تأثير تدرج وشكل الركام على مقاومة الخرسانة

مقدم من قبل

م.. عبدالله محمد عنصيل الساعدي

مهندس مدني

وباحث في مجال الهندسة والعلوم

نرجوا ان تعم الفائدة

وشكراً

الفصل الأول

المقدمة

1.1 مقدمة:

الركام هو مادة حبيبية خامدة مثل الرمل والحصى والصخور المسحوقه وهى تشكل مع الماء والاسمنت المكونات الاساسية للخرسانة. من اجل خلطة خرسانة ذات جودة عالية يجب ان يكون الركام نظيف وصلب وقوي وان تكون جزئيات الركام خالية من اي كيماويات ممتصة او مغطى باي نوع من انواع الطين او اي نوع من انواع المواد الدقيقة التي من الممكن ان تساهم في تدهور حالة وجودة الخرسانة.

الركام يمكن ان يتم تقسيمه الى صنفين، الركام الناعم والركام الخشن، الركام الناعم بشكل عام يتكون من ا لرمل الطبيعي أو الصخور المسحوقه يشكل الحصى أغلبية حجم الركام الخشن بينما يشكل الصخر المسحوق باقي الكمية المستخدمة في الخلطة، الحصى الطبيعي والرمل عادة يتم الحصول عليهم من الحفر او جرف قيعان الانهار او البحيران او البحر، الركام المسحوق يتم انتاجه بسحق الصخور والحصى الكبير والاحجار.

الخرسانة معادة التصنيع تكون ايضا فعالة في الحصول على ركام ويتم استخدامه بشكل مرضي في الخرسانة الجديدة، عملية إنتاج الركام تتضمن عمليات السحق والغربلة والغسل للحصول على ركام نظيف ومتدرج الاحجام.

وفي حالة الضرورة يتم تطبيق مرحلة التحسين وذلك بهز الركام لفصل المواد الغريبة عن الركام والرقي بجودة الركام، بمجرد الانتهاء من العمليات السابقة تتم معالجة الركام وتخزينه لمنع تلوثه او تفريق تدرجه او القضاء على هذا التدرج بأن تتجمع الكتل الكبيرة وحدها بعيدا عن الكتل الصغيرة.

الركام بشكل كبير يؤثر على جودة عملية خلط الخرسانة الطازجة وعلى صفات التصلب الخاصة بالخرسانة ويؤثر على نسب الخلط بالاضافة الى التكلفة الاقتصادية للخرسانة ،وكنتيجة لذلك فا ن اختيار الركام هو عملية مهمة للغاية.

الفصل الثاني

الخلطة الخرسانية والركام

1.2 مقدمة عن الخرسانة :

الخرسانة مادة تتكون من مواد طبيعية معظمها موجود فى البيئة المحلية أو على مسافة قريبة منها وتتميز بقدرة عالية تحمل الضغط ولكن العيب الأساسى فيها أن قدرتها على تحمل الشد ضعيفة . فإذا أضفنا إليها حديد التسليح يكون الناتج – الخرسانة المسلحة . وهى تجمع مزايا الخرسانة والحديد مثل –1) رخص الثمن (نسبياً) – 2) مقاومة العوامل الجوية والحريق – 3) مقاومة عالية للضغط بالإضافة إلى 4) القدرة على أخذ أشكال عديدة..

2.2 الخلطة الخرسانية:

بما يتفق مع Proportioning تصميم الخلطات الخرسانية يعنى تحديد القيم النسبية لمكوناتها المتطلبات المرغوبة لعمل معين. ويكون ذلك بإستخدام نسب ثُبتت فاعليتها من الخبرة وتسمى وقد يكون بطرق حسابية مبنية على أساس فنى Empirical Proportioning بالنسبة الوضعية تتضمن خواص المواد المستخدمة والخواص المطلوبة فى الخرسانة المتصلدة (مثل مدى المقاومة للأحمال أو المقاومة للبرى) والإشتراطات التى تتطلبها خطوات صناعة الخرسانة مثل لسطح الخرسانةFinishing والتسوية النهائية (التشطيب Placing السهولة المناسبة للصب

وذلك مع مراعاة التكاليف الإقتصادية حسب نوع العمل الإنشائى المطلوب. وهذه الطرق لنحصل منها على Available Materials الحسابية تهدف الى إستخدام المواد الموجودة Required خرسانة ذات خواص مطلوبة فى الحالتين الطازجة والمتصلدة وذلك بأقل التكاليف ويمكن إعتبار أن مقاومة الخرسانة للضغط تبين مدى جودة Qualities at Minimum Cost عن مدى جودة الخرسانة الطازجة. Slump الخرسانة المتصلدة كما تعبر قيمة الهبوط Quality ويعتبر تحديد نسب الخلطة الخرسانية من أهم العوامل التى تؤثر على جودة الخرسانة وعلى إقتصاديات المشروع. فمن الممكن الحصول على خرسانات متباينة فى جودتها وثمنها بالرغم أن جميعها تتكون من نفس المواد. ويعتمد الإقتصاد النسبى للخلطات الخرسانية على أثمان مكوناتها وعلى أجور العمال وتكاليف النقل لتلك المكونات. ويعتبر الأسمنت أحد المكونات الأساسية للخرسانة والذى تؤثر نسبة وجوده فى الخلطة تأثيراً كبيراً على تكاليفها نظراً لغلو ثمنه بالنسبة لباقى المكونات.

3.2 مكونات الخلطة الخرسانية

تتكون الخرسانة من حبيبات صخرية (الركام) متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هى عجينة الأسمنت .

