م. ق. م.	٤,٧٦ مم	٢,٨٣ مم	١,٤١ مم	٠,٧٠٧ مم	٠,٣٥٤ مم	٠,١٧٧ مم

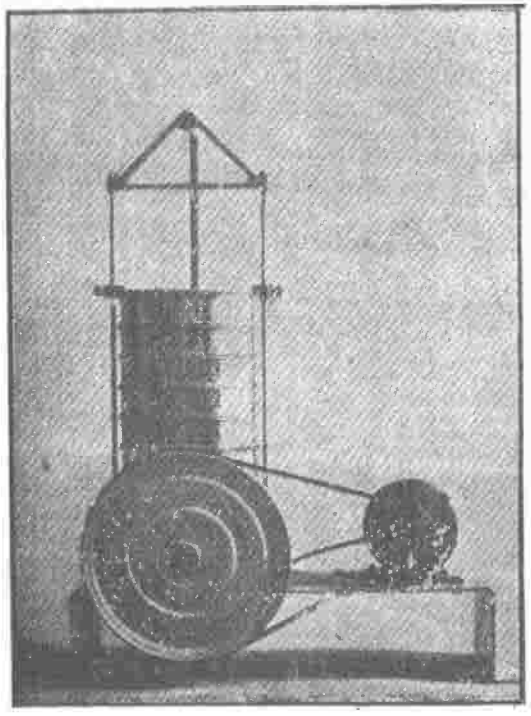


شكل رقم (١ — ٢٦ ب) جهاز تقسيم عينة الركام آلياً

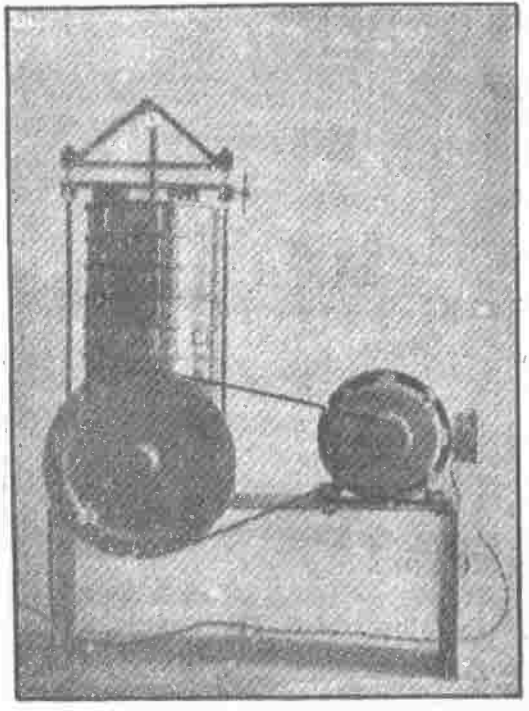
شكل رقم (١ ـ ٢٧) مناخل الركام ذات الحركة الترددية الرأسيه حيث يرسم محور المناخل مخروطا



شكل رقم (١ ـ ٢٨) مناخل الركام ذات الحركة الترددية الرأسيه حيث يرسم محور المناخل أسطوانة رأسية



شكل رقم (١ — ٢٩) مناخل الركام ذات الحركة التأرجحية



شكل رقم (١ — ٣٠) مناخل الركام التأرجحة مع ثقرة فى نهاية كل أرجحه

(جـ) يراعى أن تكون المناخل نظيفة سليمة تماماً قبل استخدامها وقد تستخدم الهزازات لتوفير الطاقة المبذولة فى النخل إذا كان ذلك يتم يدوياً وتصنف الهزازات الآلية تبعاً لطبيعة النخل كما يلى :

١ — حركة ترددية رأسية بحيث يرسم محور مجموعة المناخل مخروطاً رأسه إلى أسفل كما فى شكل رقم (١ — ٢٧) .

٢ — حركة ترددية رأسية بحيث يرسم محور مجموعة المناخل إسطوانة رأسية كما فى شكل رقم (١ — ٢٨) .

٣ — حركة تأرجحية بحيث يكون محورها فى مكان محدد فوق مجموعة المناخل كما فى شكل رقم (١ — ٢٩) .

٤ — حركة تأرجحية بحيث يكون محورها فى مكان محدد فوق مجموعة المناخل مع مع نقرة خفيفة فى نهاية كل أرجحة كما فى شكل رقم (١ - ٣٠) .

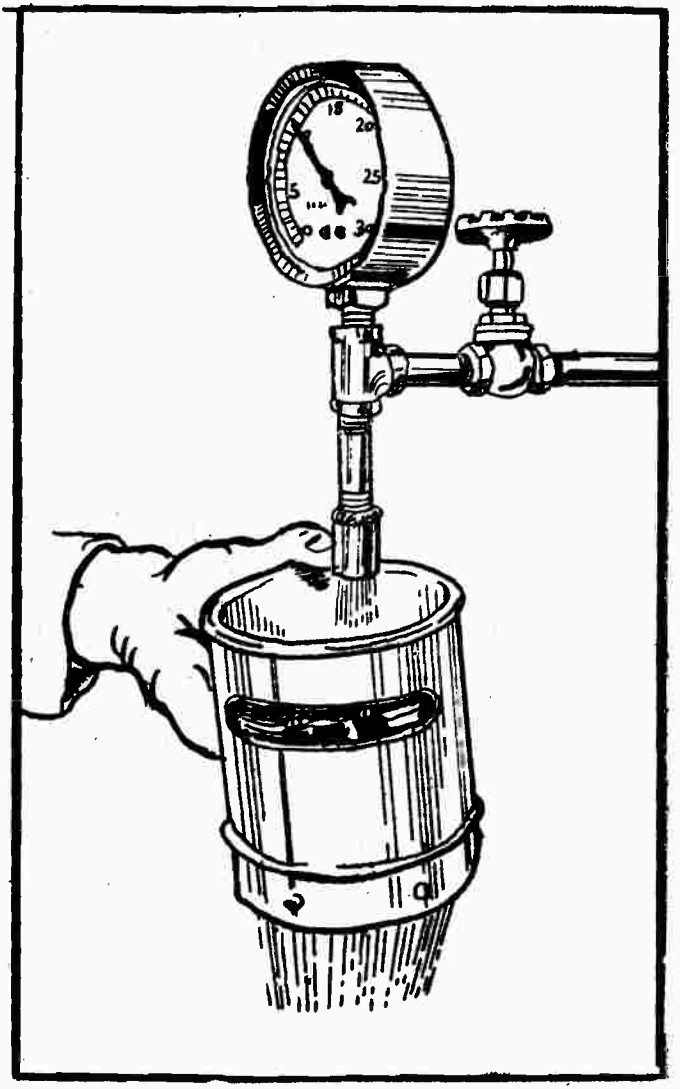
(د) يراعى أثناء نخل الركام الكبير ألا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد وفى حالة المناخل ١٩ مم أو أكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل .

(هـ) توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس ومنها تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز والنسب المئوية المارة من كل منخل من الأوزان المحجوزة على كل منخل وتدون النتائج .

ملاحظة : يمكن إجراء الاختبار الرطب للتدرج الحبيبي للركام بغسل الركام أثناء هز مناخل الاختبار ويكون ذلك باستخدام نوع خاص من المناخل ذى جدران مرتفعة . وفى هذه العملية يمكن استخدام أنبوبة مزودة بمقياس الضغط ورشاش كما يتضح من الشكل رقم (١ - ٣١) . ويمكن استغلال مزايا الهز الآلى فى الاختبارات الرطبة وذلك بتزويد الهزاز الآلى بغطاء خاص مزود بأنابيب تغذية ووعاء سفلى خاص مزود بأنبوبة الصرف للمياه كما هو موضح بالشكل رقم (١ — ٣٢) وتدخل المياه عندئذ إلى مجموعة المناخل أثناء هزها وتساعد عملية الغسيل فى كثير من الأحيان على دقة نتائج النخل .

٣ ـــ مثال تطبيقي على التحليل بالمناخل للركام :

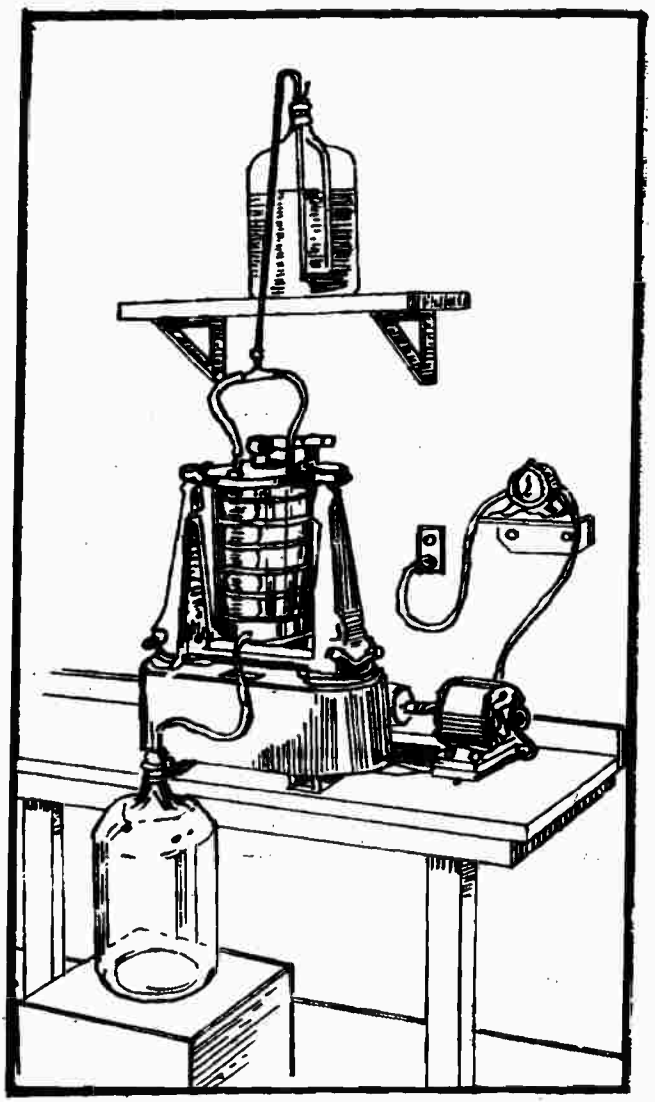
إن طريقة رسم منحنى التدرج الحبيبي أفضل طريقة لإظهار تدرج حبيبات الركام واندماجها وتختار المحاور عادة بحيث يمكن قراءة النسبة المئوية المارة من صفر



شكل رقم (١ ـ ٣١)

طريقة الاختبار الرطب باستعمال نوع خاص من المناخل ذى جدار مرتفع مزود بأنبوبة ومقياس للضغط ورشاش

إلى ١٠٠ على الخط الرأسى وذلك من أسفل إلى أعلى وتؤخذ قيمة فتحات المناخل على الخط الأفقى بمقياس رسم مناسب إما باستخدام المقياس الحسابى الذى يستعمل فى بعض الأحيان أو باستخدام المقياس اللوغاريتمى وهو المقياس المناسب والذى يستخدم فى كثير من الأحوال وهو أيضاً الأكثر شيوعاً وفيما يلى بعض النتائج المعملية لكل من الرمل والزلط والركام الخليط من الرمل والزلط .



شكل رقم (١ — ٣٢)
الاختبار الرطب للتدرج الحبيبى للركام باستخدام الهزاز الآلى

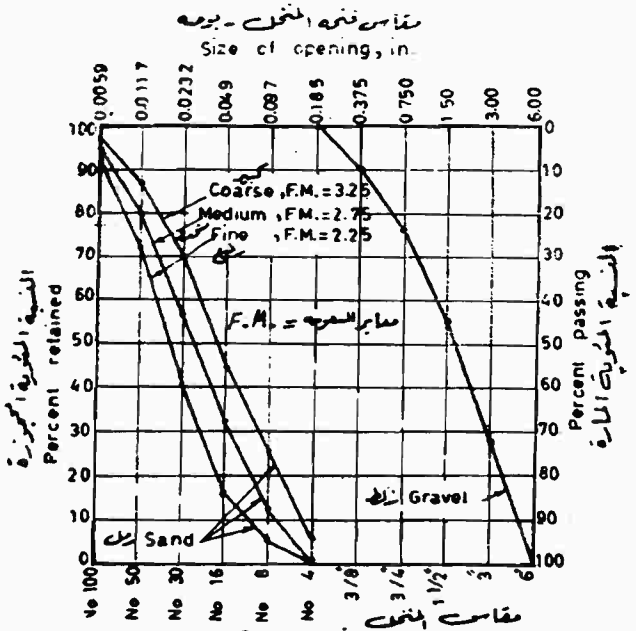
مثال ١

جدول رقم (١ - ١٤) - التدرج الحبيبي للرمل والزلط والركام الخليط

	مقاس المنخل	المحجوز ٪		المحجوز ٪ من الخليط	
		كل على حدة	مجمع	كل على حدة	مجمع
رمل	٦ بوصة	صفر	صفر	صفر	صفر
	٣ »	٢٨	٢٨	٢١	٢١
	١½ »	٧	٥٥	٢٠	٤١
	¾ »	٢١	٧٦	١٦	٥٧
	⅜ »	١٤	٩٠	١٢	٦٩
	رقم ٤	١٠	١٠٠	٦	٧٥ *
	معاير النعومة		٨,٤٩		
زلط	رقم ٤	صفر	صفر		
	رقم ٨	١٢	١٢	١	٧٨
	رقم ١٦	٢٠	٣٢	٥	٨٣
	رقم ٣٠	٢٤	٥٦	٦	٨٩
	رقم ٥٠	٢٤	٨٠	٦	٩٥
	رقم ١٠٠	١٥	٩٥	٤	٩٩
	الوعاء	٥	١٠٠	١	١٠٠
	معايرة النعومة		٢,٧٥		

* نسبة الرمل بالركام الخليط ٢٥ ٪

ويتبين التدرج الحبيبي للرمل والزلط الموضح بالجدول رقم (١ - ١٤) بيانياً كما هو موضح بالشكل رقم (١ - ٢٣) .



مقاس المنخل Screen size	% Retained المجوز ٪		المجموع ٪ من الخليط Combined % Retained	
	Individual	Cumulative	Individual	Cumulative
6 in	0	0	0	0
3 in.	28	28	21	21
1 1/2 in.	27	55	20	41
3/4 in.	21	76	16	57
3/8 in.	14	90	12	69
No. 4	10	100	6	75
F. M.		8.49		
No. 4	0	0		
No. 8	12	12	3	78
No. 16	20	32	5	83
No. 30	24	56	6	89
No. 50	24	80	6	95
No. 100	15	95	4	99
Pan	5	100	1	100
F. M.		2.75		

Percent sand = 25 ٪ من الرمل

AGGREGATE GRADING IS EXPRESSED BY PERCENTAGES RETAINED ON A SERIES OF SCREENS AND BY FINENESS MODULUS

يعبر عن تدرج الركام بالنسب المئوية المحجوزة على مجموعة من المناخل وبمعايير النعومة

شكل رقم (١ — ٣٣)

مثال ٢

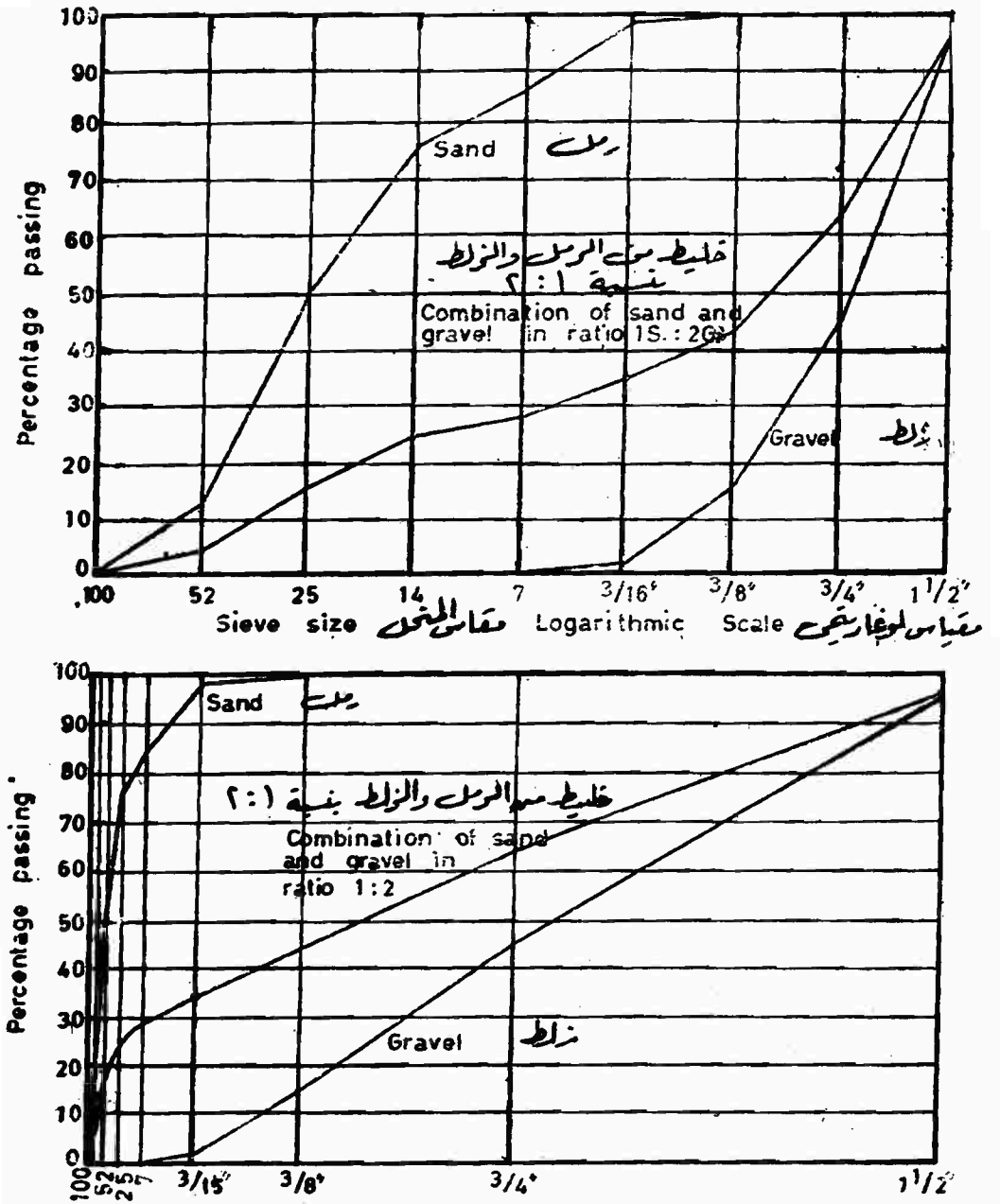
جدول رقم (١ — ١٥) ـ التدرج الحبيبي لكل من الرمل والزلط

وزن عينة الركام الكبير = ١٠٠٠٠ جرام

وزن عينة الركام الصغير = ١٠٠٠ جرام

	المنخل	المحجوز على كل منخل (جم)	المحجوز على كل منخل (جم)	النسبة المئوية المارة من الركام	النسبة المئوية المحجوزة الركام
تحليل الركام الكبير	١ ١/٢" - ١ر٣٨ مم	٤٨٠	٤٨٠	٩٥ر٢	٤ر٨
	٣/٤" - ١٩ر٠٠	٥٠٥٠	٥٥٣٠	٤٤ر٧	٥٥ر٣
	٣/٨" - ٩ر٥١ مم	٣٠٠٠	٨٥٣٠	١٤ر٧	٨٥ر٣
	٣/٢٢" - ٤ر٧٦ مم	١٢٥٠	٩٧٨٠	٢ر٢	٩٧ر٨
	وعاء	٢٢٠	١٠٠٠٠	—	—
تحليل الركام الصغير	٣/٢٢" - ٤ر٧٦	٢٠	٢٠	٩٨	٢
	رقم ٧ - ٣ر٨٣ مم	١٣٠	١٥٠	٨٥	١٥
	رقم ١٤ - ١ر٤١ مم	١٠٠	٢٥٠	٧٥	٢٥
	رقم ٢٥ - ٠ر٧٠٧ مم	٢٦٠	٥١٠	٤٩	٥١
	رقم ٥٢ - ٠ر٣٥٤ مم	٣٧٠	٨٨٠	١٢	٨٨
	رقم ١٠٠ - ٠ر١٧٧ مم	١١٠	٩٩٠	١	٩٩
	وعاء	١٠	١٠٠٠	—	—

ويمكن من البيانات الموضحة بالجدول رقم (١ - ١٥) توقيع المنحنى البيانى التدرج الحبيبي لكل من الرمل والزلط باستخدام المقياس اللوغاريتمى أو الحسابى لمقاس المنخل كما يتضح من الشكل رقم (١ - ٣٤) .