تتكون الخلطة الخرسانية من الأسمنت والركام والرمل وفي بعض الاحيان يتم إحلال الجير إحلالا جزئيا محل الاسمنت وفي بعض الخلطات الخرسانية يستخدم نوع من الاضافات لتحسين او اعطاء خواص معينة للخرسانة

1.3.2 الاسمنت

الاسمنت هو المادة التي لها خاصية التماسك و التلاصق بوجود الماء والتي تمكن من ربط جزيئات الركام ومواد البناء لتكون كتلة متكاملة والاسمنت انواع متعددة ومتنوعة وان كانت جميعها تتفق في تواجد بعض المكونات مثل الجير الحر والالومنيوم وأكسيد الحديد والسليكا وبنسب متفاوتة ويعتبر الاسمنت من اهم المواد الانشائية حين انة له أهمية كبيرة في

العمليات الانشائيةحيث يستخدم في صناعة الخرسانة بأنواعها المختلفة وذلك لأنشاء المباني والاساسات والهياكل والكباري وخزانات المياة والسدود واغراض متعددة اخرى

الاسمنت البورتلاندي :

هو المادة الناتجة من طحن وتنعيم المواد الجيرية وكذلك الطينة التي تحتوي على الالومنيا واكأسيد الحديد والسليكا لدرجة حرارة معينة تتكون عندها الكلنكر على ان تكون هذة المواد مخلوطة خلطا جيدا وبنسب معينة قبل عملية الحرق

يحتوي الكلنكر على اربع مركبات أساسية رئيسة هي

المركب	الرمز الكيميائي	نسبتة في الاسمنت البورتلاندي
ثالث سيليكات الكالسيوم	C3s	%55 – 40
ثاني سيليكات الكالسيوم	C_{2S}	%35 – 20
ثالث الومينات الكالسيوم	C3A	%11 – 9
رابع الومينات حديد الكالسيوم	C4AF	%11 – 5

1.1.3.2 انواع الاسمنت البورتلانديtypes ofportlan cement

*** الاسمنت البورتلاندي العادي**

يستخدم في الانشاءات الخرسانية البسيطة

***- الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب**

الخرسانة المصنوعه من هذا النوع تتحمل الاجهادات المبكرة وتصل الي درجة كبيرة من مقاومتها خلال 24 ساعة الاولى وتصل الي كل مقاومتها بعد 3 ايام ،ويستعمل في المناطق الباردة وفي أعمال الإصلاحات السريعة

***الاسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة**

يستعمل هذا النوع في الاجواء الحارة وفي الخرسانية وفي انشاءات السدود ودعامات الكباري

***الاسمنت البورتلاندي الابيض**

ويرجع لونة الي قلة نسبة اكاسيد الحديدة، ويستعمل للاغراض المعمارية والاعمال الصحية وفي اعمال البلاط

***الاسمنت البورتلاندي خبث الافران العالية "الاسمنت الحديدي"**

يستعمل في المنشأت الخرسانية الموجودة في مياة البحر وذلك لإحتواءه على نسبة اقل من اكسيد الكالسيوم ونسبة اعلى من السليكا

***الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات**

يستعمل في المنشأت الخرسانية المعرضة لمياة البحر "المياة التي تحتوي على املاح الكبريتات بصفة عامة "

وكذلك عندما تكون التربة عند الاساسات تحتوي على نسبة عالية من الكبريتات

***الاسمنت البورتلاندي أبار البترول**

يتميز هذا النوع من الاسمنت ببطء في حرارة الاماهة ويكون اخشن من الانواع الاخرى وتكون نعومتة 2000-1500 جم/سم^{2}ويحتوي على نسبة عالية من ثاني سيليكات الكالسيوم بالمقارنة مع ثالث سيليكات الكالسيوم

2.1.3.2 انواع الاسمنت الغير بورتلاندي

***الاسمنت عالي الالومنيا**

يستخدم هذا النوع في الاجواء البارده لأنة يفقد مقاومتة في الحرارة العالية

***الاسمنت الطبيعي**

يستخدم في ملئ المباني ذات القطاعات الضخمة

3.1.3.2 اماهة الاسمنت

هي التفاعل الكيميائي للاسمنت والماء معا بهدف الوصول الي العجينة التي تشك وتتصلد بفعل تفاعلات وعمليات الاماهة والتي بعد تصلدها تحتفظ بقوتها ،والظواهر الاساسية الهامة في التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء هي :

التغير في المادة : لمعرفة العناصر المتكونة عند تفاعل الاسمنت ، لان الاسمنت في ذاتة لايمثل مادة اسمنتية ولكن المتانة المكتونة بعد عملية الاماهة هي الهدف الاساسي من الاسمنت

التغير في الطاقة : لمعرفة كمية الحرارة المنبعثة لأهميتها حيث ان هذا الحرارة قد تكون ضارة او نافعة

سرعة التفاعل : لتحديد الزمن اللازم للشك والتصلد

***حرارة الاماهة**

يصاحب التفاعلات الكيمايئية التي تحدث عند الشك والتصلب ،حرارة منبعثة تتوفق كميتها على الكمية النسبية لمركبات الاسمنت الرئيسة

4.1.3.2 خواص الاسمنت

من الضروري معرفة خواص الاسمنت الميكانيكية والطبيعية والتي تهم صناعة والتي بموجبها يتم الحكم على مطابقة هذا الاسمنت لمتطلبات المواصفات العالمية ومن هذا الخصائص