منحنيات التدرج الحبيبي للرمل والزلط والخليط

(مقياس رسم لوغاريتمي - مقياس رسم حسابي)

شكل رقم (١ — ٣٤)

مثـال ٣

جدول رقم (١٦١) - التدرج الحبيبي لخليط من الركام الصغير والكبير بنسبة ١ : ٢

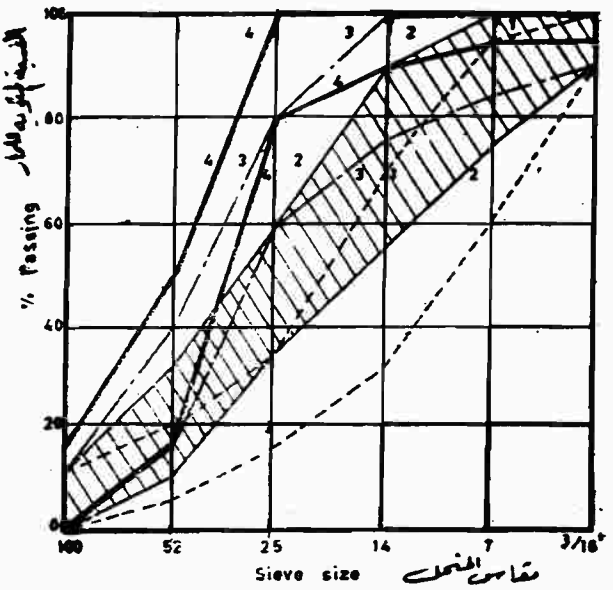
مقاس المنخل	١½"	¾"	⅜"	٤	٨	١٦	رقم ٧	رقم ١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
س - المار % رمل	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٨٥	٧٥	٤٩	١٢	١
ص - المار % زلط	٢ر٩٥	٢ر٤٤	٧ر١٤	٢ر٢		—	—	—	—
ع = س × ⅓	٣ر٣٣	٣ر٣٣	٣ر٣٣	٦ر٣٢	٣ر٢٨	٢٥	٣ر١٦	٤	٠ر٣
م = ص × ⅔	٥ر٦٣	٨ر٢٩	٨ر٩٢	٥ر١	—	—	—	—	—
المجموع = (ع + م) المار % الركام الخليط	٨ر٩٦	١ر٦٣	١ر٦٣	١ر٣٤	٣ر٢٨	٢٥	٢ر١٦	٤	٠ر٣

ويمكن التعبير عن التدرج الحبيبي للركام الخليط بيانياً باستخدام النتائج المبينة بالجدول رقم (١ - ١٦) كما هو موضح بالشكل رقم (١ - ٣٤) .

(ز) حدود التدرج الحبيبي :

للحصول على ركام ذى تدرج حبيبي ملائم وجيد لاستخدامه فى الخرسانة يوصى البعض باستخدام منحنى تدرج معين يتعين على الركام أن يكون الرسم البيانى لتدرجه منطبقاً مع هذا المنحنى أو قريباً منه ما أمكن . كما تحدد أيضاً بعض المواصفات منحنيات تدرج تمثل المنطقة التى يقع بها منحنى التدرج الحبيبي للركام المستعمل حتى تكون الخرسانة الناتجة جيدة أو مقبولة وتكون هذه الحدود أحياناً على هيئة نسبة مئوية للحدين الأقصى والأدنى للركام المار وذلك لكل منخل من مناخل الاختبار ومنها يمكن رسم منحنيات التدرج الحبيبي الأقصى والأدنى المسموح بها فتحصر بينها المنطقة الواجب أن يمر بها منحنى التدرج للركام المستعمل وفيما يلى حدود التدرج الحبيبي للركام الصغير والركام الكبير والركام الشامل :

١ - الركام الصغير : يمكن تقسيم التدرج الحبيبي للركام الصغير إلى أربع مناطق



Zone 1 ---------- Zone 2 ——————
Zone 3 ——.——.—— Zone 4 ——————

حدود مناطق التدرج الحبيبي للركام الصغير

منطقة (١) ركام صغير خشن
منطقة (٢) ركام صغير متوسط
منطقة (٣) ركام صغير ناعم
منطقة (٤) ركام صغير ناعم جداً

شكل رقم (١ — ٣٥)

طبقاً لما هو مبين بالجدول رقم (١ — ١٧) والشكل رقم (١ — ٣٥) وهذه المناطق تمثل المقاسات المختلفة للركام الصغير كالآتي : -

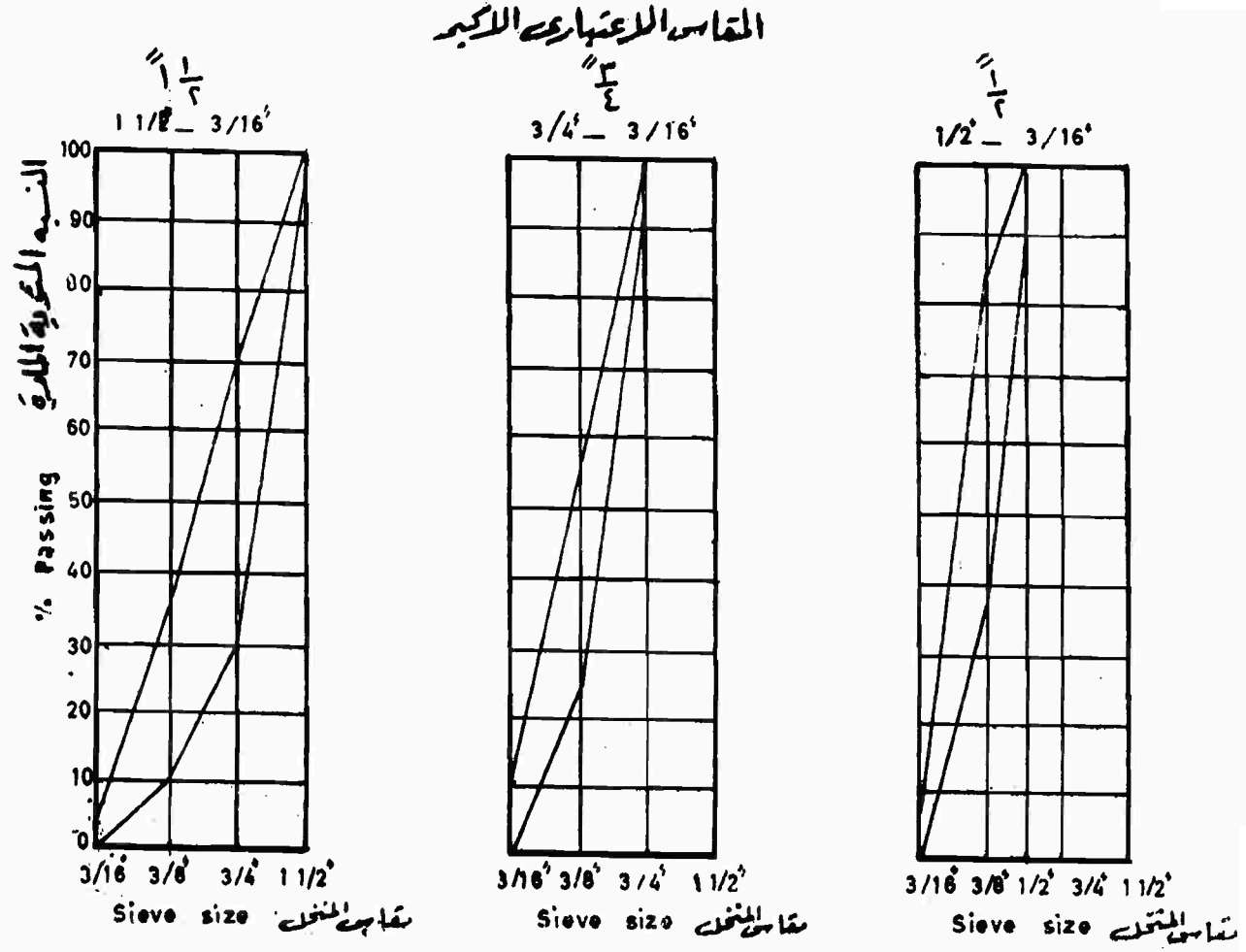
— منطقة التدرج الأولى : وتمثل حدود الركام الصغير الخشن .
— « « الثانية : « « « « المتوسط .
— « « الثالثة : « « « « الناعم .
— « « الرابعة : « « « « الناعم جداً .

جدول رقم (١ — ١٧) - مناطق تدرج الركام الصغير

فتحة المنخل	النسبة المئوية المارة من المنخل بالوزن			
(مم)	منطقة التدرج الأولى	منطقة التدرج الثانية	منطقة التدرج الثالثة	منطقة التدرج الرابعة
٩٫٥١	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤٫٧٦	١٠٠ — ١٠	١٠٠ — ٩٠	١٠٠ — ٩٠	١٠٠ — ٩٥
٢٫٨٣	٧٥ — ٦٠	١٠٠ — ٧٥	١٠٠ — ٨٥	١٠٠ — ٩٥
١٫٤١	٧٠ — ٣٠	٩٠ — ٥٥	١٠٠ — ٧٥	١٠٠ — ٩٠
٠٫٧٠٧	٣٤ — ١٥	٥٩ — ٢٥	٧٩ — ٦٠	١٠٠ — ٨٠
٠٫٣٥٤	٢٠ — ٥	٣٠ — ١٠	٤٠ — ١٥	٥٠ — ١٥
٠٫١٧٧	صفر — ١٠	صفر — ١٠	صفر — ١٠	صفر — ١٥

ويمكن اعتبار تدرج الركام الصغير خشنا أو متوسطا أو ناعما أو ناعما جدا إذا وقعت نتائج التحليل بالمناخل القياسية فى حدود مناطق التدرج الأربع المذكورة فى الجدول رقم (١ — ١٧) . ويسمح بتجاوز مجموع قيمة ٥٪ بالوزن من مقدار النسبة المئوية المارة من كل المناخل ماعدا المنخل ٠٫٧٠٧ مم . كما لايسمح بأى تجاوز فى الحد الأدنى لمنطقة التدرج الأولى أو الحد الأقصى لمنطقة التدرج الرابعة .

٢ — الركام الكبير : يمكن اعتبار حبيبات الركام الكبير متدرجة إذا وقعت نتائج التحليل بالمناخل القياسية فى الحدود المبينة فى الجدول رقم (١ — ١٨) والشكل رقم (١ — ٣٦) وإذا وقعت نتائج التحليل أعلى من الحدود المذكورة فيدل ذلك على احتوائه على كمية ناعمة أكثر من الكمية المعتادة أما إذا وقعت نتائج التحليل أسفل الحدود السالفة الذكر فيدل ذلك على احتواء الركام الكبير على كمية خشنة أكثر من الكمية المعتادة ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند تحديد نسب الركام الصغير والركام الكبير .



شكل رقم (١ — ٣٦) حدود التدرج الحبيبي للركام الكبير

جدول رقم (١ — ١٨) — تدرج الركام الكبير

المنخل	المقاس الاعتبارى الأكبر				
مم	١ر٣٨ مم	٣٢ مم	٢٥ر٤ مم	١٩ مم	١٦ مم
١ر٣٨	١٠٠—٩٥	—	—	—	—
٣٢	—	١٠٠—٩٥	—	—	—
٢٥ر٤	—	—	١٠٠—٦٥	—	—
١٩	٧٥—٣٠	٨٥—٥٠	٩٥—٧٥	١٠٠—٩٥	١٠٠
١٦	—	—	—	—	١٠٠—٩٠
٩ر٥١	٤٠—١٠	٥٠—١٥	٥٥—١٧ر٥	٦٠—٢٠	٨٠—٤٠
٤ر٧٦	صفر—٥	صفر—٥	صفر—٧ر٥	صفر—١٠	صفر—١٠

٣ — الركام الشامل : يمكن اعتبار حبيبات الركام الشامل متدرجة إذا وقعت نتائج التحليل بالمناخل القياسية فى الحدود المبينة فى الجدول رقم(١—١٩)وإذا وقعت نتائج التحليل أعلى من الحدود المذكورة فيدل ذلك على احتوائه على كمية ناعمة أكثر من الكمية المعتادة ، أما إذا وقعت نتائج التحليل أسفل الحدود السالفة الذكر فيدل ذلك على احتوائه الركام على كمية خشنة أكثر من الكمية المعتادة ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند تحديد نسب الركام الصغير والركام الكبير .

٤ — المنحنيات المثالية للتدرج الحبيبى للركام الشامل :

هناك مجموعة من منحنيات التدرج المثالية قام بإجرائها بعض العلماء أمثال « فولر » « وفيرى» و « بولومى » و « والش » وغيرهم ،ومن الملاحظ أن هذه المنحنيات تؤخذ كمقياس عام لجميع أنواع الركام لتعيين الركام الحسن التدرج من الركام الردىء التدرج.

ولقد تلاهؤلاء الباحثين بمجموعة أخرى من العلماء والباحثين اقترحوا منحنيات تدرج أخرى وبعضهم اقترح مناطق معينة للتدرج وذلك حتى نحصل على خرسانة جيدة . ويتبين ذلك من الجدول رقم (١-٢٠) ومن الأشكال رقم (١-٣٧) ، (١-٣٨) ، (١-٣٩).

جدول رقم (١ - ١٩) - تدرج الركام الشامل

المنخل	المقاس الاعتبارى الأكبر				
مم	١ر٣٨	٣٢ مم	٤ر٢٥ مم	١٩ مم	١٦ مم
١ر٣٨	٩٥—١٠٠	—	—	—	—
٣٢	—	٩٥—١٠٠	—	—	—
٤ر٢٥	—	—	١٠—١٠٠	—	—
١٩	٤—٨٠	٦٥—٩٠	٧٥—٩٥	٩٠—١٠٠	—
١٦	—	—	—	—	٩٠—١٠٠
٩ر٥١	٠—٦٠	٣٥—٧٠	٤٠—٧٠	٥٠—٧٥	٦٠—٨٥
٤ر٧٦	٠—٥٠	٢٠—٥٠	٢٠—٥٠	٢٥—٥٥	٣٠—٦٥
٢ر٨٣	—	—	—	—	—
١ر٤١	—	—	—	—	—
١ر٨٠٧	٢—٣٠	٣—٣٠	٣—٣٠	٥—٣٥	٥—٣٥
٠ر٣٥٤	—	—	—	—	—
٠ر١٧٧	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

ومما هو جدير بالذكر أن هذه المجموعات من منحنيات التدرج التى اعتبرت مثالية فى الوقت الذى ظهرت فيه كان بسبب مستوى الجودة للأسمنت البورتلاندى والارتفاع الكبير لأسعاره بالنسبة للركام وذلك بالإضافة إلى عدم شيوع استخدام الوسائل الميكانيكية فى جميع مراحل صناعة الخرسانة ، الأمر الذى اضطر الباحثين إلى اللجوء إلى استخدام تدرجات معينة للركام لضمان الحصول على قابلية للتشغيل جيدة مع مقاومة للخرسانة مناسبة

ولكن فى السنوات الأخيرة تغيرت كل هذه الظروف فقد زادت جودة الأسمنت البورتلاندى بشكل ملحوظ يفوق كثيراً جودته فى السنوات السابقة . كما انتشر استخدام الأجهزة والمعدات الحديثة فى صناعة الخرسانة مما جعل التدرج الحبيبي ليس فى الأهمية الأولى للوصول إلى خرسانة جيدة .

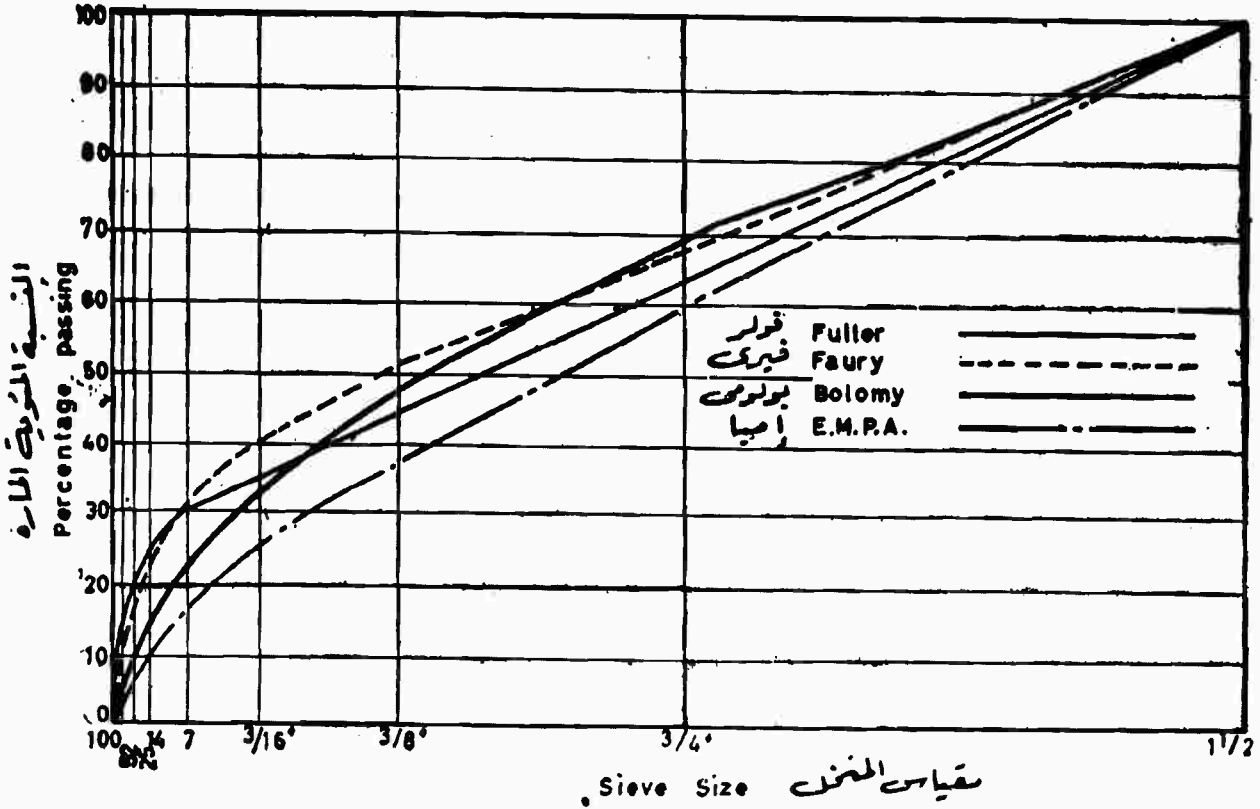
جدول رقم (١ — ٢٠)

النسبة المئوية المارة من المناخل لبعض أنواع الركام المتدرج

والذى أكبر مقياس له هو ١½ بوصة

مقاس المنخل		١½	¾	⅜	٣/٣٢	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
فولر		١٠٠	٦٢,٥	٤٣,٥	٣٥	٣٠	٢٠	٣٥	١٣,٥	٧٠
فيرى		١٠٠	٦٧	٥١,١	٣٩,٧	٣١,٨	٢٢,٧	١٣.٥	٨,٥	٣.٤
أميا		١٠٠	٦٠,٤	٣٧,٤	٢٣.٨٨	١٥,٨	١٠,٥	٠,١	٤,٨	٣,٤
بولومى		١٠٠	٦٩,٣	٤٦,٥	٣٢,٤	٢١.٧	١٤	٨,٧	٤,٥	٢
المواصفات البريطانيه	عظمى	١٠٠	٧٥	—	٤٥	—	—	٣٠	—	٦
	صغرى	٩٥	٤٥	—	٢٥	—	—	٨	—	٨
أبحاث هيئة الطريق	١	١٠٠	٥٠	٣٦	٢٤	١٨	١٢	٧	صفر	٣
	٢	١٠٠	٥٩	٤٤	٣٢	٢٥	١٧	١٢	صفر	٧
	٣	١٠٠	٦٧	٥٢	٤٠	٣١	٢٤	١٧	٢	١١
	٤	١٠٠	٧٥	٦٠	٤٧	٣٨	٣٠	٢٣	٥	١٥
والش	٤ *	١٠٠	٦٠	٤٠	٢٨	٢٠	١٣	٨	صفر	٣,٥
	٤ **	١٠٠	٦٠	٤٢	٣٣	٢٤	١٧	١١	صفر	٥
	٥ *	١٠٠	٦٣	٤٣	٣١	٢٤	١٧	١١,٥	صفر	٤,٥
	٥ **	١٠٠	٦٨	٤٨	٣٣,٥	٢٦	٢٠.٥	١٤.٥	٠,٥	٨
	٦ *	١٠٠	٦٧	٤٧,٥	٣٣	٢٥	١٩,٥	١٤	٠,٥	٧,٥
	٦ **	١٠٠	٧٢	٥٢,٥	٣٥	٢٧,٥	٢١,٥	١٦.٥	١	٩,٥
	٨ *	١٠٠	٧٤	٥٤	٣٧	٢٩	٢٣,٥	١٧	١	١٠,٥
	٨ **	١٠٠	٧٩	٥٧	٣٨,٥	٣١	٢٥	١٨,٥	٢	١٢,٥
	١٠ *	١٠٠	٨٠	٦٠	٤٠	٣١	٢٥	١٨,٥	٢	١٢,٥
	١٠ **	١٠٠	٨٢	٦١	٤١,٥	٣١,٥	٢٦,٥	٢٠	٣	١٤
	٣ *	١٠٠	٥٧	٤٢,٥	٢٨	١٩	١٢,٥	١٠	صفر	٦,٥
	٣ **	١٠٠	٦٢	٤٦,٥	٣١	٢٠	١٤.٤	١١,٥	صفر	٧,٥
	٢ *	١٠٠	٦٣,٥	٤٧,٥	٣٢	٢٣	١٦.٥	١٤	١.٥	١٠
	٢ **	١٠٠	٦٨,٥	٥١.٣	٣٥	٢٤	١٨,٤	١٥,٥	١,٠	١٠,٧
	١ *	١٠٠	٧٠	٥٣	٣٦	٢٧	٢٠	١٨	٣	١٣
	١ *	١٠٠	٧٥	٥٧	٣٩	٢٨	٢٢.٤	١٩,٥	١٤	٣

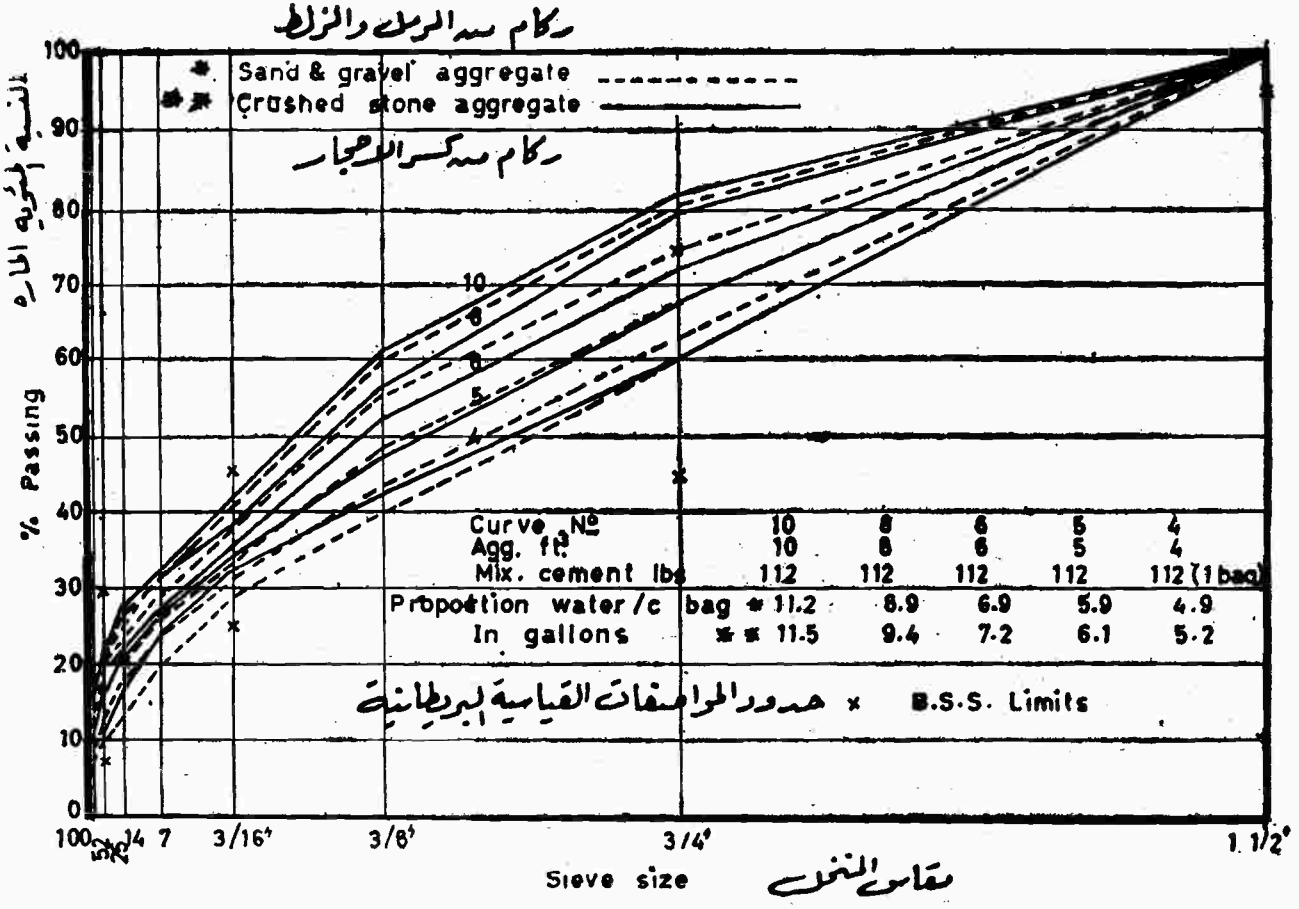
ركام الأحجار المكسرة ** رمل وزلط



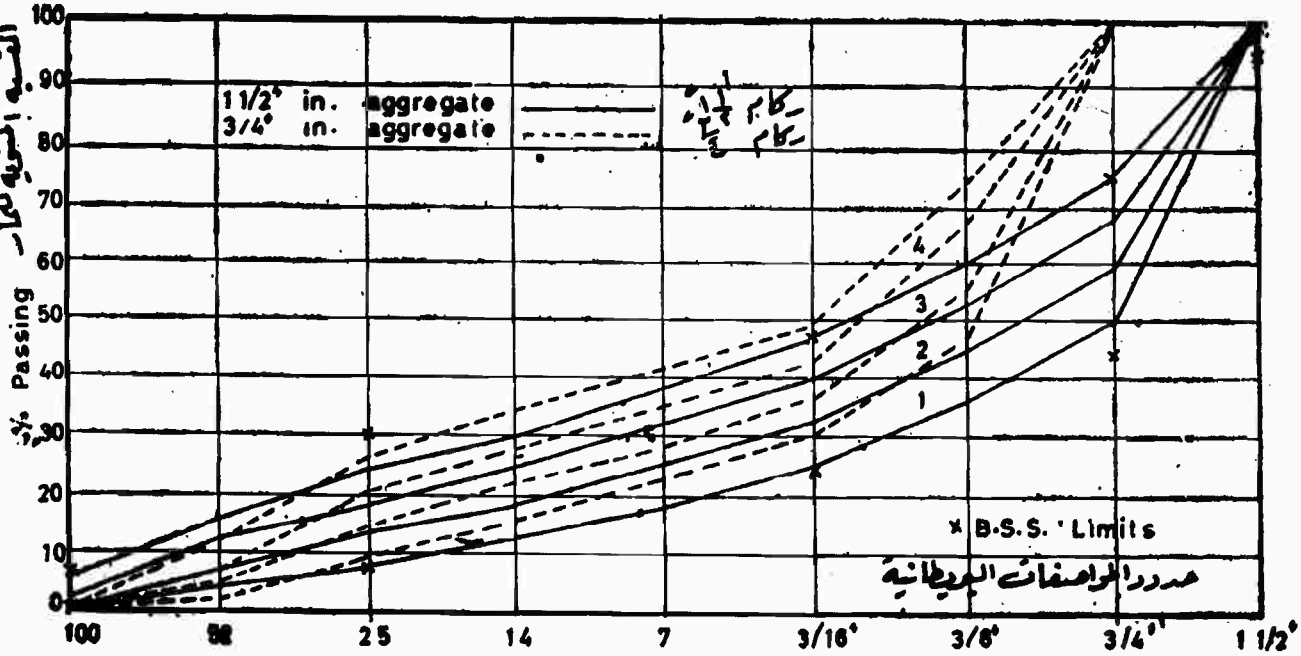
منحنيات التدرج الحبيبي لركام الخرسانة

فولر - فيري - بولومي - إمبا

شكل رقم (١ — ٣٧)



شكل رقم (١ - ٣٨) منحنيات والتدرج الحبيبي للركام الشامل



منحنيات لأربع تدرجات لركام 1 1/2" ، 3/4" وفقا لليحث رقم (٥) من أبحاث الطرق

شكل رقم (١ــ٣٩)

(ح) معاير النعومة : Fineness Modulus

هو العامل الذى يصف المقاس المتوسط للركام ويستعمل بكثرة فى دراسة ركام الخرسانة ويستنتج من جداول التحليل بالمناخل للركام وقد حدد أبرامز معاير النعومة بأنه مجموع النسب المئوية المحجوزة على المناخل القياسية التسعة من الركام مقسوماً على ١٠٠ .

ويدل هذا المعيار على متوسط مقاس الركام فيكون الرمل محصوراً بين (٢,٠٠ - ٣,٧٥) والزلط بين (٥ - ٨) ويستخدم هذا المعيار فى بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية وهو لايدل على تدرج الركام ولكنه يدل على المنخلين اللذين يحصران بينهما متوسط مقاس حبيبات الركام .

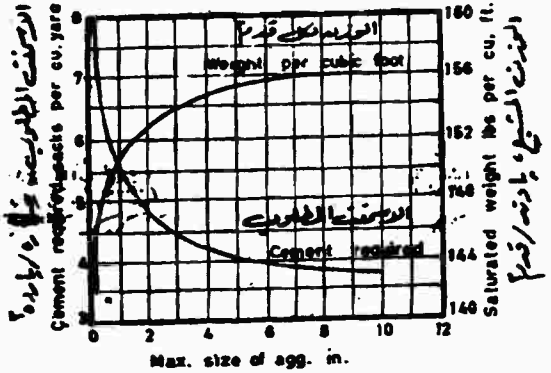
(ط) التدرج الحبيبى المجمع :

هو تدرج حبيبى لركام خليط مرغوب يحصل عليه من معرفة التدرج الحبيبى للركام الصغير والركام الكبير كل على حدة ثم تجميع هذين التدرجين إما بنسبة معينة وهى نسبة الرمل : الزلط فى الخلطة الخرسانية أو تجميعها ليكون تدرج الركام الخليط الناتج متمشياً مع منحنى تدرج حبيبى معلوم .

(ى) المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير :

هو مقاس أصغر فتحة منخل يسمح بمرور ٩٥٪ على الأقل من الركام الكبير مثلا ١ر٣٨ مم أو ١٩ مم . . . إلخ . وكلما كبر المقاس الاعتبارى الأكبر للركام كلما زاد الوزن وتحسنت نسبياً مقاومة الخرسانة مع وفر فى الأسمنت المستخدم لقلة المساحة السطحية كما يتبين من الشكل رقم (١ - ٤٠) ويجب ألا يزيد مقاس الركام عن $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{5}$ أقل بعد فى الجزء الخرسانى وألا يزيد أيضاً عن $\frac{2}{3}$ إلى $\frac{3}{4}$ المسافة الخالصة بين حديد التسليح فى أعمال الخرسانة العادية فيتراوح المقاس الاعتبارى الأكبر للركام بين ١ر٣٨ مم و ١٩ مم أما فى أعمال الرصف فيكون ١ر٣٨ — ٦٤ مم أما فى أعمال الخرسانة الكتلية فيستخدم مقاس يصل إلى حوالى ١٥٠ مم ولا يستخدم ركام بمقاس أكبر من ١٥٠ مم لصعوبة مناولته وتخزينه ودمكه .

ويبين الجدول رقم (١ - ٢١) المقاس الاعتبارى الأكبر للركام للأعمال الخرسانية غير المسلحة والمسلحة وذلك للقطاعات المختلفة .



المقاس الأكبر للركام ، بوصة

تأثير المقاس الأكبر للركام على الاسمنت المطلوب للخرسانة

(أبجات Somerman)

شكل رقم (١ - ٤٠)

جدول رقم (١- ٢١) - المقاس الاعتبارى الأكبر للركام المناسب للأعمال الإنشائية المختلفة

أقل مقاس للقطاع بالبوصة	المقاس الاعتبارى الأكبر بالبوصة			
	الحوائط والكمرات والأعمدة المسلحة	الحوائط غير المسلحة	الأعمال المسلحة الثقيلة	الأعمال غير المسلحة
٢ر٥ - ٥	$\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$ - ١	$\frac{3}{4}$ - ١ $\frac{1}{2}$
٦ - ١١	$\frac{3}{4}$ - ١ $\frac{1}{2}$	١ $\frac{1}{2}$	١ $\frac{1}{2}$	١ $\frac{1}{2}$ - ٣
١٢ - ٢٩	١ $\frac{1}{2}$ - ٣	٣	١ $\frac{1}{2}$ - ٣	٣
٣٠ فأكثر	١ $\frac{1}{2}$ - ٣	٦	١ $\frac{1}{2}$ - ٣	٣ - ٦

(ك) مسائل التدرج الحبيبي وكيفية حلها :

(ا) كيفية الحصول على تدرج الركام الخليط إذا عرف كل من تدرج الركام الصغير والركام الكبير والنسبة بينهما .

مثال : يبين الجدول التالى رقم (١ - ٢٢) التدرج الحبيبي لكل من الركام الصغير والكبير والمطلوب حساب التدرج الحبيبي لركام خليط يتكون بنسبة ١ : ٢ .

جدول رقم (١ — ٢٢) - التدرج الحبيبي للرمل والزلط

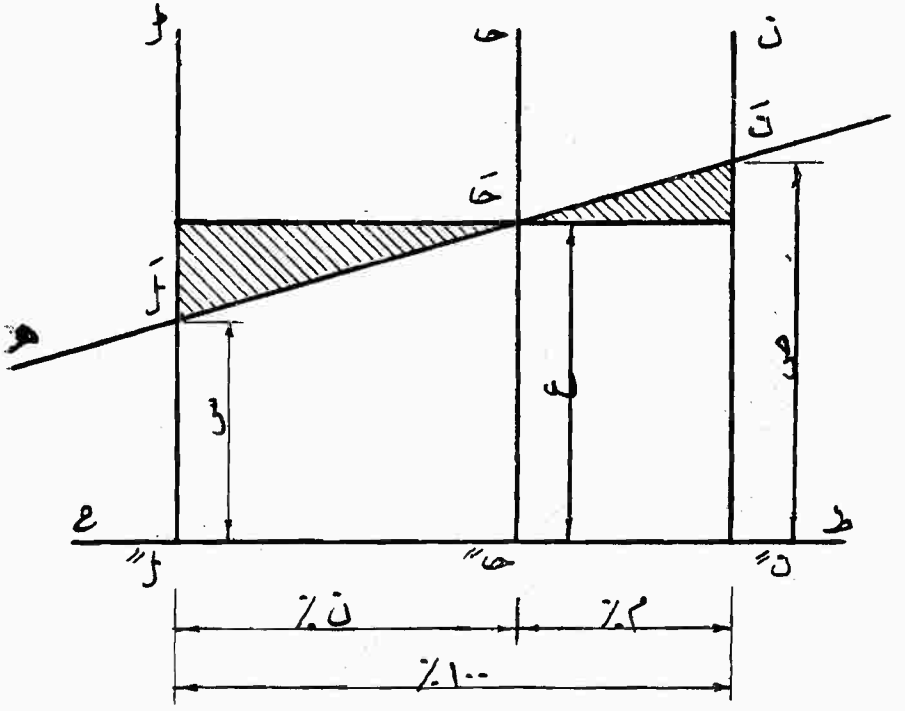
رقم المنخل	النسبة المئوية المارة								
	١ ١/٢ بوصة	٣/٤ بوصة	٣/٨ بوصة	٣/٣٢ بوصة	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
الرمل (أ)	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٨٥	٧٥	٤٩	١٢	١
الزلط (ب)	٩٥,٢	٤٤,٧	١٤,٧	٢,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

« الحل »

أولا : حسابياً : كما هو موضح بالجدول رقم (١ - ١٦) والشكل رقم (١- ٣٤)

ثانياً : بيانياً :

حل هذه المسألة مبنى على العلاقة التى تنشأ عندما يقطع أى خط ثلاثة خطوط متوازية ويبين الشكل رقم (١ - ٤١) ثلاثة خطـــوط متوازية (ا ، ب ، حـ) يقطعها خط



شكل رقم (١ - ٤١)

هـ و فى النقط أ حَ نَ على الترتيب والخط ح ط عمودى على الثلاثة خطوط المتوازية ويقطعها فى النقط أ نَ حَ فإذا فرض أن ع = حَ حَ ، ك ص = نَ نَ ، ك س = أ أ

م = حَ نَ ، ك ن = أ حَ

فالمطلوب هو حساب قيمة ع إذا عرفت قيمة م ، ن ، ك س ، ك ص .