1- القوام

يعرف بانة نسبة الماء الي الاسمنت w/c اللازمة لعمل عجينة الاسمنت ذات قوام قياسي حيث تكمن اهمية نسبة الماء التي تنتج القوام القياسي بأستخدامها في تحديد بعض الخواص الاخرى مثل زمن الشك وخاصية ثبات الحجم وهو مقياس لمدى قابلية التشغيل للعجينة الاسمنتية ويقاس القوام بجهاز يسمى فيكات

2- نعومة الاسمنت

تؤثر نعومة حبيبات الاسمنت على معدل ومدى تفاعل حبيبات الاسمنت مع الماء ،فكلما زادت نعومة الاسمنت زادت المساحة السطحية للحبيبات مما يساعد على سرعة التفاعل مع الماء المضاف الية ،كما ان الحبيبات الخشنة لايتفاعل الجزء الداخلي منها مع الماء الا بعد فترة طويلة ،لذلك فإن نعومة الاسمنت تعطي له قوة مبكرة تساعد على ثبات حجمه بالمجمل فإننعومة الاسمنت تحسن كلا من :

- **قابيلة التشغيل**
- **الترابط والتماسك بين حبيبات الاسمنت والركام**
- **مقاومة الضغط**

تقلل من ظاهرة النضح وتنص المواصفات الامريكية ASTM على أن نعومة الاسمنت تحدح بنسة الاسمنت المتبقي على المنخل رقم 200 بحيث لاتزيد عن 22%

3- الوزن النوعي الظاهري

إن الوزن النوعي للاسمنت البورتلاندي العادي في حدود 3.15 وذلك للاسمنت الطازج وان القيمة الفعلية والحقيقة عادة ماتتأثر بالعوامل التالية

- **التخرين الطويل**
- **المركبات الكيميائية**
- **نعومة الاسمنت**

4- الشك والتصلد في الاسمنت

من الحالات المهمة وهي حالة الاسمنت عندما يخلط مع الماء مكونا عجينة الاسمنت ينتج عن ذلك حدوث مظتهر متتالية منها التصلب والشك والتصلد والتي لها اهميتهاالكبرى للحكم على جودة واستخدام الاسمنت لأنها تمثل دوال اساسية في التركيبات والتفاعلات للاسمنت والتي يعرف كل منها كما يلي :

- التصلب هو فقد العجينة الاسمنتية لقوامها اللدن وعموما ترتبط بظاهرة فقد الهبوط
- الشك هوالتجمد لعجينة الاسمنت اللدنة وينقسم الي

- **الشك الابتدائي**: ويعبر عنه بالزمن الذي يمضي حتى تصبح العجينة غير قابلة للتشغيل
- **الشك النهائي:** هو الزمن الذي يمضي من لحظة إضافة الماء الي الاسمنت حتي بداية تصلب العجينة الاسمنتية واكتسابها المقاومة

- **التصلد :**هي ظاهرة نمو المقاومة مع الزمن

2.3.2 الركام (Aggregates)

هو المادة المالئة الخاملة للخرسانة وهى رخيصة نسبياً وتكون بصفة عامة متدرجة وتشغل 75% من الكتلة الخرسانية ويجب أن تكون حبيبات الركام صلبة وقوية الاحتمال ونظيفة وخالية من المغلقات الملتصقة وتكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعا منتظماً فى الخليط الشامل وكذلك يجب ألا تكون ذات تفاعل ضار مع الخرسانة أو الحديد ، ومن أنواع الرمل والزلط والصخر وكسر الحجارة .

وينقسم الركام إلى :-

أ- الركام الصغير Fine Aggregates

وهو مجموعة الحبيبات التى يمر معظمها (95 – 100%) من المنخل القياسى 4.76 مللى 3/16 .

ب- الركام الكبير Coarse Aggregates

وهو مجموعة الحبيبات التى يحتجز معظمهما (95-100%) من المنخل القياسى 4.76 مللى 3/16 .

ويطلق اسم الركام الشامل على خليط الركام الكبير والصغير بنسبة معينة .

ومن ناحية الوزن – إذا استخدم الركام العادى تنتج الخرسانة العادية الوزن Normal Weight (NWC) Concrete وتكون وزنها حوالى 2.2 t/m^3

وإذا استخدم الركام خفيف الوزن تنتج الخرسانة خفيفة الوزن Light Weight Concrete (LWC) ويكون وزنها حوالى 1.2-1. 8 t/m، وتستخدم فى بناء الحوائط وفى العزل وفى الأسقف الخفيفة ولخرسانة الميول.

ويمكن أيضا أستخدام الركام الثقيل الوزن لإنتاج الخرسانة التى تعرف باسم الخرسانة الكثيفة Heavy Weight Concrete وتستخدم فى المفاعلات النووية ووزنها حوالى 3 إلى 5 طن/م3

4.2 طرق تصميم الخلطات الخرسانية - Mix Design Methodds

1.4.2 الطريقة الوضعية - Empirical Method

في هذه الطريقة تحدد نسب مكونات الخلطة الخرسانية عن طريق الخبرات السابقة للاستعمال ، وتكون هذه الطريقة مناسبة في الخلطات الصغيرة لسهولتها حيث تحدد المواد المكونة للخلطة على هيئة نسب بالوزن أو الحجم وقد تحدد كمية الماء اللازم أو تترك لمراعاتها أثناء الخلط بحيث نحصل على خلطة لدنة سهلة التشغيل وتكون مقاومة الخرسانة للضغط خلطة غنية ذات مقاومة عالية او خلطة متوسطة او خلطة فقيرة ذات مقاومة منخفضة حسب كمية الاسمنت ونوعيته.