من تشابه المثلثين المبشرين : $\frac{\text{ص} - \text{ع}}{\text{ع} - \text{س}} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$

$$\boxed{\text{ع} = \frac{\text{م} \cdot \text{س} + \text{ن} \cdot \text{ص}}{\text{م} + \text{ن}}}$$

فإذا فرض أن « س » هى النسبة المئوية المارة من الركام ا التى تمر من منخل معين وليكن $\frac{\text{ع}}{\text{ع}}$ وأن « ص » هى النسبة المئوية المارة من نفس المنخل الركام « ب » فإن الخط (ا — نَ) يكون هو المحل الهندسى للنسب المئوية المارة الممكن الحصول عليها من خلط نسب مئوية مكلة مثل م ، ن من الركام (ا ، ب) .

وعلى ذلك بالرجوع إلى الجدول رقم (١ — ٢٢) نجد أن ٩٨ ٪ من الركام « ا » تمر من منخل $\frac{\text{ع}}{\text{ع}}$ وعلى ذلك فالنقطة ٩٨ ٪ = أ يمكن توقيعها لأى مقياس رسم مناسب وبالمثل بالنسبة الركام « ب » فإن ٢,٢ ٪ منه يمر من منخل $\frac{\text{ع}}{\text{ع}}$ وعلى ذلك تكون ص = ٢,٢ ٪ بنفس المقياس فإذا أخذنا بالوزن من الركام « ا » ٣٣,٣ ٪ وخلطت بـ ٦٦,٦ ٪ بالوزن من الركام « ب » فمعنى ذلك أن :

ن = ٦٦٦ ، م = ٣٣٣

وتكون النسب المئوية الحبيبات المارة من منخل $\frac{\text{ع}}{\text{ع}}$ الخليط « حـ » هى ع حيث:

$$\text{ع} = \frac{\frac{\text{ع}}{\text{ع}} \times ٦٦٦ + ٢,٢ \times ٣٣٣ + ٩٨ \times ١٠٠}{١٠٠٠}$$

ويمكن التعبير عن ذلك بالطريقة الآتية :

$$\text{ع} = \frac{\text{ع}}{\text{ع}} \times ٢,٢ + \frac{١}{٣} \times ٩٨ = ٣٤,١$$

ويلاحظ أنها نفس الطريقة المتبعة حسابياً .

وعلى ذلك تمثل الخطوات التالية الطريقة البيانية لإيجاد التدرج الحبيبى لخليط من الركام الصغير والركام الكبير المعلوم تدرج كل منهما : شكل رقم (١ — ٤١)

١ — يرسم مربع بمقياس رسم مناسب على ورقة مربعات .

٢ — يخصص الأحداثى الرأسى الذى على اليسار لتمثيل الركام الصغير وعلى اليمين لتمثيل الركام الكبير .

٣ — تحدد النسب بتسويه كل منه من المناخل من صفر إلى ١٠٠ ٪ على محور رأسى يرسم بجوار المحور الرأسى الممثل للركام الصغير .

٤ — يخصص الأحداثى الأفقى لتوقيع نسب الركام الصغير إلى الركام الخليط كنسبة مئوية فيكون ١٠٠ ٪ رمل عند نقطة الأصل أى عند تقابل محور الركام الصغير مع الأحداثى الأفقى كما يكون صفر ٪ عند تقابل محور الركام الكبير مع الأحداثى الأفقى .

٥ — يوقع على المحور الرأسى للركام الصغير فتحات المناخل من منخل $\frac{3}{8}$" إلى منخل رقم ١٠٠ المقابلة لأرقام النسب المئوية المارة للتدرج الحبيبي للركام الصغير المعلوم كذلك يوقع على المحور الرأسى للركام الكبير فتحات المناخل من منخل رقم $1\frac{1}{2}$ إلى منخل رقم «٧» المقابلة لأرقام النسب المئوية المارة للتدرج الحبيبي للركام الكبير المعلوم .

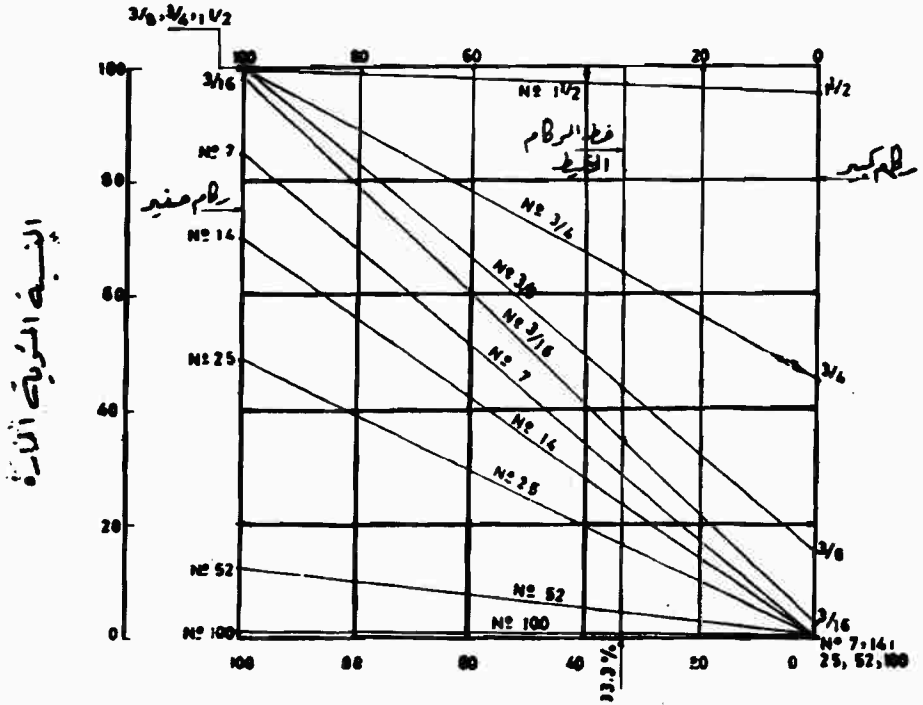
٦ — توصل بخطوط مستقيمة النقط الممثلة للمناخل المتشابهة على الأحداثيين الرأسيين لكل من الركام الصغير والركام الكبير .

٧ — يرسم خط رأسي عند النسبة المئوية ٣٣٫٣ ٪ للركام الصغير (فى الركام الخليط المعلوم) وتحدد نقط تقاطع هذا الخط مع خطوط المناخل ومنها يمكن قراءة النسب المئوية لتدرج الركام الخليط .

ويلاحظ أن هذه النسب هى نفسها النسب التى حسبت قبل ذلك بالطريقة الحسابية كما يتبين من الشكل رقم (١ — ٤١) .

(ب) كيفية إيجاد التدرج الحبيبي للركام الخليط من ركام صغير وركام كبير ليتفق مع تدرج مطلوب معلوم .

ليكن المعلوم تدرجاً خليطاً مرغوباً لسبب من الأسباب الإنشائية ومعلوماً أيضاً تدرجا لركام كبير وركام صغير متوافرين والمطلوب إيجاد نسبة الخلط ليتفق تدرج الخليط الناتج مع هذا التدرج المرغوب كذلك إيجاد النسب المئوية الفعلية للركام الخليط .



شكل رقم (١ ـ ٤١)

ولتحقيق ذلك يتبع الآتى :

١ ــ تكرر الخطوات السابقة من ١ ــ ٦ حتى نحصل على خطوط المناخل التسعة.

٢ ــ يرسم خط أفقى من نقطة النسبة المئوية للركام الصغير (فى الركام الخليط المعلوم) وتحدد نقطة تقاطع هذا الخط مع الخط الممثل للنخل $\frac{3}{3}$ بوصة .

٣ ــ يرسم خط رأسى من هذه النقطة ليقطع الأحداثى الأفقى عند النسبة المئوية للركام الصغير التى تحقق تدرج الركام الخليط المعلوم المطلوب كما أن نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع الخطوط الممثلة للمناخل تكون هى النسب المئوية المارة لتدرج الركام الخليط المطلوب .

٤ ــ تقارن النسب المئوية الناتجة مع النسب المئويه المارة للركام الخليط المعلوم فإذا كان الفرق واضحاً يمكن إزاحة الخط الرأسى الناتج فى الخطوة السابقة إلى اليمين

أو اليسار قليلا ليحقق بقدر المستطاع تدرج الركام الخليط المعلوم.

والمثال التالى المبين بالجدول رقم (١ — ٢٣) والشكل رقم (١ — ٤٢) . يوضح الخطوات التطبيقية لهذه الطريقة .

(ح) كيفية الحصول على تدرج حبيبي مطابق للمواصفات :

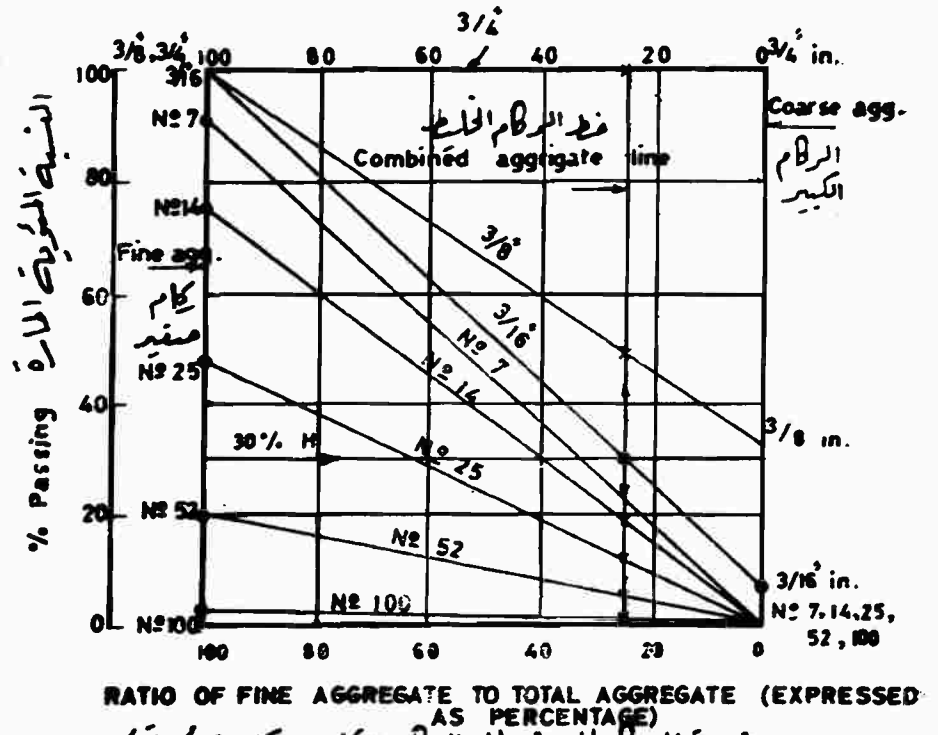
يعتبر الحصول على تدرج حبيبي مطابق للمواصفات من المشاكل التي تقابل المهندس فى كثير من الأعمال الانشائية المختلفة مثل تثبيت التربة وانشاء الجسور وتصميم المرشحات الرملية والتدرجات الحبيبية المختلفة المناسبة لأنواع الرصف العديدة فى الطرق أو المطارات.

جدول رقم (١ — ٢٣)

مثال الطريقة البيانية لإيجاد التدرج الخليط

الركام الذى يتفق مع تدرج معلوم

مقاس الفتحة	النسبة المئوية المارة			
	الركام الكبير أ	الركام الصغير ب	تدرج الخليط المعلوم المطلوب	تدرج الخليط الناتج من أ ، ب
٣/٤"	١٠٠	—	١٠٠	١٠٠ × ٢٠٠
٣/٨"	٣١	—	٤٥	٤٨ × ٤٨
٣/١٦"	٧	١٠٠	٣٠	٣٠ × ٣٠
رقم ٧	صفر	٩٢	٢٣	٢٣ × ٢٣
» ١٤	—	٧٦	١٦	١٩ × ١٩
» ٢٥	—	٤٨	٩	١٢ × ١٢
» ٥٢	—	٢٠	٢	٥ × ٥
» ١٠٠	—	٣	صفر	١ × ١



شكل رقم (١ ـ ٤٢)

ويحدث غالباً ألا يطابق التدرج الحبيبي لركام حجرى من مصدر واحد التدرج الحبيبي المطابق للمواصفات وفى هذه الحالة ربما أمكن الحصول على ذلك التدرج المطلوب بخلطه بركام حجرى آخر من مصادر مختلفة كما هى بدون تخليها وفصل مقاساتها المختلفة لإعادة تدرجها .

وتوجد طرق مختلفة للحل إلا أن الطريقة الموضحة فى الأمثلة التالية تمتاز بالبساطة والسرعة فى الحصول على النتائج ولا تعتمد على الحسابات لأنها طريقة تخطيطية وتناسب مهندس المواد بصفة خاصة وتمكنه من الحكم حكما صحيحاً بمجرد النظر إلى الرسم بعد إعداده .

مثال (١) :

المعلوم نوعان من الركام A ، B والمطلوب تعيين نسبة خلط A : B للحصول على تدرج حبيبي مطابق لحدود المواصفات المبينة بالجدول رقم (١ - ٢٤) .

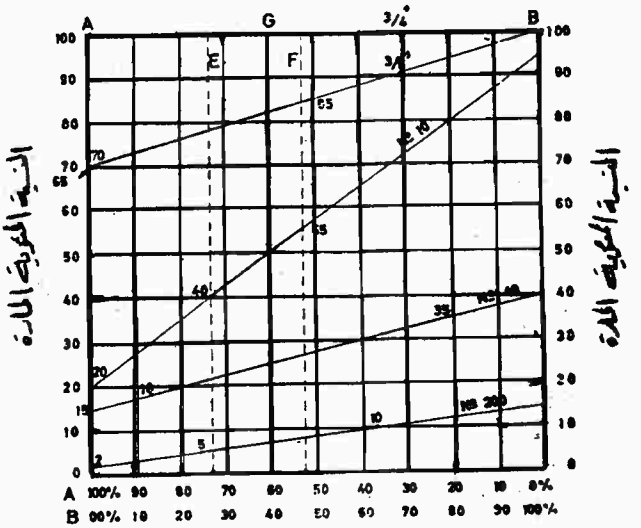
جدول رقم (١ - ٢٤) التدرج الحبيبي للركام A ، B وحدود المواصفات للركام الخليط

مقاس النخل	ركام « A » النسب المئوية المارة	ركام « B » النسب المئوية المارة	حدود المواصفات النسب المئوية المطلوبة
٣/٤"	١٠٠ ٪	١٠٠ ٪	١٠٠ ٪
٣/٨"	٧٠ ٪	١٠٠ ٪	٦٥ — ٨٥ ٪
رقم ١٠	٢٠ ٪	٩٥ ٪	٤٠ — ٥٥ ٪
رقم ٤٠	١٥ ٪	٤٠ ٪	١٨ — ٣٥ ٪
رقم ٢٠٠	٢ ٪	١٥ ٪	٥ — ١٠ ٪

« الحـل »

١ — ارسم « A » ، « B » والخطوط العرضية الممثلة للمناخل المختلفه بين « A » ، « B » كما سبق بيانه . وكذلك مقياس النسبة المئوية لخلط « A » ، « B » .

٢ — ارسم بلون آخر (مبيناً على الرسم بسمك أكبر) على كل خط من خطوط المناخل النسب المئوية للحدود المنصوص عليها فى المواصفات . شكل رقم (١ — ٤٣).



شكل رقم (١ — ٤٣)

فمثلا فى هذا الشكل ــ مبتدئين من أسفل إلى أعلى ــ الخط العرضى للنسب المئوية للنخل رقم ٢٠٠ وقعت عليه نقطتان ٥ ٪ ، ١٠ ٪ بالنسبة للقياس الرأسى وذلك استيفاء لشروط المواصفات التى تنص على أن تكون النسبة المئوية للحبيبات المارة من رقم ٢٠٠ واقعة بين ١٠ ٪ ، ٥ ٪ ثم لون بينها على نفس الخط رقم ٢٠٠ بلون آخر (فى الرسم سمك أكبر) .

٣ ــ بالمثل بالنسبة للخط الخاص بالمنخل رقم ٤٠ وقع عليه نقطتين أمام ١٨ ٪ ، ٣٥ ٪ بالنسبة للقياس الرأسى وذلك استيفاء لشروط المواصفات التى تنص على أن تكون النسبة المئوية للحبيبات المارة من رقم ٤٠ واقعة بين ٣٥ ٪ ، ١٨ ٪ . وكرر نفس الطريقة لباقى الخطوط .

٤ ــ يلاحظ من الرسم أنه لإمكان الحصول على تدرج حبيبى مطابق للمواصفات بالنسبة لحدود النسبة المئوية لكافة المقاسات الحبيبية فإن الأجزاء الثقيلة يجب أن تقع تحت بعضها البعض بحيث يمكن أن يقطعها خط رأسى يمربها جميعاً بدون أن يترك أياً منها.

وغالباً لا يقع الحد الأدنى أو الحد الأعلى للنسب المئوية المنصوص عليها بالمواصفات لكل قطر حبيبى تحت خط رأسى واحد بل الغالب أن تكون النسب المئوية للنهايات القصوى والصغرى مختلفة ولذلك يحدد الحدان الأعلى والأدنى لنسبة خلط كل من « A » ، « B » ، وذلك بالخطين « E » ، « F » .

ويلاحظ أن أى خط رأسى بين هذين الخطين يقع فى حدود النسب المئوية المنصوص عليها فى المواصفات .

ويتضح من الرسم أن « E » ، « F » ، يقطعان مقياس نسبة خلط « . » ، « B » فى النقطتين اللتين تمثلان النسب المئوية بالوزن التى تؤخذ من كل منهما وفى هذه الحالة يقع المدى المطلوب بين :

$$A = 71\% \rightarrow 53\ \%$$

$$B = 26\% \rightarrow 47\ \%$$

فإذا خلط ٦٠ ٪ من « A » ، ٤٠ ٪ من « B » بالوزن أى ثلاثة أجزاء من « A » وجزءان من « B » كما يمثل ذلك الخط « G » فيمكن الحصول على التدرج الحبيبى (الذى

يعين من تقاطع «G» مع خطوط المناخل) كما هو مبين فى الجدول رقم (١ — ٢٥) وهو فى حدود المواصفات المطلوبة .