2.4.2 طريقة المحاولة- Trial Method

1- تتطلب هذه الطريقة وجود عينات من الأسمنت والحصمة والرمل كما يجب تحديد نسبة الماء والاسمنت

2- تؤخذ كمية من الأسمنت بنسبة ثابتة ثم تحدد نسبة الماء من جداول تصميم الخلطات وبالتالي نقوم بعمل العجينة الإسمنتية .

3- تضاف كميات من الرمل والصلبوخ تدريجيا حتى نصل إلي شكل الخلطة المطلوبة.

4- تحسب الكميات بالوزن والحجم المطلوبة لعمل خلطة الخرسانة لموقع العمل .

كذلك المقاومة المطلوبة ويتم عمل اختبارات ومقارنة على مكونات الخلطة

3.4.2 طريقة الحجم المطلق - Absolute Volume Method

- تحسب الخلطة الخرسانية على إنهاعبارة عن مجموع الحجوم المطلقة لمكونات الخلطة الخرسانية ، ونسب هذه المكونات تكون بناء على اختبارات معملية وجداول حسابية لتصميم الخلطات الخرسانية.

- تحدد كمية الأسمنت اللازمة للمتر المكعب من الخرسانة.

- تحدد كمية الماء للمتر المكعب من الخرسانة.

- تحدد نسبة الركام الكبير والصغير.

4.4.2 خلطات خرسانية ذات متطلبات خاصة

قد يطلب فى بعض الأحيان أن تكون الخلطة ذات مواصفات خاصة مثلا مقاومة عالية أو أن يكون لها قوام إنسيابى أو أن تحتفظ الخلطة بقوامها اللدن لمدة طويلة ويتم ذلك بعمل اختبارات معملية للوصول إلي الخلطة المطلوبة كما يتم إضافة بعض الإضافات التي لها نتائجها على الخلطات الخرسانية .

5.2 الركام (Agreggate)

يعد الركام من الركائز الرئيسية في تكوين الخرسانة إذ يمثل من 60 إلى 80% من حجمها الكلي وله تأثير كبير على خواصها في الحالة الطرية والمتصلبة ويتفاوت تكوين الركام من حبيبات صغيرة كالرمل إلى حبيبات كبيرة كالحصى، مما يؤثر على خواصه وبالتالى على متانة وسلوك الهيكل الخرسانية، هذا إضافة إلى وجود التغيرات الحجمية الناتجة عن تفاعلات وتصلب عجينة الأسمنت.

تتكون الخرسانة من حبيبات صخرية متماسكة مع بعضها البعض بمادة لاحمة هي عجينة الاسمنت ويطلق اسم الركام على تلك الحبيبات الصخرية ويمثل الركام حوالي 75% من حجم الكتلة الخرسانية وبذلك فإن نوعية الركام الداخل في تركيب الخرسانة ذو اهمية كبيرة .لان الركام لا يحدد مقاومة الخرسانة فحسب بل أن خواص الركام المستعمل تؤثر وبشكل كبير على متانة الخرسانة ويقوم الركام بالأعمال الرئيسية الاتية في الخرسانة :

1- يكُون الركام جسم الخرسانة الذي يستطيع ان يقاوم الاحمال التي تتعرض لها وعوامل البري وفعل العوامل الجوية المختلفة
2- يعتبر الركام مادة مالئة رخصيه التكاليف لتكوين جسم الخرسانة مع المادة اللاحمه
3- يساعد الركام على إنقاص التغيرات الحجمية ومن تغيرات الرطوبة في الخرسانة

وقد يكون الركام المستخدم اما طبيعياً وهو يمثل 90%من الركام المستخدم في صناعة الخرسانة او مصنعاً مثل المنتجات الثانوية بجانب الانتاج الصناعي خبث الافران العالية و الرماد المتطاير و ركام الخرسانة المعاد تدورها .

6.2 تصنيف الركام :

1.6.2 التصنيف العام

بالنسبة للتصنيف العام للركام يمكن تقسيمه الي مجموعتين :

أ-الركام من المصادر الطبيعيه .و هو الركام المستخدم ن المصادر الطبيعيه ان يون على حالت الطبيعيه بدون تغير اثناء خطوات الانتاج ،الا في بعض الحالات التي يتم فيها تغيير مقاس الركام المستخدم او غسيله او تكسيره ولكن بدون تدخل في طبيعة تكوينه و يكون ركام الخرسانة غالباً من الرمل و الزلط و الضر المكسر مثل الحجر الجيري و الدلوميت و الجرانيت و احياناً حبيبات خام الحديد و الحجر الخفاف و كلها جميعها م الركام الطبيعي .

ب-الركام الصناعي

ويتضمن الركام الصناعي ما يلي:

-الركام المنتج بواسطة التسخين الحراري مثل الطين المحروق و هو يستخدم كركام خفيف .

-الركام الناتج كمنتج ثانوي بجانب الانتاج الرئيسي مثل ركام خبث الافران العالية و الرماد المتطاير .

-الركام الناتج من اعادة تدوير الخرسانات القديمة او من مخلفات عمليات الانشاء او التشطيب.

-الركام الملون للخرسانة المعماريه و اغراض الزينة مثل حبيبات الزجاج و السراميك .

2.6.2 تصنيف الركام تبعاً لخواصه المميزه .

مقاس حبيبات الركام تأثير كبير علي خواص الخرسانة لذلك يجب تصنيفها طبقاً لمقاسها كما يلي :

أ-بالنسبة للمقاس.

1.**الركام الصغير :** وهو الركام الذي تقل مقاسات حبيباته عم 4.75 مم و عليه يحتوي الركام الصغير علي حبيبات يتراوح مقاساتها بين 0.75 مم و حتى 4.75 مم و الركام الصغير ايضاً هو مجموعه الحبيبات التي تمر معظمها بنسبه (95-100) من المنخل القياسي 4.75 مم

2-الركام الكبير :هو الركام الذي له حبيبات تزيد عن 4.75 مم في مقاساتها و تتراوح مقاسات حبيبات الركام الكبيره بين 4.75 مم و حتى 150 مم و هو ايضاً مجموعه الحبيبات التي تحجز معظمها بنسبه (95-100) % علي المنخل القياسي 4.75 مم

3.**الركام الشامل** : و هو الخليط المطلوب من الركام الصغير و الكبير بالنسب المطلوب في الخلطة الخرسانيه

ب-بالنسبة لشكل الحبيبات .

ينقسم شكل حبيبات الركام الي الاشكال التاليه كما هو موضح في الشكل (2-5)

- حبيبات مستديرة - حبيبات عصويه - حبيبات مفلطحة و مستطيله
- حبيبات غير منتظمة - حبيبات زاوية -حبيبات مفلطحة

ج- بالنسبة لنسيج سطح الحبيبات .

يمكن تصنيف نسيج سطح حبيبات الركام الي الاتي :

- زجاجي -ناعم -حبيبي
- خشن -بلوري -معشش و مسامي

د- بالنسبة لوزنه الذاتي.

حيث انه يمكن تقسيم الركام بالنسبة للوزن الي الاتي :

1. الركام العادي الوزن :و هو الركام الذي يتراوح وزنه مابين 1500-1800 كجم /متر مكعب و يطلق عليه الركام الطبيعي و الذي ينتج منه الخرسانة عاديه الوزن
2. الركام خفيف الوزن :و هو الركام ذي الكثافة الحجميه الاقل من 1100 كجم /متر مكعب و الذي يستخدم في انتاج الخرسانة خفيفة الوزن و المستخدمه لأغراض الانشائية او المعماريه
3. الركام ثقيل الوزن : و هو الركام الذي يزيد وزنه الحجمي عن 2800 كجم / متر مكعب و يستعمل هذا الركام لإنتاج خرسانة ثقيلة الوزن و المستخدمه في المنشكت الحاميه للإشعاعات النوويه

7.2 مصادر الركام Aggregate sources

يمكن أن يكون مصدر الركام صناعياً (أي وقعت على المادة تحولات كيميائية بفعل الحرارة)، أو طبيعياً (ويكون مصدرها من الحجارة التي تتكسر بفعل العوامل الطبيعية وتتغير من حيث الحجم أو بواسطة الكسارات). وتنقسم الصخور التي يستخرج منها الركام كما سبق وتقدم في الفصل الأول، إلى:

- صخور نارية، كالجرانيت والبازلت والجابرو.
- صخور رسوبية كالحجر الجيري والرملي والطيني أو الطفلي.
- صخور متحولة، كالرخام.

وبناء على ذلك، فإن مصادر الركام تكون كالتالي:

أ- **ركام الكسارات:**

يقع كسر الكتل الحجرية المستخرجة من المقاطع أو المحاجر بواسطة كسارات حيث يتم الحصول على مقاسات مختلفة للحصى وعلى الرمل الناتج من عمليات التكسير.

ب- ركام الوديان والأنهار:

وهذا النوع يكون نتيجة تفتت الصخور بالعوامل الطبيعية كالأمطار والفيضانات، حيث تحمل مع حركة المياه مما ينتج عنه مايلي:

- الحصى: وهذا النوع يمتاز بأنه دائري الشكل قوي التحمل، ناعم الملمس ومقاوم للتآكل بدرجة عالية.
- الرمل وقد يكون أحياناً مخلوطاً بجزء من الطين والطمي والمواد العضوية وفي هذه الحالة لابد من إختيار جيد للموقع للحصول على رمل نظيف.

ج- الركام الاصطناعي:

وينتج عن حرق التراب أو الطين وكذلك من خبث الأفران.

د- الرمل المستخرج من المحاجر:

ويستخرج من كسر الكوارتز السائب أو الصخري.

8.2 خواص الركام Aggregate properties

1.8.2 الخواص الطبيعيه للركام :

ان خواص الركام الطبيعيه و التي علي جوده الخرسانة تنحصر غي الاتي :

1.شكل و نسيج سطح حبيبات الركام

2.المسامية و الامتصاص لحبيبات الركام

3.ترابط حبيبات الركام مع العجينه الاسمنتية

4.الوزن النوعي للركام

5.الكثافة الكلية (الوزن الحجمي)و الفراغات بين حبيبات الركام

6.محتوى الرطوبة في الركام

7.الزيادة الحجميه للركام الناعم

8.التدريج الحبيبي للركام

و سوف يتم دراسة هذه الخواص الطبيعيه للركام كل علي حده للتوضيح

1.شكل و نسيج سطح حبيبات الركام.