جدول رقم (١ - ٢٥)

التدرج الحبيبي للركام الخليط مقارنا بحـــدود المواصفات

مقاس المنخل	النسب المئوية المارة (المواصفات)	G النسب المئوية المارة
٣/٤ بوصة	١٠٠ ٪	١٠٠ ٪
٣/٨ بوصة	٦٥ — ٨٥ ٪	٨٢ ٪
رقم ١	٤٠ — ٥٥ ٪	٥٠ ٪
رقم ٤	١٨ — ٣٥ ٪	٢٥ ٪
رقم ٢	٥ — ١٠ ٪	٧ ٪

ولنفرض جدلا أن المواصفات تنص على أن تكون النسبة المئوية من المنخل رقم ٢٠ تقع بين ٣ ٪ ، ٥ ٪ فإذا رجعنا إلى الرسم بالشكل رقم (١ — ٤٣) ووقعنا على الخط العرضى الممثل لمنخل رقم ٢٠ المدى بين ٣ ٥ ٪ فإنه سيتبين لنا أنه لن يوجد أى خط رأسى واحد يمكن أن يمر بكافة حدود النسب المئوية المطلوبة فى المواصفات لكل منخل .

ومعنى هذا أن هذين المصدرين «A» ، «B» لن يصلحا للحصول على تدرج حبيبى مطابق للمطلوب . وأنه يجب أن نبحث عن ركام آخر يحتوى على مدى أعلى للحبيبات المارة من رقم ٢٠٠ كما سنوضح ذلك فى المثال التالى .

مثال (٢) :

المطلوب خلط الركام « A » ، « B » ، « C » المبينة تدرجاتها الحبيبية بالجدول رقم (١ — ٢٦) لإمكان الحصول على مخلوط مستوف لتدرج حبيبى مطابق للمواصفات المبينة بالجدول المذكور .

جـول رقم (١ — ٢٦)

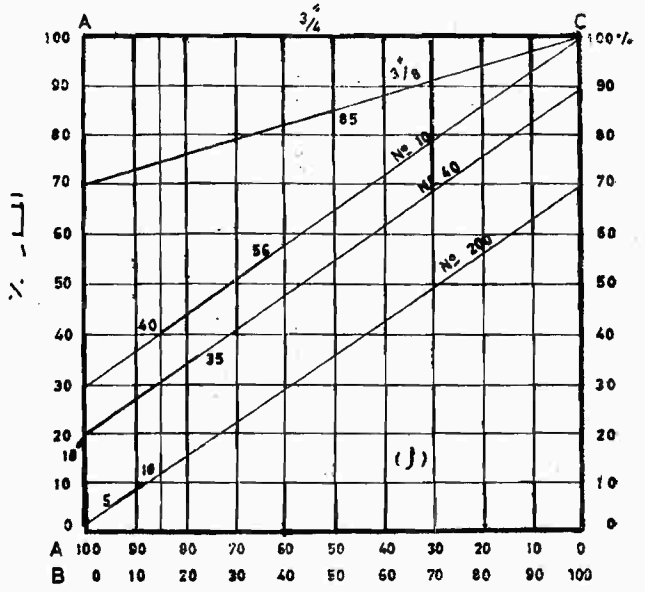
التدرج الحبيبي للركام C, B, A ومواصفات الركام الخليط

المنخل	النسبة المئوية المارة			
	« A »	« B »	« C »	المواصفات
$\frac{3}{4}$ بوصة	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
$\frac{3}{8}$ »	٧٠	١٠٠	١٠٠	٨٥—٦٥
رقم ١٠	٣٠	٩٠	١٠٠	٥٥—٤٠
رقم ٤٠	٢٠	٥٠	٩٠	٣٥—١٨
رقم ٢٠٠	٢٠	٥٠	٧٠	١٠—٥

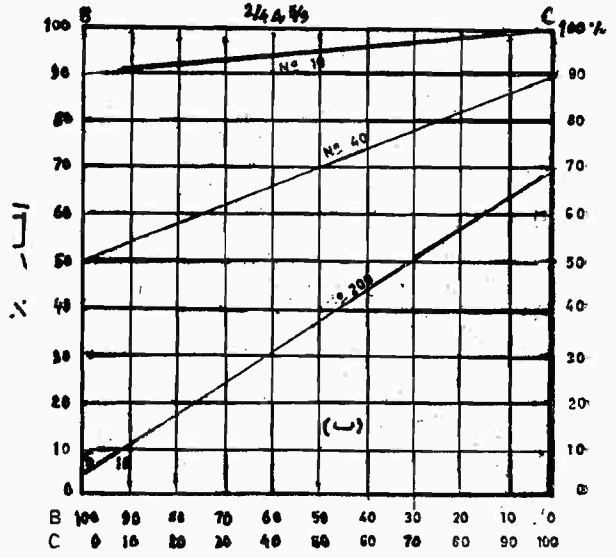
الحل :

لإمكان حل مثل هذه المسألة فإن المهندس يجب أن يدرس التدرج الحبيبي لكل ركام على حدة ومدى اختلافه عن المواصفات . ثم خلط أى اثنين منها ثم أخذ المخلوط وحساب إمكانية خلطه مع الركام الثالث .

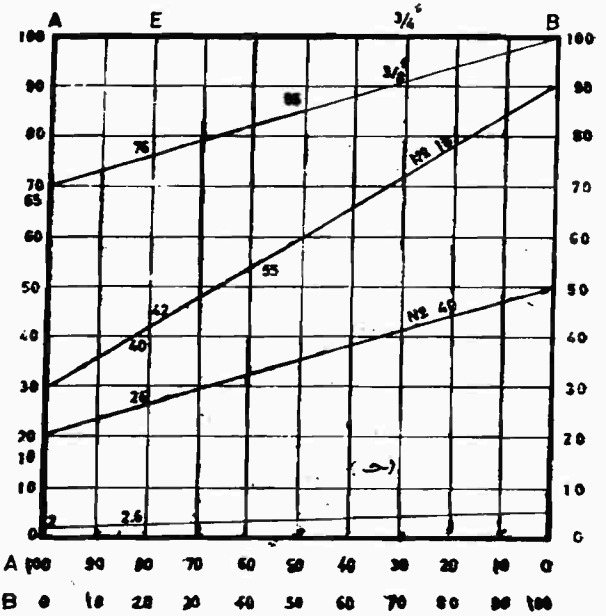
فإذا حاولنا إمكان خلط «C» ، «A» لتبين من الشكل رقم (١ — ٤٤) أنه لن يوجد خط رأسى يقطع كافة النسب المئوية المطلوبة فى المواصفات بالنسبة للأقطار الحبيبية المختلفة ويتبين لنا أننا إذا أخذنا خطاً رأسياً عند الحد الأدنى لمواصفات منخل رقم ١٠ فإنه سيقطع خط المنخل رقم ٢٠٠ خارج المدى المطلوب فى المواصفات وأنه يقطع خط رقم ٢٠٠ فى ١٢ ٪ بينما المطلوب فى المواصفات هو ١٠ ٪ فقط . كما أن الشكل رقم (١ — ٤٤ ب) يبين أن خلط «C» ، «B» سينتج عنه خلطة لن تفى بالمواصفات المطلوبة للحبيبات المارة من $\frac{3}{8}$ ورقم ١٠ ورقم ٤٠ . ولامكان حل هذه المسألة نرجع إلى الشكل رقم (١ — ٤٤ حـ ، ى) ونفرض أننا خلطنا «A» ، «B» كما هو مبين فى «حـ» ثم نختار موقع «E» بحيث ينتج عن خلطه مع «C» نسب مئوية فى حدود المواصفات السابق ذكرها وفى الشكل رقم (١ — ٤٤ جـ) نرى أن «E» ينتج من خلط ٤ أجزاء من «A» مع جزء واحد من «B» أى (٤ A + B) كما يتضح من الرسم أن التدرج الحبيبي للمخلوط «K» هو كالموضح فى الجدول رقم (١ — ٢٧) .



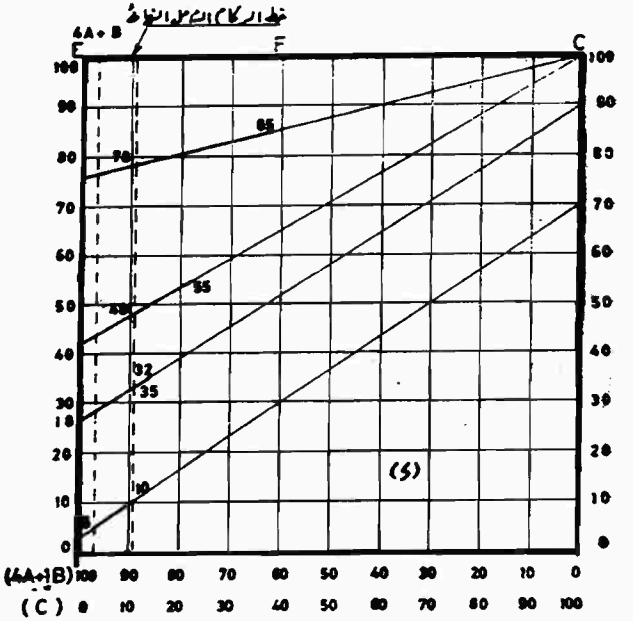
شكل رقم (١ ــ ٤٤ «أ»)



شكل رقم (١ ــ ٤٤ «ب»)



شكل رقم (١ـ٤٤ « ج »)



شكل رقم (١ـ٤٤ « د »)

والشكل (٤) يبين خلط « C » ، « E » للحصول على المخلوط النهائى « F » الذى يطابق التدرج الحبيبى المطلوب فى المواصفات .

ونجد من الرسم أن F يقع فى حدود المواصفات وذلك بأخذ ٩٠٪ من E و ١٠ ٪ من C .

ولإمكان تعيين النسب المئوية للأوزان التى يجب أن تؤخذ من كل من « A » ، « B » ، « C » للحصول على المخلوط « F » فإن :

$$A : B = 0.8 : 0.2$$
$$(A+B) : C = 0.9 : 0.1$$
$$A : B : C = 0.9 : (0.8) : 0.9 \times 0.2 : 0.10$$
$$= 0.72 : 0.18 : 0.10$$

وبذلك نأخذ ٧٢٪ من « A » ، ١٨ ٪ من « B » ، ١٠ من « C » أما الخليط « F » فيكون له التدرج الحبيبى الموضح فى الجدول رقم (١ — ٢٨) وهو مطابق للمواصفات .

جدول رقم (١ — ٢٧)
التدرج الحبيبى للركام الخليط

المنخل	النسبة المئوية المارة
$\frac{3}{4}$ بوصة	١٠٠
$\frac{3}{8}$ بوصة	٧٦
رقم ١٠	٤٢
رقم ٤٠	٢٦
رقم ٢٠٠	٢,٦

جدول رقم (١ — ٢٨) التدرج الحبيبى للركام الخليط وحدود المواصفات

المنخل	« F » النسب المئوية المارة	المواصفات النسب المئوية المارة
$\frac{3}{4}$ بوصة	١٠٠	٣٠٠
$\frac{3}{8}$ »	٧٨	٨٥—٦٥
رقم ١٠	٤٨	٥٥ — ٤
رقم ٤٠	٣٢	٣٥—١٨
رقم ٢٠٠	٩	٣٠— ٥

وبالإمكان عمل تحقيق حسابي على صحة النسب المذكورة لخلط نسب مئوية بالوزن من كل من « A » ، « B » ، « C » بواقع ٧٢ ٪ ، ١٨ ٪ ، ١٠ ٪ على الترتيب كما يتبين من الجدول رقم (١ — ٢٩) :

جدول رقم (١ — ٢٩) — تحقيق حسابي الركام الخليط

المنخل	٧٢ ٪ من « A »	١٠ ٪ من « B »	١٠ ٪ من « C »	المجموع
٣/٤ بوصة	٧٢ = ١٠٠ × ٠,٧٢	١٨ = ١٠٠ × ٠,١٨	١٠ = ١٠٠ × ٠,١	١٠٠ = ١٠ + ١٨ + ٧٢
٣/٨ بوصة	٥٠,٤ = ٧٠ × ٠,٧٢	١٨ = ١٠٠ × ٠,١٨	١٠ = ١٠٠ × ٠,١	٧٨,٤ =
رقم ١٠	٢١,٦ = ٣٠ × ٠,٧٢	١٦٢ = ٩٠ × ٠,١٨	١٠ = ١٠٠ × ٠,١	٤٧,٨ =
رقم ٤٠	١٤,٤ = ٢٠ × ٠,٧٢	٩ = ٥٠ × ٠,١٨	٩ = ٩٠ × ٠,١	٣٢,٤ =
رقم ٢٠٠	١,٤٤ = ٢ × ٠,٧٢	٩, = ٥ × ٠,١٨	٧ = ٧٠ × ٠,١	٩,٢٤ =

ويتضح من مقارنة التدريجات الحبيبية الناتجة حسابيا أنها تطابق تماماً التدرجات الحبيبية التى حصلنا عليها بطريقة الرسم .

١٢ — الطين والطفل والتراب الناعم بالركام :

وجود هذه المواد بالركام بكميات كبيرة يجعله غير صالح للخرسانة لأنه يتسبب عنها ضعف شديد فى مقاومة الخرسانة وتأخير لزمن تفاعل الأسمنت مع الماء بالخرسانة وخصوصا إذا كانت مغلفة لحبيبات الركام فإنها تمنع أو تضعف تماسك الركام والاسمنت كما يتسبب عن وجودها زيادة الانسكاش بالجفاف فى الخرسانة الذى ينتج عنه الشروخ .

ويجب ألا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة بالركام المقادير الآتية :

٣ ٪ بالوزن من الرمل أو الرمل المكسر .

١٠ ٪ بالوزن من رمل الحجارة المكسرة .

١ ٪ بالوزن من الركام الكبير .

وفى حالة زيادة كمية الطين أو المواد الناعمة عن النسب المذكورة يمكن استعمال الركام إذا دلت الاختبارات على عدم إضرارها بالخرسانة . وقد يفيد الطين والمواد الناعمة

إذا كانت دقيقة وبكميات بسيطة جداً فى ملء الفراغات الصغيرة فى الخرسانة قليلة الاسمنت وذات المقاومة غير العالية .

(ب) الخواص الكيميائية

١ ــ مدلول الخواص الكيميائية للركام :

التعبير التقليدى عن الركام هو أنه مادة مالئة خاملة ذات حصة سلبية للحصول على الوزن والحجم المطلوب ولكن هذا التعبير غير مطلق حيث لا تكون كل حبيبات الركام خاملة بعد تغليفها بالاسمنت ويحسب أى تفاعل كيميائى مشاكل خطيرة معقدة فى الخرسانة ويمكن تلخيص التفاعل الكيميائى الذى يظهر بصفة عامة فى الأعمال الخرسانية فيما يلى :

(ا) إذا كان بالركام أملاح قابلة للذوبان فتتسبب فى تبقيع وتزهير السطح الخارجى للخرسانية

(ب) إذا كان بالركام مواد كيميائية تتفاعل مع الاسمنت وبعض الشوائب العضوية تمثل هذا النوع من التفاعل والذى يؤثر على قوة الخرسانة وتحملها على مرور الزمن . ويسبب تأكسد بيريت الحديد تفتت وطقطقة فى الخرسانة .

(حـ) إذا كان الركام يتفاعل مع الاسمنت العالى القلوية (ظاهرة التفاعل القلوى للركام) ويسبب تشرخ الخرسانة ونقصا فى المرونة والمقاومة.

٢ ــ ثبات حجم الركام : (Soundness of Aggregates)

يعين ثبات حجم الركام بغمر الحبيبات فى محلول كبريتات الصوديوم أو المغنسيوم لمدة من ١٦ إلى ١٨ ساعة ثم يجفف الركام بعد ذلك فى فرن وتكرر عملية الغمر والجفاف عدة مرات حسب عدد الدورات المطلوبة ويعتبر الركام ثابت الحجم إذا لم يحدث أى تشريخ أو تفتت وفى هذه الحالة يتوقع مقاومة الركام للتفتت تحت ظروف العوامل الجوية .

٣ ــ التفاعل القلوى للركام :(Alkali Aggregate Reaction)

إذا استعمل عند خلط ركام من شكل معين متبلور من السليكا يتواجد

فى بعض الصخور البركانية الحامضية مع أسمنت به نسبة عالية من القلويات فيحدث تفاعل بين هذا الركام والقلويات ينتج عنه زيادة فى الحجم تحدث أحياناً بعد سنتين أو أكثر من صب الخرسانة . وينتج عن زيادة الحجم تشرخ وتفتت الخرسانة ويمكن تلخيص هذه العملية فيما يلى :

أثناء عملية الخلط والمدة التى تليها تذوب كمية كبيرة من القلويات الموجودة بالاسمنت ، ومع استمرار تفاعل الاسمنت مع الماء فإن سليكات وألومينات الكالسيوم الموجودة بعجينة الاسمنت تمتص الماء فتجعل المحلول أكثر قلوية ثم شديدة القلوية . ويهاجم هذا المحلول الشديد القلوية أجزاء الركام السهلة التأثر مكوناً جيلاتينات من السليكا القلوية وهذه الجيلاتينات (الهلاميات) تتصف بالشراهة للماء ولذلك فإنها تمتص الماء بشدة من المحلول مكونة ضغطا هيدروليكيا داخليا بالخرسانة يصل أحياناً إلى حوالى ٤٠ كجم/سم٢ وعلى ذلك فإن الضغوط التى تتعدى قيمتها قوة تحمل الخرسانة فى الشد تسبب تشرخ الخرسانة بشروخ شعرية دقيقة جداً . وتعمل زيادة تكون المادة الهلامية سالفة الذكر على زيادة وتوسيع رقعة الشروخ الدقيقة وتصعد إلى سطح الخرسانة خلال هذه الشروخ المادة الهلامية ويتسبب ذلك فى ضعف مقاومة الخرسانة .. وليس هناك معلومات كاملة عن نوع الركام الذى يتسبب فى هذا التفاعل الذى يحدث إذا استعمل هذا الركام مع الاسمنت المحتوى على نسبة عالية من القلويات . وعلى ذلك الملاءة هذا التفاعل يراعى تحديد نسبة القلويات التى يحتويها الاسمنت وقد حددتها بعض المواصفات بما لا يزيد عن ٠,٦٪ من وزن الاسمنت ، ومن حسن الحظ لم تظهر الأعمال الخرسانية فى مصر أى أثر لظاهرة التفاعل القلوى للركام .

٤ ـ المواد العضوية بالركام : (Organic Impurities)

توجد المواد العضوية بكميات متفاوتة بالركام الطبيعى سواء من المحجر أو من عمليات النقل ويفيد غسل الركام فى إزالة المواد الذائبة منها ووجودها بكميات كبيرة بالركام يضر بالخرسانة حيث قد تتفاعل مع الاسمنت أو تغلف الحبيبات فتمنع التماسك أو تؤخر زمن شك وتصلد الاسمنت وبالتالى تضعف الخرسانة .