تعتبر الصفات الخارجية للركام و بالأخص شكل الحبيبات و نسيج سطحها من اهم الصفات المؤثره علي خواص الخرسانه في حالتيها الطازجه و المتصلده . و من اشكال اسطح حبيبات الركام المستدير و غير المنتظم و الزاوي و المفلطح و العصوي . فمثلاً استدارة حبيبات الركام هي احدى مظاهر شكل حبيبات الركام الكبير ، و التي تعرف بنسبة المساحه السطحيه للحبيبات الركام الي حجمها الكلي . و الحبيبات التي نسبة مسحتها السطحيه الي حجمها تعطي درجه تشغيليه منخفضه للخلطه مثل الرمل الناعم ، و كذلك الحبيبات المستطيله و العصويه تقلل من درجه تشغيل الخليط و يحتاج الي كمية كبيره من المواد الناعمه و الماء لتغليف هذه الحبيبات لتعويض النقص في تشغيلية الخرسانه .كما ان الحبيبات المفلطحه تؤثر بشكل عكسي علي قابلية تشغيل و مقاومة الخرسانه و هي عموماً تتجه الي توجيه نفسها الي مستوى افقي واحد يحتجز تحتها الفجوات و كمية ماء الخلط ن و بالتالي تمنع التماسك بينها و بين عجينة الاسمنت . و من هذا المنطق يجب ان نقلل كمية الركام المفلطه في الخلطه الخرسانيه لتأثيرها السلبي عليها. اما حبيبات الركام الزاويه فإنها تحتاج الي زيادة مونه الاسمنت للوصول الي الدرجه المناسبه لتشغيل الخرسانه و بذلك تحتاج الي زيادة ملحوظة في كمية الاسمنت و الماء ، و بالتي بزيادة نسبة الماء الي الاسمنت W/C تقل مقاومة الضغط للخرسانة .

و تعتمد حالة السطح لحبيبات الركام علي درجه النعومة و الخشونة لسطح الحبيبات و كذلك ايضاً علي صلدة نسيج السطح و مقاس الحبيبات و الفجوات الاساسية لمادة الركام و تقدر ب الفحص البصري . لذلك فإن حالة السطح تؤثر علي درجه تشغيله لخلطه الخرسانة و ايضاً علي مقومة الخرسانة .

2.المسامية و الامتصاص لحبيبات الركام .

تجد بعض من انواع حبيبات الركام به من الداخل مسام و فراغات ، و تلك المسام المتصلة او المنعزلة أما فارغة أو مملوءة بعناصر الكيميائيه مترسبة مثل الكوارتز او بقايا غير ذائبة مثل الطين او أي مواد غريبة . حيث ان مسامية الركام تؤثر علي خواص و درجه التماسك و الترابط بين حبيباته و عجينة الاسمنت و كذلك علي مقاومة الركام للصقيع

و الاذابة و مقاومة التآكل بالاحتكاك ، و يتأثر الوزن النوعي الظاهري للركام و المعتمد علي مسامية الركام و بالتالي يتأثر وزن الخرسانة و خواصها . و عموماً فإن الفراغات و المسام تأثر علي الخواص الطبيعيه و الكيميائيه و الميكانيكيه للركام و بالتالي تؤثر علي نفس الخواص للخرسانة ، و الفراغات للركام تزيد من قدرته علي الامتصاص للماء و السوائل لأنها تتغلغل في تلك الفراغات معتمده علي مقاس الفراغات و استمراريتها او انعزالها و علي حجمها الكلي ، و لكن يصعب تغلغل العجينه الإسمنتية للزوجتها او وجود مواد مترسبة في الفراغات .

3.ترابط حبيبات الركام مع العجينة الأسمنتية .

خاصية الترابط او التماسك بين حبيبات الركام و عجينة الاسمنتية المحيطه بها تعتبر اهم الخواص التي يؤثر علي جودة و مقومة الخرسانة و بالأخص مقاومة الانحناء و عموماً تتوقف قوه الترابط بين العجينه الاسمنتية و الركام علي خواص و شكل و حالة سطح حبيبات الركام و كذلك تتأثر قوه التماسك هذه في بعض الخواص الطبيعيه و الكيميائيه للركام حيث ان الترابط جزئياً ينتج من التشابك البيني بين حبيبات الركام و العجينه الاسمنتية و الناتج من خشونة سطح حبيبات الركام و عليه فان السح الخشن للركام يولد ترابط اقوى من الاسطح الناعمة

و قد تؤثر التفاعلات الكيميائيه الحادثة بين الركام و قلويات الاسمنت و التي تعمل علي تحليل او ذوبان اسطح الركام و تقليل قوه التماسك بين عجينه الاسمنت و الركام الا انه في بعض الحالات يحدث العكس و ذلك بالترابط الكيميائي الجيد لبعض الخور مثل الحجر الجيري و الدلوميت مع عجينة الاسمنت و التي ينتج من هذا الترابط الكيميائي قوى شعرية علي اسطح الركام لتزيد ترابطه مع عجينة الاسمنت

و عندما تتعرض العينه الخرسانيه للتهشم نستطيع ان نعين قوه التماسك بين حبيبات الركام و الاسمنت حيث ان يوجد حالتين مختلفتين للكسر يظهر خلالهما قوة الترابط بين عجينة الاسمنت و حبيبات الركام و هما ..

يظهر الكسر حول حبيبات الركام و ليس من خلالها و هذا يبين قوه ترابط ضعيفة

يظهر الكسر خلال حبيبات الركام و هذا يبين ان قوه الترابط عاليه

و قد يشير ايضاً ان حدوث الكسر في لحبيبات الركام يكون عن ضعف تلك الحبيبات مع وجود قوة الترابط عاليه

قد يكون ايضاً لزمن اختبار الخرسانة تأثير علي قوة الترابط هذا حيث عمر الخرسانة دالة من قوة ترابط حبيبات الركام مع عجينة الاسمنت .

4.الوزن النوعي للركام .

بصفه عام تحتوي حبيبات الركام علي فراغات و لو بسيطة جداً و لكن بعضها كثيف و غير منفذ للسوائل و الماء البعض الاخر مسامي بشكل ملحوظ و قابل لامتصاص السوائل و الماء . و بذلك يكون الحجم الكلي حبيبات الركام اقل من الحجم الظاهري و المحتوي علي فراغات . لذلك فإنه ينقسم الوزن النوعي طبقاً لطريقة تعيينه ما يلي :

- الوزن النوعي المطلق :

هو نسبة حجم معين من الركام باستثناء المسامات (المنفذة و الغير منفذة) الي وزن حجم مساوي من الماء المقطر الخالي من الغازات و يؤخذ كليهما في نفس درجة الحرارة

- الوزن النوعي الظاهري :

هو نسبة حجم معين من الركام و يتضمن المسامات الغير منفذة في الهواء بدرجه حرارة معينه الي وزن حجم مساوي من الماء المقطر الخالي من الغازات في نفس الهواء و في نفس درجة الحرارة و يبين الجدول رقم (2-6).قيم الوزن النوعي الظاهري لأنواع من الركام المحلي الشائع الاستخدام

5. الكثافة الكلية (الوزن الحجمي) و الفراغات بين حبيبات الركام .

تعرف الكثافة الكلية (الوزن الحجمي) للركام بأنها وزن محتوى الركام الذي يشغل حجماً محدداً له بما فيه من الفراغات بين حبيبات الركام . و عاده تقدر بوحدة وزن على وحده حجم مثلاً (كيلو جرام / متر مكعب) و ليست كالوزن النوعي الذي يشار اليه بدون وحدات لأنه نسبة بين وزنين

و يلزم تعيين الوزن الحجمي للركام للحالات الكتيه :

- لقدير كميات المواد
- تصميم الخلطات الخرسانية و ذلك في تحويل وزن معلوم الي حجم او بالعكس
- حساب الفراغات البينية لحبيبات الركام

و تعتمد قيمة الكثافة الكلية للركام علي الكتي :

- شكل و حالة سطح حبيبات الركام (فالشكل و حالة السطح يحددان مدى التقارب بين الحبيبات عند الدمك)
- توزيع مقاسات الركام (لان الحبيبات متساوية الحجم لها درجة دمك معينة - و المتغيرة الحجم تتداخل الحبيبات الصغيرة بين الكبيرة و تحدث الدمك)
- الدرجه التي يتم بها دمك حبيبات الركام
- حالة الركام (سائبة او مدموكة - جاف او رطب او مبتل)
- الوزن النوعي للركام

و حيث ان الفراغات تعتبر مدلول عددي للمسافات او الفجوات بين حبيبات الركام ، و يقدر محتوي الفراغات بالفرق بين الحجم الكلي و الحجم الذي تشغله حبيبات الركام فقط

6. محتوى الرطوبة في الركام .

للركام حالات مختلفة بالنسبة لدرجة الرطوبة كما هو موضح بالشكل (2-6).

و تلك الحالات هي :

- جاف بالفرن : و هي الحالة التي يتخلص الركام فيها من الرطوبة الداخلية بالفراغات الخارجية علي سطح ، و ذلك بالتسخين في فرن عند درجة حرارة 100-110 درجة مئويه
- جفاف الهواء : و هي الحالة التي بها بعض من الرطوبة الداخلية و لكن تتخلص الحبيبات من الرطوبة السطحية بجفاف الهواء
- مشبع بالماء و السطح جاف : و هي الحالة تكون بها الحبيبات مشبعه داخلياً بالماء و لكن لا يوجد أي ماء حر او رطوبة علي سطح الحبيبات
- رطب او مبتل : و هي الحالة التي تكون بها الحبيبات مشبعه و ممتلئة بالماء مع تواجد ماء حر و رطوبة علي سطح الحبيبات

للرطوبة تأثير فعال علي الخلطات الخرسانية لأن الركام اذا كان جافاً و غير مشبع بالماء فإن الركام الجاف يشبع من الماء الخلط المضاف و الذي يؤثر علي محتواه مما يكون له تأثير الضار علي إتمام عمليات الإماهة لاسمنت و بالتالي على خواص الخرسانة في حالتيها الطازجة و المتصلدة . كما انه اذا كان الركام في حالته الرطبة تماماً ، فإن الماء الحر حول حبيبات الركام يشارك مع ماء الخلط و بذلك يزداد محتوى الماء في الخلطه الخرسانية مما يغير من الخواص الخرسانة المصممة . و علية يجب ان تكون الحالة المثلي للركام عند تصميم الخلطة الخرسانية مما و التي لا يوجد لها أي تأثير سلبي علي خواص الخرسانة في حالتيه الطازجة و المتصلده هي حالة الركام عندما يكون مشبعاً بالماء و السطح جاف

وعموماً يحتفظ الركام الكبير بكميات اقل بكثير من الماء و الرطوبة عن الركام الصغير

7. الزيادة الحجمية للركام الناعم .