٥ ـــ العناصر والأملاح غير المرغوبة بالركام :

الفحم ومخلفاته وعناصر الكبريتور مثل كبريتور الحديد والميكا والأملاح الكيميائية الذائبة وخاصة أملاح الكبريتات وجميعها تسبب ضعفاً للخرسانة إذا احتواها بعضها أو كلها الركام وذلك لتفاعلها مع الأسمنت أو نتيجه تكوين طبقات هشة بالخرسانة كالميكا أو لزيادة حجم الخرسانة مقسبياً فى الشرخ .

(ج) الخواص الميكانيكية

١ ـــ صلادة الركام : (Hardness of Aggregates)

تعين صلادة الركام بإجراء اختبار البرى Abrasion على عينة اسطوانية الشكل ٢٥ ملليمتر وارتفاعها ٢٥مم وباستعمال رمل مقاسه قياسى كادة حاكة مع دوران عينة الاختبار على قرص دائرى ووضع ثقل وزنه ١٢٥٠ جم فوق العينة . وتحسب صلادة الركام بعد إتمام ١٠٠٠ دورة من الصيغة التجريبية الآتية : معامل الصلادة = ٢٠ ـ ½ و (حيث و = الفقد أو الوزن بالجرام) .

٢ ـ متانة الركام : (Toughness of Aggregates)

تعين متانة الركام بإجراء اختبار المتانة على عينة اسطوانية الشكل قطرها ٢٥ مم وارتفاعها ٢٥ مم وفى هذا الاختبار تسقط مطرقه قياسية وزنها ٢ كجم يبدأ من ارتفاع سنتيمتر واحد على عينة الاختبار ثم يكرر ذلك مع زيادة الارتفاع فى كل مرة عن سابقتها بمقدار سنتيمتر واحد ويكون عدد الدقات اللازمة لكسر العينة هو مقياس متانة الركام

٣ ـ مقاومة الركام الكبير للتهشيم (Grushig Strength ot Coarse Aggregates)

هذه الخاصة ليست بذات أهمية للركام الكبير المستعمل فى المنشآت الخرسانية إذا ما لوحظ أن مقاومة الخرسانة العادية للتهشيم حوالى ٢٥٠ كجم/سم٢ بينما مقاومة تهشيم الركام الكبير من المصادر الطبيعية تتراوح من ٧٠٠ كجم/سم٢ إلى ٢٠٠٠ كجم/سم٢ وأكثر . ولذلك يفيد معرفتها فى الخرسانة الخاصة بالرصف والمعرضة للتآكل فقط وتحدد تلك المقاومة بمعامل التهشيم طبقاً للاختبار الخاص بذلك حيث يجب ألا يزيد عن ٤٠٪ للخرسانة للمنشآت العادية وعن ٣٠٪ للخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل

ويعتبر أيضاً معامل التهشيم (Aggregate Crushing Value) دلالة على مدى مقاومة الركام للصدم .

٤ - تحمل الركام مع الزمن : (Durability of Aggregates)

(ا) المقاومة للعوامل الجوية : تقاوم الصخور المعروفة والزلط العوامل الجوية بالدرجة الكافية التى تضمن استعمالها فى أعمال الخرسانة ويراعى عدم مقاومة الصخور الطبقية الطفلية لذلك

(ب) المقاومة للحريق : يختلف الركام فى مقاومته للحريق حسب مصدره ، فأحسنها هو خبث الأفران العالية والحجر الخفاف والطوب المكسر والزلط الجيرى أما الركام القليل المقاومة فهو كسر الجرانيت والبازلت والزلط السليسى.

(حـ) المقاومة للبرى : تختص بركام أعمال الرصف ويعتبر الحجر الجيرى الصلد من الأنواع المناسبة لهذه العملية والتى تقاوم البرى وتقاس أو تقارن تلك الخاصية بمعامل الصلادة .

سادسا : مناولة وتخزين الركام
(Handing & Storage of Aggregates)

تكون إجراءات وعمليات مناولة وتخزين الركام بحيث لا ينتج عنها أى انفصال حبيبى ، أى تركز الركام الصغير فى ناحية والكبير فى ناحية أخرى أو بحيث لا تضاف شوائب أو مواد عضوية للركام أو ماء أو أية مواد ضارة وذلك أثناء تلك العمليات.

ويبين كل من الشكل رقم (ا - ٤٥) ورقم (ا - ٤٦) الطرق الصحيحة وغير الصحيحة لمناولة وتخزين الركام .

سابعا : اختبارات الركام
(ا) عينات الاختبار (Test Samples)

(ا) مصدر العينات : يحسن أخذ العينات من الركام المنقول بالعربات أو المواعين أو أية وسيلة أخرى أثناء تعبئته بالمحجر أو عند مكان التوريد كما يمكن أخذ العينات من أماكن التخزين سواء فى المحجر أو فى أى مكان آخر .

(ب) طريقة تحضير العينات : تحضر العينة بأخذ كميات من الركام بمتساوية على وجه التقريب من مواضع مختلفة على أن يكون ذلك من نقط متفرقة على جوانب

السقوط الحر للمادة من نهاية السير الناقل يسمح للرياح بفصل المواد الصغيره عن الكبيرة

Incorrect غير صحيح

Free fall of material from end of conveyor belt will permit wind to separate fine and coarse material

وجود مدخنة - تحول المادة الساقطة من نهاية السير الناقل - تمنع الرياح من فصل المواد الصغيره عن الكبيره ويمكن عمل فتحات لتفريغ المواد عند ارتفاعات مختلفة

Correct صحيح

A chimney surrounding material falling from end of conveyor belt will prevent wind from separating fine and coarse material. Openings may be provided to discharge material at various elevations.

Unfinished or fine aggregate storage - dry materials. تخزين المواد الجافة غير المنتهية أو الصغيره

Incorrect غير صحيح

Allowing aggregates to run down slopes causes separation of sizes. The use of bulldozers is undesirable.

السماح بالركام بالجرى أسفل الميول يسبب انفصال في المقاسات واستعمال المقلبات (البولدوزر) غير مرغوب

Correct صحيح

Placing aggregates in stockpiles in individual units not larger than a truck load and in layers will prevent segregation.

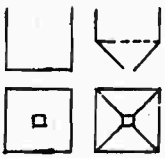
وضع الركام في كومات في وحدات مفرده لا تزيد كل منها على حمولة لوري وعلى طبقات سوف يمنع الانفصال

Stockpiling screened aggregate. تخزين الركام المنخول

Correct صحيح

With bottom sloping 50° from horizontal in all directions to out let with all corners properly rounded there will be free flow to the outlet.

يجعل القاع مائل بزاوية ٥٠° عند الأفقي في كل الاتجاهات الى المخرج مع جعل كل الزوايا بالحدية بشكل مناسب يتيح عند ذلك انسياب حر الى المخرج



Incorrect غير صحيح

Flat bottom bins or those having insufficient slope or sharp corners will not permit free flow to the outlet.

الصوامع ذات القاع المسطح أو ميول غير كافي أو بأركانه حادة سوف لا تسمح بالانسياب الحر الى المخرج

Slope of aggregate bin bottoms. ميول قاع صومعه الركام

Correct صحيح

Material should drop vertically into bin directly over discharge opening to retain uniformity.

يجب أن تسقط المادة رأسيا في داخل الصومعه مباشرة فوق فتحة التفريغ لتحافظ على الانتظام

Incorrect غير صحيح

Chuting material into bin on an angle and against side of bin result in separation of sizes.

رمى المادة داخل الصومعه بزاوية وعلى جانب الصومعه ينتج عنه انفصال في المقاسات

Aggregate bin filling ملء صومعة الركام

CORRECT AND INCORRECT METHODS OF HANDING AND STORING AGGREGATES.

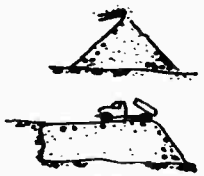
الطرق الصحيحة وغير الصحيحة لمناولة وتخزين الركام

شكل رقم (١ — ٤٥)

Correct صحيح

Crane or other means of placing material in pile in units which remain where placed and do not run down slopes.

ونسبه أو وسائل أخرى لوضع المادة في كومه في وحدات لتظل في مكانها ولا تجري أسفل المنحدر



Incorrect غير صحيح

Methods which permit the aggregate to roll down the slope as it is added to the pile, or permit hauling equipment to operate over the same level repeatedly.

طرق تسمح بتدحرج المواد الإضافية المنحدر عند إضافتها للكومة، أو تسمح للمعدات المستعملة بالنقل لتعمل على نفس المستوى باستمرار

Correct صحيح

Pile built radially in horizontal layers by bulldozer working from materials as dropped from conveyor belt. A rock ladder may be needed in this set-up.

تبنى الكومة بحركة نصف قطرية في طبقات أفقية بالبولدوزر من المواد الساقطة من السير الناقل وقد يحتاج الأمر الى سلم صخري لإتمام هذا الترتيب

Incorrect غير صحيح

Bulldozer stacking progressive layers on slope not flatter than 3:1.

يخزن البولدوزر الطبقات تزايديا على انحدار تفلطحه عن ٣ : ١

Stockpiling of finish — screened coarse aggregate. (When permitted)

تخزين كومات الركام الكبير المنخول الجاهز

Correct صحيح

Chimney surrounding material falling from end of conveyor belt to prevent wind from separating fine and coarse materials. Openings provided as required to discharge materials at various elevations on the pile.

تحاط المادة الساقطة من نهاية السير الناقل بحلقة لمنع الرياح من فصل المواد الصغيرة عن الكبيرة. وتجهز فتحات حسب الطلب لتفريغ المواد في مناسيب مختلفة على الكومة

Incorrect غير صحيح

Free fall of material from high end of stacker permitting wind to separate fine from coarse material.

السقوط الحر للمادة من نهاية عالية يسمح للرياح بفصل المواد الصغيرة عن الكبيرة

Sand or combined aggregate storage. (Dry materials)

تخزين الرمل أو الركام الخليط (مواد جافة)

Incorrect methods of stockpiling aggregates cause segregation and breakage.

تخزين الركام في كومات بطرق غير صحيحة يسبب الانفصال والتكسير

شكل رقم (١ــ٤٦)

المصدر من أعلاه ومنتصفه وأسفله ثم تخلط هذه الكميات مع بعضها البعض خلطاً تاما لتكوين العينة الكلية الممثلة للركام . ويراعى عند أخذ كميات الركام المذكورة أن تكون ممثلة تماما لغالبية الحبيبات ولا تؤخذ من نقط تتركز فيها الحبيبات الكبيرة كما يحدث عادة فى أسفل الأكوام، كما يجب ألا يقل عدد النقط التى تؤخذ منها كميات الركام عن عشر نقط . وفى حالة تحضير العينات تحت ظروف غير عادية يراعى أن تكون نقط أخذ كميات الركام من المصدر كثيرة بحيث تكون العينة الكلية أكبر لضمان تمثيلها للركام تمثيلا صحيحاً . ويحسن أن يكون عدد تلك النقط ووزن كمية الركام المأخوذ من كل نقطة ووزن العينة الكلية كما هو مبين بالجدول رقم (١ — ٣٠) .

جدول رقم (١ — ٣٠) وزن عينات الركام

المقاس الاعتبارى الأكبر (مم)	عدد نقط أخذ الركام	وزن كمية الركام المأخوذة عند كل نقطة (كيلو جرام)	وزن العينة الكلية (كيلو جرام)	وزن عينة الاختبار (كيلو جرام)
٣٨,١	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
٣٢	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
٢٥,٤	٢٠	١٠	٢٠٠	٥٠
١٩	٢٠	٥	١٠٠	٢٥
١٦	٢٠	٥	١٠٠	٢٥
٩,٥١	٢٠	٤	٨٠	٢٠
٤,٧٦	١٠	٤	٤٠	١٠

(حـ) الكمية الكلية للركام : (Main Sample of Aggregates)

تؤخذ عينة واحدة لكل ٥٠٠ م٣ من الركام إلا فى الحالات التى يكون فيها الركام مأخوذاً من محاجر معروفة الخواص فيجوز الاكتفاء بعينة واحدة بشرط ألا يكون هناك اختلاف واضح فى الركام المورد .

ويجب أن يذكر حجم كمية الركام الكلية المأخوذة منها العينة ويمكن تمثيل هذه الكمية بعينة واحدة إذا كان المطلوب معرفة خواص الركام أما إذا كان المطلوب الحصول على

معلومات خاصة تبين مدى اختلاف الركام فيجب تحضير بضع عينات تمثل كل عينة منها الركام المأخوذ على فترات محددة من الكمية الكلية مع مراعاة أن يكون عدد هذه النقط طبقا لما هو مبين بالجدول رقم (١ - ٣٠) .

(ﻫ) تعبئة عينات الاختبار :

يجب أن تكون الأوعية التى ترسل فيها عينات الركام لمعامل الاختبار متينة تتحمل أية ظروف سيئة أثناء الشحن كما يجب ألا يفقد أى جزء من الركام ، لا سيما المواد الناعمة .

ويتوقف نوع وعاء التعبئة على طريقة شحن عينة الاختبار وتستعمل الأكياس ذات النسيج المقوى المضموم أو الصناديق الخشبية المحكمة أو الاسطوانات المعدنية .

ويراعى فى حالة تعبئة الركام الصغير تبطين الأكياس والصناديق الخشبية بعدة طبقات من الورق . ويمكن استعمال الصناديق المصنوعة من الصفيح فى تعبئة الركام بشرط أن يكون غطاؤها محكما . كما قد يحتاج الأمر فى بعض الحالات تغليف هذه الصناديق بغلاف خشبى .

ويراعى ألا يتعدى وزن العبوة الواحدة لعينات الاختبار ٣٠ كيلو جراما وفى حالة زيادة وزن العينات المرسلة عن ذلك تقسم إلى عدة عبوات بحيث لا تزيد أى عبوة عن الوزن سالف الذكر كما يراعى تمييز كل عبوة بعلامة خاصة .

(و) بيانات عن الركام ترفق بعينات الاختبار .

يرفق بكل عبوة لعينات الاختبار اسم ووظيفة الشخص الذى قام بتحضير العينة وكذلك البيانات الآتية من مصدر الركام :

١ - اسم ومكان المنطقة .

٢ - اسم ومكان المحجر .

٣ - تحديد مكان أخذ الركام من المحجر .

٢ ــ التحليل بالمناخل للركام الكبير والركام الصغير
(Sieve Analysis of Coarse and Fine Aggregates)

(أ) الغرض :

١ ــ تحديد التوزيع الحجمى لحبيبات الركام الكبير والركام الصغير وذلك بطريقة التحليل بالمناخل القياسية مع توضيح التدرج الحبيبي للركام بيانياً ومقارنته بالحدود المبينة فى المواصفات القياسية لركام الخرسانة .

٢ ــ تحديد نسبة خلط الرمل والزلط الواجب استعمالها للحصول على ركام شامل ذى منحنى تدرج حبيبي معين .

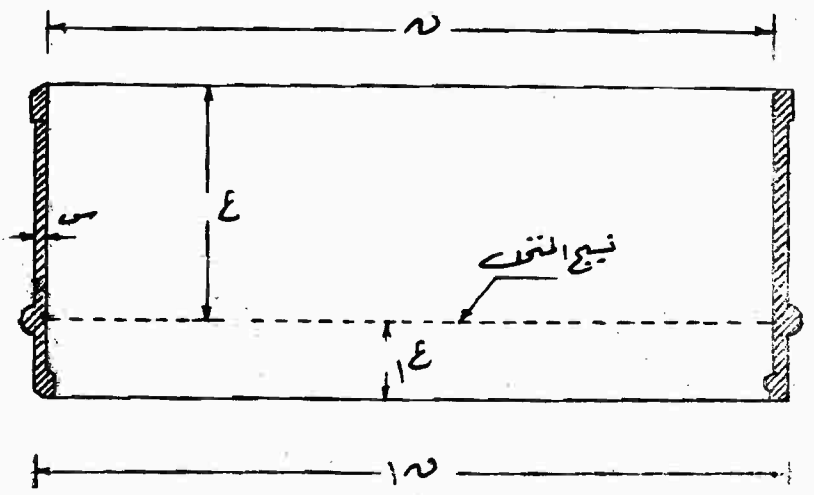
٣ ــ تحديد معايير النعومة لكل من الركام الكبير والصغير والشامل .

٤ ــ تحديد مدى صلاحية الركام وملاءمته للأعمال الخرسانية .

(ب) الأجهزة :

١ ــ مجموعة من المناخل القياسية لكل من الركام الكبير والركام الصغير والركام الشامل كالمبينة بالجدول رقم (١ - ٣١) .

٢ ــ ميزان حساس لا تقل حساسيته عن ٠,١ ٪ من وزن عينة الاختبار .



شكل رقم (١ ــ ٤٧)
قطاع رأسى فى هيكل المنخل القياسى

جدول رقم (١ — ٣١)

المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبي للركام

نوع الركام	المناخل القياسية (مم)
الركام الكبير	١ر٣٨ — ٣٢ — ٢٥ر٤ — ١٩ — ١٦ — ٩ر٥١ — ٤ر٧٦
الركام الصغير	٤٫٧٦ — ٢ر٨٣ — ١ر٤١ — ٠ر٧٠٧ — ٠ر٣٥٤ — ٠ر١٧٧
الركام الشامل	١ر٣٨ — ٣٢ — ٢٥ر٤ — ١٩ — ١٦ — ٩ر٥١ — ٤ر٧٦ — ٢ر٨٣ — ١ر١٠١ — ٠ر٧٠٧ — ٠ر٣٥٤ — ٠ر١٧٧

(ح) طريقة إجراء الاختبار :

تحضير عينة الركام اللازمة لهذا الاختبار بالأوزان المبينة بالجدول رقم (١ — ٣٢)

جدول رقم (١ — ٣٢)

أوزان عينات الركام لاختبار التدرج الحبيبي

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	٣٫٨١	٣٢	٢٥٫٤	١٩	١٦	٩٫٥١	٤٫٧٦
وزن العينة اللازمه للاختبار على وجه التقريب كجم	٢٠	٢٠	٢٠	١٠	١٠	٢٫٥	١٫٠
أقل وزن للعينة اللازمة للاختبار (كجم)	١٠	١٠	١٠	٥	٥	١٫٢٥	٠٫٥٠

وذلك من العينة المجهزة طبقاً لما هو مبين سابقاً ، ويكون ذلك بطريقة التقسيم الربعى يدوياً أو آلياً . ويراعى تجفيف العينة فى الهواء قبل وزنها أو إجراء تجربة النخل عليها ثم يجرى اختبار التدرج الحبيبي للركام كالآتى :

١ — توزن عينة الركام الجافة بدقة وليكن وزنها « و » .

٢ — تنخل العينة بعد ذلك على المناخل القياسية على التعاقب بحيث يبدأ النخل على المنخل الأكبر وينتهى بالمنخل الأصغر ويراعى أن تكون المناخل سليمة ونظيفة تماماً قبل استعمالها .

٣ — تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكيا أو يدويا مدة كافية بحيث لا يمر من أى منخل بعدها إلا آثار بسيطة مع مراعاة ألا تقل مدة النخل فى أية حال عن دقيقتين .

٤ — تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسياً أو أفقياً وذلك بهزه أماماً وخلفاً يمينا وشمالا وداترياً فى اتجاه عقرب الساعة وعكسه ، كما يحرك المنخل من وقت لآخر بحركة النفافية (Jarring action) حتى يتحرك الركام باستمرار فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل .

٥ — يراعى أثناء نخل الركام الكبير أن لا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد وفى حالة المناخل ١٩ مم أو أكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل .

٦ — يراعى أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكورات المتجمعة إن وجدت بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يراعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المنخل ١٧٧,٠ مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم إحداث أى ضغط على سطح هذا المنخل

٧ — توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حدة بالميزان الحساس سالف الذكر وليكن وزنها ا ، ب ، جـ ، د . . . إلخ .

٨ — يراعى عند إجراء النخل ألا تحمل أوجه المناخل بوزن كبير على أن لا تتعدى الكمية المحجوزة على مناخل الاختبار بعد انتهاء عملية النخل عن الأوزان المبينة بالجدول رقم (١ — ٣٣) .

جدول رقم (١ — ٣٣)

كمية الركام المحجوزة على المناخل القياسية لاختبار التدرج الحبيبى للركام

المنخل (مم)	٣٨,١	٣٢	٢٥,٤	١٩	١٦	٩,٥١
أكبر وزن للركام المحجوز (جرام)	٥٠٠٠	٤٠٠٠	٣٥٠٠	٣٠٠٠	١٠٠٠	٥٠٠
المنخل (مم)	٤,٧٦	٢,٨٣	١,٤١	٠,٧٠٧	٠,٣٥٤	٠,١٧٧
أكبر وزن للركام المحجوز (جرام)	٤٠٠	٢٠٠	١٠٠	٧٥	٥٠	٤٠

(د) النتيجة :

١ ــ تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز والنسبة المئوية المارة من كل منخل من الأوزان المحجـــوزة على كل منخل وذلك كما هو موضح بالمثال المبين بالجدول رقم (١ ــ ٣٤) .

جدول رقم (١ ــ ٣٤)

مثال يبين طريقة حساب النسبة المئوية المحجوزة والنسبة المئوية المارة فى اختبار التدرج الحبيبى للركام الكبير

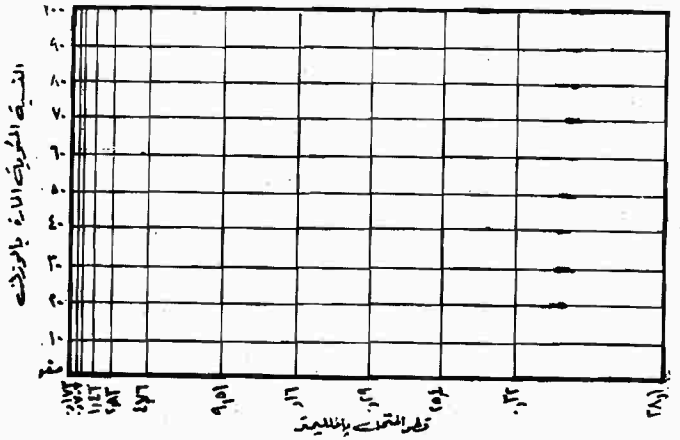
المنخل (مم)	الوزن المحجوز على كل منخل	الوزن الكلى المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية المحجوزة من الركام	النسب المئوية المارة من الركام
١ر٣٨	أ	أ	$\frac{أ}{و} \times ١٠٠$	$١٠٠ - \frac{أ}{و} \times ١٠٠$
١٩	ب	أ + ب	$\frac{أ+ب}{و} \times ١٠٠$	$١٠٠ - \frac{أ+ب}{و} \times ١٠٠$
٩ر٥١	جـ	أ + ب + جـ	$\frac{أ+ب+جـ}{و} \times ١٠٠$	$١٠٠ - \frac{أ+ب+جـ}{و} \times ١٠٠$
٤ر٧٦	د	أ + ب + جـ + د	$\frac{أ+ب+جـ+د}{و} \times ١٠٠$	$١٠٠ - \frac{أ+ب+جـ+د}{و} \times ١٠٠$

٢ ــ يمكن توضيح التدرج الحبيبى للركام بيانيا بواسطة منحنى إحداثياته الرأسية تمثل النسبة المئوية المارة من المنخل وإحداثياته الأفقية تمثل فتحات المناخل موقعة بمقياس رسم حسابى أو لوغاريتمى كما هو موضـــح بالشكلين رقم (١ ــ ٤٨) ورقم (١ ــ ٤٩) .

٣ ــ تحديد كمية الطين والمواد الناعمة بالركام الصغير

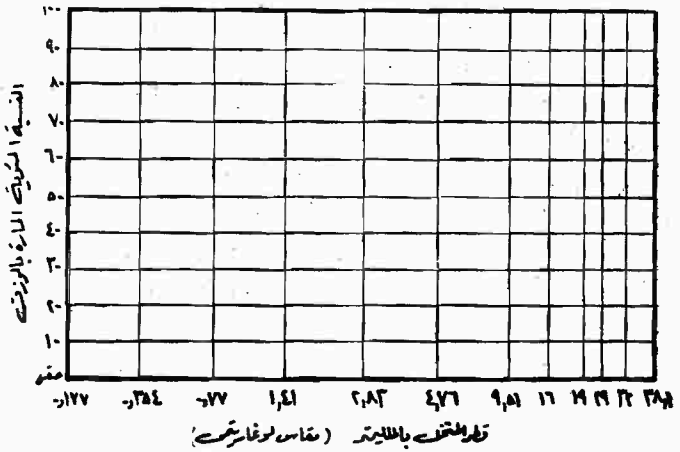
الغرض :

الغرض من إجراء هذا الاختبار هو تحديد كمية الطين والمواد الناعمة فى الرمل المختبر وذلك بطريقة المعمل وبطريقة موقع العمل .



شكل رقم (٤٨ـ ١)

لوحة الرسم البيانى للتدرج الحبيبى للركام بمقياس رسم حسابى لفتحات المناخل



شكل رقم (١ ـ ٤٩)

لوحة الرسم البيانى للتدرج الحبيبى للركام بمقياس رسم لوغاريتمى لفتحات المناخل

أولا : طريقة المنخل القياسى رقم ٢٠٠ .

يبين هذا الاختبار طريقة تحديد كمية الطين والمواد الناعمة بالركام والتى تمر من المنخل القياسى ٠٫٠٧٥ مم (رقم ٢٠٠) .

(ا) الأجهزة :

١ ــ منخلان قياسيان ٠٫٠٧٥ مم (رقم ٢٠٠ ، ١٫٢٥ مم (رقم ١٤) .

٢ — وعاء ذو غطاء محكم تكفى سعته لأن توضع به عينة الاختبار وتغطى بالماء ويسمح بالتقليب دون فقد أى جزء من المادة أو أى قطرة من الماء .

(ب) عينة الاختبار :

تكون العينة مخلوطة خلطاً جيداً ومحتوية على مقدار من الرطوبة يكفى لمنع انفصال الحبيبات عن بعضها البعض ويجب ألا يقل وزن عينة الاختبار بعد جفافها عن الأوزان المبينة بالجدول رقم (١ — ٣٥) .

جدول رقم (١ — ٣٥)

وزن عينة الركام لاختبار كمية الطين والمواد الناعمة

المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)	أقل وزن لعينة الاختبار بالكيلو جرام
٤,٧٦	٠,٥٠٠
٩,٥١	١,٥٠٠
١٩	٢,٥٠٠
٣٨,١	٥,٠٠٠

(ج) طريقة إجراء الاختبار :

تجفف عينة الاختبار عند درجة حرارة ١٠٠ — ١١٠°م إلى أن يثبت وزنها وليكن «ا» ثم توضع فى الوعاء المناسب وتغطى بالماء وتقلب بشدة ، وبعد ذلك يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين القياسيين ١,٢٥ مم ، ٠,٧٥ مم بحيث يكون المنخل ١,٢٥ مم هو الأعلى .

ويجب ان يكون التقليب من الشدة بحيث يسمح بفصل الحبيبات الناعمة التى تمر من المنخل ٠,٧٥ مم والتى تكون عالقة بالحبيبات الكبيرة مع مراعاة ما أمكن عدم السماح للحبيبات الكبيرة بالهبوط على المنخل مع ماء الغسيل وتكرر العملية على هذا النحو إلى أن يصبح ماء الغسيل رائقا ثم تعاد بعد ذلك المواد المحجوزة على المنخلين إلى الوعاء لتضاف الى العينة المغسولة . وبعد ذلك تجفف هذه الكمية عند درجة حرارة ١٠٠ — ١١٠°م إلى أن يثبت وزنها وليكن «ب» .

(ى) النتيجة :

النسبة المئوية لكميات الطين والمواد الناعمة المارة من المنخل القياسى ٠,٠٧٥ مم

$$= \frac{\text{ا} - \text{ب}}{\text{ا}} \times ١٠٠$$

وإذا أريد التحقق من النتيجة السابقة تبخر مياه الغسيل المارة من المنخل ٠,٠٧٥ مم لدرجة الجفاف أو ترشح ثم تجفف ويوزن الراسب وليكن « حـ » .

فتكون النسبة المئوية لكميات الطين والمواد الناعمة المارة من المنخل القياسى ٠,٠٧٥ مم

$$= \frac{\text{جـ}}{\text{ا}} \times ١٠٠$$

ثانيا : طريقة الترسيب بموقع العمل :

يمكن بهذه التجربة تحديد كمية الطين والمواد الناعمة بالرمل بطريقة تقريبية بموقع العمل ولا تطبق هذه الطريقة على رمال الأحجار المكسرة .

(ا) الجهاز :

مخبار مدرج سعته ٢٠٠ سنتيمتر مكعب

(ب) طريقة اجراء الاختبار :

يوضع ٥٠ سنتيمتر مكعب من الماء النقى فى المخبار المدرج ثم تضاف إليه عينة الرمل تدريجيا حتى تصل طبقة الرمل إلى علامة ١٠٠ سنتيمترا مكعبا ويضاف بعد ذلك الماء النقى حتى يصير الحجم الكلى للمخلوط ١٥٠ سنتيمترا مكعب .

ويرج المخلوط بشدة لدرجة تجعل حبيبات الطين الملتصقة بالرمل تنفصل بالماء ويوضع المخبار بعد ذلك على سطح مستو ثم يطرق طرقا خفيفا على جدار المخبار حتى تصبح طبقة الرمل مستوية السطح ويترك لمدة ثلاث ساعات .

(جـ) النتيجة :

تحسب النسبة المئوية لمقدار الطين والمواد الناعمة من ارتفاع الطبقة الراسبة على سطح الرمل بالنسبة لارتفاع الرمل بالمخبار أسفل الطبقة الراسبة .

٤ — كمية الشوائب العضوية بالركام الصغير

يقصد بهذا الاختبار الاستدلال عن كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمال الطبيعية بطريقة تقريبية . ويفيد الاختبار فى معرفة ما إذا كان هناك ضرورة لإجراء اختبارات أخرى على الرمال قبل البت فى قبولها .

(ا) الجهاز : عدد ٢ مخبار مدرج ذو غطاء زجاجى سعته ٣٠٠ سم٣وقطره حوالى ٥ سم .

(ب) طريقة إجراء الاختبار : يختبر الرمل بحالته المورد بها بدون عمل تجفيف له وذلك بأن يملأ المخبار المدرج بالرمل إلى علامة ١٠٠ سم٣ ثم يضاف إليه محلول ٣ ٪ أيدروكسيد الصوديوم حتى يصير حجم الرمل والمحلول بعد رجهما ١٥٠سم٣ ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجى وفى أثناء إجراء هذا الاختبار يحضر محلول قياسى فى مخبار مدرج سعته ٢٠٠ سم٣ يتكون من الآتى :

½ ٢ سم٣ من محلول ٢ ٪ حامض التنيك المذاب فى ١٠ ٪ كحول .

½ ٩٧ سم٣ من محلول ٣ ٪ أيدروكسيد الصوديوم .

ثم يغطى المخبار بغطائه الزجاجى ويرج بشدة ثم يترك لمدة ٢٤ ساعة .

(حـ) النتيجه : تقدر كمية الشوائب العضوية الموجودة بالرمل بمقارنة لون المحلول الموجود فوق الرمل بلون المحلول القياسى بعد مدة ٢٤ ساعة سالفة الذكر فإذا كان لون الرمل أفتح من لون المحلول القياسى اعتبر الرمل مقبولا حيث أن كمية ما به من الشوائب العضوية — إن وجدت — تعتبر عديمة التأثير ، أما إذا كان لون المحلول الموجود فوق الرمل أقتم من لون المحلول القياسى فيدل ذلك على احتواء الرمل على كمية ملحوظة من الشوائب العضوية وحينئذ لا يعتبر مقبولا إلا إذا أجريت عليه اختبارات أخرى تبين مدى الضرر الناتج من استخدامه. ويحسن أن يكون ذلك بإجراء اختبار مقاومة الضغط لخرسانة يستعمل فيها الرمل المختبر ومقارنة نتيجته بنتيجة اختبار مقاومة الضغط لخرسانة أخرى استعمل فيها رمل معروف بجودة خواصه .

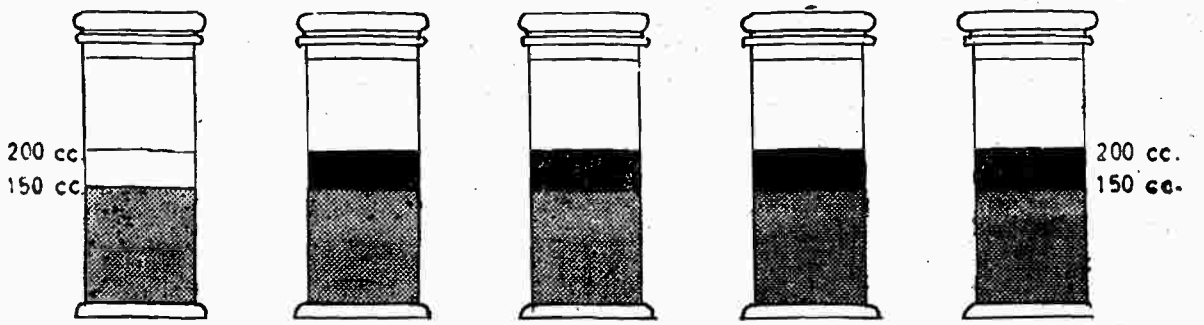
ويبين الشكل رقم (١ — ٥٠) درجات صلاحية الرمل المحتوى على شوائب عضوية فى الخرسانة تبعاً لمدى اللون القاتم أو الفاتح الموجود فوق الرمل بالنسبة إلى لون المحلول القياسى .

الشوائب العضوية فى رمال الخرسانة

ORGANIC IMPURTTIES IN SANDS FOR CONCRETE

معاملة الرمال بواسطة محلول ٣٪ من هيدروكسيد الصوديوم والنتائج لهذه الألوان ومدى التطبيقات المقترحة

Sands treated with 3 % solution of sodium hydroxide — resulting colours and suggested ranges of application.



شكل رقم (١ — ٥٠)

٥ ـ الوزن النوعى الظاهرى للركام

(ا) تعريف :

الوزن النوعى الظاهرى للركام الصغير أو الركام الكبير هو ناتج قسمة وزن الركام على وزن الماء المساوى له فى الحجم (وزن الماء المزاح) .

(ب) طريقة إجراء الاختبار :

١ ـ تغسل عينة الاختبار من الركام الصغير أو الركام الكبير لإزالة الأتربة منها ثم تجفف فى فرن مهوى درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠ ـ ١١٠° مئوية ، ثم تبرد العينة فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلى أن يثبت الوزن . وليكن هذا الوزن (ا) .

٢ ـ فى حالة الركام الصغير يسكب ماء درجة حرارته بين ١٥° ، ٢٥° مئوية فى قنينة الوزن النوعى بحيث يعلو إلى أى علامة مناسبة على الجزء المدرج من القنينة ثم يضاف الركام الصغير (ا) إلى داخل القنينة ويترك مغموراً لمدة ساعة ويجب إزالة فقاقيع الهواء الموجود وذلك بطرق القنينة طرقاً خفيفاً فوق قطعة من اللباد أو بأى طريقة أخرى كما يجب اتخاذ الحيطة لضمان بقاء جدار الجزء المدرج من القنينة جافاً ثم يعين حجم الركام الصغير من الفرق بين القراءة الأولى للماء على الجزء المدرج والقراءة الثانية بعد ساعة من إضافة الركام الصغير وليكن هذا الحجم «ب» .

وفى حالة الركام الكبير تصب كمية معلومة الحجم من الماء فى وعاء معلوم حجمه وليكن «ب» إلى ما يقرب من منتصفه ثم تضاف كمية من الركام الكبير الجاف ذات وزن معلوم «ا» لتملأ نصف الوعاء تقريباً . ويترك الركام الكبير مغموراً فى الماء لمدة ساعة ويزال الهواء المحبوس بتقليب الماء بعناية بواسطة قضيب ثم تضاف كمية أخرى من الماء إلى أن يمتلىء الوعاء تماماً . ثم يعين حجم الماء المستعمل جميعه وليكن «جـ» .

(جـ) النتيجة :

١ ـ الوزن النوعى الظاهرى للركام الصغير $= \frac{أ}{ب}$

٢ ـ الوزن النوعى الظاهرى للركام الكبير $= \frac{أ}{ب - جـ}$

ملاحظة : يبين الجدول رقم (١ ـ ٣٦) الوزن النوعى الظاهرى بالتقريب لأنواع مختلفة من الركام .

جدول رقم (١ — ٣٦) الوزن النوعى الظاهرى للركام

نوع الركام	حدود الوزن النوعى الظاهرى طن/م٣
الرمل	٢٫٥٠ — ٢٫٧٥
الزلط	٢٫٥٠ — ٢٫٧٥
الحجر الجيرى الصلد	٢٫٦٠ — ٢٫٧٠
الجرانيت	٢٫٦٠ — ٢٫٨٠
البازلت	٢٫٦٠ — ٢٫٨٠

٦ ـ الوزن الحجمى والنسبة المئوية للفراغات للركام

(ا) الغرض :

الغرض من هذا الاختبار هو معرفة وزن المتر المكعب لكل من الرمل المكبوس (المدموك) والزلط

(ب) عينة الاختبار :

الرمل : تحضر عينة من الرمل وزنها حوالى خمسة كيلو جرام (٥ كجم) .

الزلط : تحضر عينة من الزلط وزنها حوالى خمسة وعشرين كيلو جرام (٢٥ كجم)

(حـ) تعريف: الوزن الحجمى للركام المكبوس أو غيره هو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذى يشغله هذا الركام .

(ء) الأجهزة : يحتاج إجراء التجربة إلى الأجهزة التالية :

١ — وعاء معدنى إسطوانى الشكل ذو مقابض تكون سمته ومقاساته كما هو مبين بالجدول رقم (١ — ٣٧) ويجب أن يكون الوعاء مشكلا بحيث تكون مقاساته الداخلية مضبوطة كما يجب أن يكون متيناً حتى يحتفظ بشكله مع الاستعمال المتكرر .

٢ — قضيب كبس معدنى مستقيم بقطر حوالى ١٥ ملليمترا وطوله لا يقل عن ٥٠ سنتيمتراً وأن يكون أحد طرفيه على شكل مخروطى بنهاية مستديرة طوله ٢٥ ملليمتراً .

٣ — ميزان حساسيته ٠٫٥ ٪ من وزن عينة الاختبار .

ويجب التحقق من سعة الوعاء وذلك بتعيين وزن الماء الذى يملؤه تماماً عند درجة حرارة ٢٠°م .

جدول رقم (١ — ٣٧) أبعاد أوعية اختبار الوزن الحجمى والفراغات للركام

الحجم الاكبر للركام (مم)	سعة الوعاء (لترا)	أبعاد الوعاء		
		القطر الداخلى (مم)	الارتفاع الداخلى (مم)	سمك الجدار (مم)
٣٨,١	٣٠	٣٦٠	٢٩٣,٦	٥,٤
أقل من ٣٨,١ لغاية ٤,٧٦	١٥	٢٦٠	٢٨٢,٤	٤,١
٤,٧٦	٣	١٥٥	١٥٨,٩	٣

(ج) حالة عينة الاختبار .

يجرى الاختبار عامة على ركام جاف كما يمكن إجراؤه على ركام يحتوى على أى نسبة مئوية من الرطوبة . وتحدد حالة الركام وقت إجراء الاختبار كما يأتى :

١ — ركام مجفف بالفرن .

٢ — ركام متشبع وسطحه جاف .

٣ — ركام به نسبة مئوية محددة من الرطوبة .

(د) طريقة إجراء الاختبار .

١ — تحدد سعة الوعاء حسب المقاس الاعتبارى الأكبر للركام ولتكن (ا) .

٢ — يوزن هذا الوعاء فارغا وجافا ونظيفاً

٣ — يملأ الوعاء بالركام المكبوس أو غير المكبوس كما يلى :

أولا : المكبوس :

يملأ الوعاء المعلوم سعته الحقيقية (ا) لثلثه بالركام المخلوط خلطاً جيداً ويكبس بقضيب الكبس ٢٥ مرة ثم يضاف مقـــدار آخر مساو له فى الكمية ويدك ٢٥ مرة أخرى وبعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته ويدك ٢٥ مرة ثالثة ثم تزال الزيادة باستعمال قضيب الكبس كمسطرة تسوية .

ثانياً : الركام غير المكبوس :

يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد عن ٥ سنتيمترات

فوق الوعاء . ويجب اتخاذ العناية الكافية ما أمكن لمنع انفصال الأحجام المختلفة المكونة لعينة الاختبـــار ثم يزال الركام الزائد عن سعة الوعاء باستعمال قضيب الدك كمسطرة تسوية .

٤ ــ يعين الوزن الصافى الذى يملأ الوعاء وليكن (ب) .

(و) النتيجة .

١ ــ الوزن الحجمى للركام = $\frac{ب}{أ}$

حيث ب = الوزن الصافى للركام .

أ = سعة الوعاء الحقيقية .

ثم يحتسب من ذلك وزن المتر المكعب للركام بالكيلو جرام كما يجب أن يعين الوزن الحجمى للركام عن طريق إجراء ثلاثة اختبارات على الأقل بحيث يجـــب ألا يتعدى تغيير نتائج تلك الاختبارات عن + ١ ٪

٢ ــ النسبة المئوية للفراغات . $\frac{١٠٠٠ ن - ح}{١٠٠٠ د} \times ١٠٠$

حيث ن = الوزن النوعى الظاهرى كما هو مبين سابقاً .

ح = الوزن الحجمى بالكيلو جرام /م٣ كما هو مبين فى هذا الاختبار .

ملاحظة : يبين الجدول رقم (١ ــ ٣٨) الوزن الحجمى التقريبى لركام المكبوس الجاف لأنواع مختلفة من الركام :

جدول رقم (١ ــ ٣٨) وزن المتر المكعب من الركام

نوع الركام	حدود وزن المتر المكعب طن /م٣
الرمل	١,٥٠٠ ــ ١,٨٥٠
الزلط	١,٦٠٠ ــ ١,٨٠٠
الركام الشامل (رمل وزلط)	١,٧٠٠ ــ ٢,٠٠٠
كسر الحجر (الحجر الجيرى والجرانيت والبازلت)	١,٥٠٠ ــ ٢,٠٠٠

٧ — امتصاص الركام الكبير للماء

الغرض :

الغرض من إجراء هذا الاختبار هو تحديد النسبة المئوية لامتصاص الأنواع المختلفة من الركام للماء .

(ا) تعريف :

النسبة المئوية لامتصاص الركام للماء هى النسبة المئوية للزيادة فى وزن الركام بعد غمره فى الماء لمدة ٢٤ ساعة .

(ب) طريقة إجراء الاختبار :

١ — تؤخذ عينة من الركام تزن ٣ كيلوجرامات تقريباً إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام ١٠ مم أو أكثر، وكيلو جراما واحدا على وجه التقريب إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أقل من ١٠ مم .

٢ — تجفف عينة الاختبار فى فرن مهوى حرارته ١٠٠ — ١١٠° مئوية إلى أن يثبت وزنها وليكن « ا » .

٣ — يغمر الركام بعد ذلك فى ماء نقى حرارته ١٥ — ٢٥° درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة ويلاحظ إزالة فقاقيع الهواء التى تظهر على سطح الركام بالتقليب البسيط للركام.

٤ — يؤخذ الركام من الماء ويجفف للماء الظاهر على سطحه بسرعة بقطعة رطبة من القماش ثم توزن فى الحال عينة الركام ذات السطح الجاف ولتكن « ب » .

(حـ) النتيجة :

تكون النسبة المئوية لامتصاص الركام للماء :

$$= \frac{\text{ب} - \text{ا}}{\text{ا}} \times ١٠٠$$

ملاحظة : يبين الجدول رقم (١ — ٣٩) النسب التقريبية لامتصاص بعض أنواع الركام للماء .

جدول رقم (١ — ٢٩) النسبة المئوية لامتصاص الركام للماء

نوع الركام	النسبة المئوية للامتصاص بالوزن
الرمل	٠,٥ — ٢
الزلط	٠,٥ — ١
كسر الحجر الجيرى الصلد	٠,٥ — ٢
كسر حجر الجرانيت	صفر — ٠,٥
كسر حجر البازلت	صفر — ٠,٥

٨ — تأثير الرطوبة على الركام الصغير (الزيادة الحجمية)

(أ) الغرض :

الغرض من هذا الاختبار توضيح أن وجود الرطوبة بالرمل الجاف ثم تقليبه يعملان على زيادة حجمه كما يبين كمية الزيادة العظمى فى الحجم والنسبة المئوية للماء المناظرة لهذه الزيادة . ومن الاختبار يمكن توقيع منحنى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للماء المضاف والزيادة المقابلة فى حجم الرمل .

(ب) عينة الاختبار :

يؤخذ حوالى ٢٠٠٠ جرام من الرمل الجاف .

(جـ) الأجهزة :

— وعاء أسطوانى نحاسى سعته لتر واحد .

— لوح غير مسامى وعدد ٢ مخبار مدرج زجاجى سعة ١٠٠٠ سم ٣ .

(د) طريقة إجراء الاختبار :

١ — يملأ الوعاء بالرمل الجاف ويكبس جزئيا ثم يعين وزن الرمل الجاف .

٢ — يسكب الرمل من الوعاء على اللوح غير المسامى ويضاف إليه الماء بمقدار ١٪ من وزن الرمل الجاف .

٣ — يقلب الرمل حتى يصبح متجانسا .

٤ ــ يعاد ملء الوعاء بالرمل الرطب ويكبس جزئيا بنفس الطريقة عندما كان الرمل جافا ويسوى سطح الرمل ويوضع الرمل الزائد فى مخبار مدرج ويعين حجم هذه الزيادة .

٥ ــ تكرر هذه العملية على أن تكون النسب المئوية للماء المضاف كما يلى :

٢ ٪ - ٤ ٪ - ٦٪ - ٨ ٪ - ١٠ ٪ - ١٢٪ - ١٦ ٪ - ٢٠٪ - ٢٢٪ - ٢٤ ٪ - ٢٦ ٪

ثم تدون نتائج الاختبار فى جدول يبين به النسبة المئوية للماء المضاف والزيادة المناظرة فى حجم الرمل .

ويرسم المنحنى البيانى الذى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للزيادة فى الحجم والنسبة المئوية للماء المضاف .

٩ ــ مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والبرى

(أ) الغرض :

الغرض من إجراء هذا الاختبار هو تحديد معامل مقاومة الركام المراد اختباره للاحتكاك والذى يعتبر من وسائل المقاومة بين الركام المختلف من حيث المقاومة للبرى والاحتكاك .

(ب) عينة الاختبار :

تكون عينة الاختبار على شكل إسطوانة قطرها ٣ سم وارتفاعها ٣ سم وذلك بعد تجهيزها وقطعها من قطعة من الركام الكبير أبعادها ٨ × ٤ × ٤ سم .

(حـ) تعريف : تحديد مقاومة الركام الكبير للاحتكاك بتعيين معامل مقاومته للاحتكاك وذلك من المعادلة الآتية :

$$\text{معامل مقاومة الركام للاحتكاك} = ٢٠ - \frac{\text{الفاقد فى الوزن}}{٣}$$

حيث تكون قيمة الفاقد فى الوزن هى متوسط وزن المفقود من تعريض الركام الكبير للاحتكاك طبقاً لما هو مبين فيما بعد .

(د) الأجهزة :

١ ــ مكنة اختبار للاحتكاك تشتمل على :

ـ قرص معدنى يلف فى مستوى أفقى حول محور رأسى .
ـ قوابض خاصة لتثبيت عينات الركام المختبرة تلف فى مستوى أفقى فى اتجاه عكسى للقرص المعدنى بشرط أن يكون محور العينة رأسيا مع جعل سطحها الأسفل مضغوطا بضغط معلوم على سطح مكنة الاختبار .
ـ قمع مناسب لسكب الرمل باستمرار فوق القرص أمام كل قابض .

٢ ـ ميزان حساس .

(هـ) تحضير عينة الاختبار :

تشكل عينة الاختبار بالثقب والنشر والتجليخ من قطعة من الركام الكبير أبعادها حوالى ٨ × ٤ × ٤ سم وتجهز منها قطعتا اختبار لكل تجربة على هيئة أسطوانة قطرها ٢٥ ± ٠,٥ مم وارتفاعها ٢٥ ± ١,٠ مم ويراعى أن يكون سطحا وجهيها مستويين ومتعامدين مع محورها وفى حالة وجود مستوى ضعف بالركام الكبير تجهز عينتا اختبار احداهما محورها موازٍ لمستوى الضعف والأخرى محورها عمودى على هذا المستوى .

(و) مادة الاحتكاك :

تكون مادة الاحتكاك فى هذه التجربة عبارة عن رمل جاف يمر من المنخل ٠,٦ ويبقى على المنخل القياسى ٠,٤٥ مم ويراعى ألا يكون هذا الرمل قد استعمل من قبل فى هذه التجربة أو فى أى تجربة أخرى .

(ز) طريقة إجراء الاختبار :

١ ـ تجفف قطعة الاختبار لمدة أربع ساعات فى فرن مهوى درجة حرارته ١٠٠ ـ ١١٠م° .

٢ ـ تثبت قطعتا الاختبار فى قابض المكنة ويوزن كل قابض على حدة وبه عينة الاختبار وليكن وزنة ا .

٣ ـ تثبت القوابض فى مكنة الاختبار على أن يكون سطح عينة الاختبار ملتصقا على قرص مكنة الاختبار بضغط قدره ١٢٥٠ جم .

٤ ـ يدار قرص المكنة ألف دورة بسرعة من ٢٨ إلى ٣٠ دورة فى الدقيقة على

أن يسكب الرمل باستمرار فوق القرص من القمع الموضوع أمام كل قطعة من قطعتى الاختبار .

٥ ــ يراعى أن يزال الرمل المستعمل بعد مروره من تحت قطعة الاختبار مباشرة حتى لا يستعمل مرة أخرى .

٦ ــ يوزن كل قابض وبه قطعة الاختبار بعد إتمام الدورات سالفة الذكر بالميزان الحساس وليكن وزنه ب .

٧ ــ يحسب الفاقد فى وزن قطعة الاختبار نتيجة للاحتكاك (ا ــ ب) .

(ج) النتيجة :

$$\text{معامل مقاومة الركام للاحتكاك} = ٢٠ - \frac{\text{الفاقد فى الوزن}}{٣}$$

$$= ٢٠ - \frac{(ا - ب)}{٣}$$

ملاحظة : تعمل هذه التجربة لمقارنة نوعين من الركام الكبير من وجهة المقاومة للاحتكاك ويعتبر الركام الأصلد هو الذى له معامل احتكاك أكبر .

١٠ ــ مقاومة الركام الكبير للتهشيم

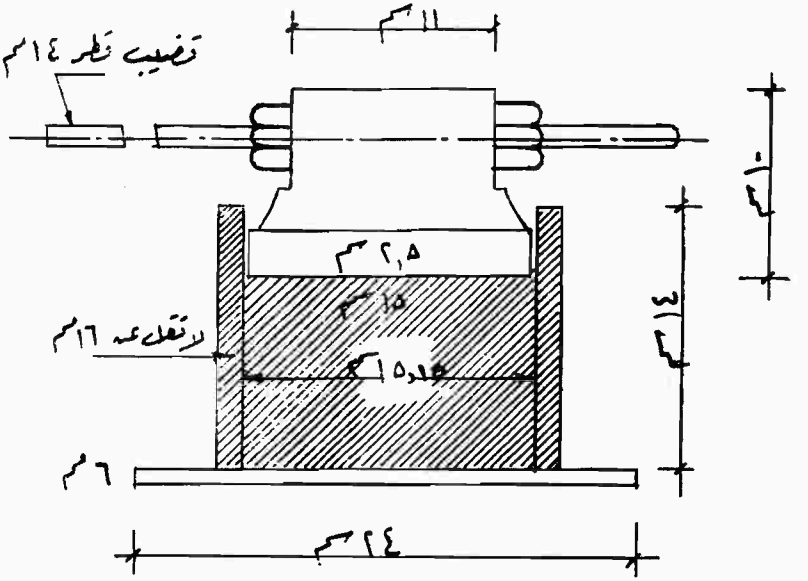
(ا) تعريف : تحدد مقاومة الركام الكبير للتهشيم بتعيين معامل التهشيم وهو النسبة المئوية بالوزن المارة من المنخل القياسى ٢,٥ مم (منخل رقم ٧) وذلك بعد تعريض عينة الاختبار لضغط قدره أربعون طناً بالطريقة المبينة فيما بعد .

(ب) الأجهزة :

١ ــ مكيال إسطوانى معدنى قطره الداخلى ١٢ سم وارتفاعه الداخلى ١٨ سم ويراعى أن يكون هذا المكيال ذا صلابة كافية تمكنه من الاحتفاظ بشكله تحت ظروف الاستعمال .

٢ ــ قضيب معدنى مستقيم ملفز قطاعه مستدير بقطر ١,٥ سم وطوله ٦٠ سم بطرف مدبب مستدير .

٣ ــ أسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب كما بالشكل رقم (١ ــ ٥١) ويجب أن يكون السطح الداخلى للأسطوانة مخروطا ومصلداً .



شكل رقم (١ — ٥١) جهاز تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم

٤ — ميزان حساس قدرته لا تقل عن ٣٠٠٠ جم وحساسيته ± ١ جرام .

٥ — منخلان قياسيان ١٦ مم ، ٩,٥١ مم .

٦ — مكنة اختبار للضغط تعطى ضغطا قدره ٤٠ طنا بدقة فى حدود ± ½ طن وبمعدل منتظم قدره ٤ طن فى الدقيقة .

(ح) تحضير عينة الاختبار :

تحضر عينة الركام المستعملة فى هذا الاختبار كالآتى :

١ — ينخل الركام على المنخلين القياسيين ١٦ مم ، ٩,٥١ مم على التعاقب ويستعمل الركام المار من المنخل ١٦ مم والمحجوز على المنخل ٩,٥١ مم فى إجراء الاختبار .

٢ — يملأ المكيال إلى ثلثه بالركام المذكور ويغز بقضيب الغز ٣٥ مرة ثم توضع به كمية أخرى مماثلة من الركام وتغز ٣٥ مرة أخرى ثم يملأ المكيال لمستوى أعلى من سطحه ويغز ٣٥ مرة ثم يزال الركام الزائد عن سعة المكيال بتسوية سطحه بقضيب الغز . وتكون كمية الركام التى يحتويها المكيال حينئذ هى عينة الاختبار .

٣ — تجفف عينة الاختبار بتفريغها من المكيال فى وعاء مسطح غير عميق يوضع

بعد ذلك فى فرن مهوى درجة حرارته ١٠٠ — ١١٠ درجة مئوية لمدة ٤ ساعات ثم يبرد الركام ويوزن وليكن وزنه (ا)

(د) طريقة إجراء الاختبار :

١ — توضع الاسطوانة الصلب المفتوحة فى مكانها على القاعدة .

٢ — يوضع ركام عينة الاختبار فى الاناء المذكور على ثلاث دفعات متساوية تقريباً وتنز كل دفعة ٢٥ مرة بواسطة قضيب الغز ثم يسوى سطح الركام فى الاسطوانة ويوضع فوقه المكبس الصلب .

ويراعى عدم حشر المكبس فى الاسطوانة وكذلك رفع ذراعيه قبل التحميل لاحتمال هبوطها واصطدامها بأعلى الاسطوانة فى حالة الركام الخشن .

٣ — توضع الأسطوانة والقاعدة والمكبس بما تحويه من الركام فى مكنه اختبار الضغط ثم يحمل المكبس تدريجيا بحمل معدله ٤ طن فى الدقيقة حتى يصل حمل الضغط ٤٠ طنا ثم يرفع الحمل بعد ذلك .

٤ — يرفع الركام بعد ذلك من الأسطوانة وينخل على المنخل القياسى ٢,٨٣ مم يعين وزن الركام المار من هذا المنخل وليكن وزنه «ب» .

٥ — يعاد هذا الاختبار على عينة أخرى .

٦ — يجب مراعاة عـــدم فقد أية كمية من الركام الناعم فى أية خطوة من خطوات الاختبار .

(هـ) النتيجة :

١ — يحسب لكل اختبار من الاختبارين المذكورين معامل التهشيم للركام الكبير كالآتى

$$\text{معامل التهشيم} = \frac{\text{ب}}{\text{ا}} \times ١٠٠$$

٢ — يكون معامل التهشيم للركام الكبير المختبر هو متوسط نتيجتى الاختبارين .