نتيجة لتواجد الرطوبة في الركام يلزم ضبط مكونات الخلطة الخرسانية ، و علية يتم خفض كمية الماء في الخليط بمقدار وزن الماء الحر في الركام و بالتالي يتم زيادة محتوى الركام بنفس المقدار . اما الركام الناعم متمثلاً في الرمل فله ظاهرة طبيعية و هي زيادة حجمه عند اضافه الماء اليه او كونه رطباً في الاصل و ذلك ينتج من تكون غشاء من الماء علي سطح رافعاً حبيبات الرمل بعيداً عن بعضها البعض نتيجة لتأثير ظاهر الشد السطحي . و الزيادة الحجميه للرمل تؤثر على نسبة مكونات الخلطة الخرسانية بالحجم ، لأته ينتج من ينتج من الزيادة الحجميه للرمل إنقاص لأوزان الرمل الحقيقي التي تشغل حيزاً ثابتاً في صندوق بالحجم . لأته ينتج من الزيادة ناقصاً في محتوى الرمل المطلوب و الذي يسبب تأثير ضاراً على الخرسانة المنتجة من انفصال أي يحدث بها تعشيش و مسام داخلية و كذلك تتغير نسب الخلط لمكونات المواد المطلوبة في الخلطة الخرسانية .

و بالزيادة الحجمية تتأثر بالعوامل الكتية :

- النسبة المئوية للرطوبة الموجودة في الرمل .
- درجة نعومة الرمل .

ويوضح الشكل (2-7) ان الزيادة الحجمية تحدث بمقدار بين 20-30 % عندما تزداد درجة الرطوبة ما بيم 5-8 % اما اذا اضيف الماء بأكثر من ذلك ، فإن الغشاء الرطب يندمج مع الركام ، و يتحرك الماء الي الفراغات بين حبيبات ، بالتالي ينخفض الحجم الكلي للرمل ، حتى الوصول الي التشبع الكامل للرمل و هنا يصبح حجم الرمل المشبع كاملاً مساوياً لحجم الرمل ، حتى الوصول الي التشبع الكامل للرمل و هنا يصبح حجم الرمل المشبع كاملاً مساوياً لحجم الرمل الجاف عندما تستخدم نفس الطريقة قياس الحجم . و يظهر ايضاً في شكل السابق انه كلما زادت نعومة الرمل زادت الزيادة الحجمية للرمل . الا ان الرمل الناعم لا يصلح لإنتاج خرسانة جيدة .اما عند و جود الماء الحر بسطح الركام الكبير (الزلط مثلاً) فلا تظهر به إلا زيادة حجمية صغيرة نسبياً بالمقارنة بالزيادة الحجمية بالرمل ، لان غشاء الماء المتكون علي حبيبات الركام الكبيرة رقيقاً بالنسبة للغشاء المتكون على حبيبات الرمل .

8. التدرج الحبيبي للركام .

التدرج الحبيب للركام هو تقسيم عينة الركام الي اجزاء ، كل جزء يحتوي علي مجموعه الحبيبات التي لها نفس المقاس و الحصورة بين حدود معينة ، و هذه الحدود هي فتحات المناخل القياسية ، و يكون ذلك بهز الركام في مجموعة من

المناخل القياسية و المرتبة حسب مقاس فتحاتها موضوعه فوق بعضها بحيث يكون اكبر مقاساً من اعلى و اصغرها مقاساً من اسفل ثم وزن المحجوز على كل منخل ، ثم يتم حساب النسبة المئوية للركام المار من كل منخل . ثم توقع العلاقة بين مقاس فتحة المناخل المستخدمة و النسبة المئوية للمار منه بيانياً ، ليعبر هذا البياني عن مدى التدرج الحبيبي للركام . و الغرض الأساسي من معرفة التدرج الحبيبي للركام هو الحصول على تدرج مناسب لركام خليط من الركام الصغير و الركام الكبير لاستخدامه في إنتاج الخرسانة بالخواص المطلوبة في حالتيها الطازجة و المتصلده . حيث ان الركام المتدرج قد يساهم في تحقيق خرسانة ذات كثافة عالية و في نفس الوقت على درجة عالية من التشغيل مع استعمال اقل كمية من الاسمنت

أ. التحليل بالمناخل

عموماً تستخدم المناخل القياسية ذات الفتحات المربعة هيكلها المعدني في عملية الفصل في المقاسات للركام حيث يوضح الجدول (2-7) المناخل القياسية الأمريكية و البريطانية و من هذه المناخل مجموعة المناخل المستخدمة لركام الخرسانة ، و التي عموماً تحتوي علي مجموعة من المناخل مقاس فتحة كل منها الخالصة نصف مقاس فتحة المنخل الذي يلية في المقاس . ويمكن تقسيم مناخل اختبار ركام الخرسانة الي ثلاث مجموعات :

- مناخل ذات فتحات واسعة :و تشمل المناخل (38.1-31.5-26.5-22.4 مم)
- مناخل ذات فتحات متوسطة : و تشمل المناخل (19-16-9.5-4.75 مم)
- مناخل ذات فتحات ضيقة : و تشمل المناخل (2.8-1.4-0.71-0.355-0.18-0.09 مم)

و عموماً قبل إجراء اختبار التحليل بالمناخل القياسية للركام ، فإنه يلزم وجود تجفيف العينة المختبرة من الركام في الهواء لضمان عدم وجود تجمعات من الركام الصغير موجودة في الركام الكبير ، و كذلك بضمان عدم غلق فتحات المناخل المستخدمة . و يمكن إجراء اختبار التحليل بالمناخل يدوياً ، و ذلك بهز كل منخل على حده حتى ينعدم مرور الركام من فتحاته او يتم النخل لحبيبات الركام بواسطة هزاز المناخل و بعدها يتم تسجيل نتائج اختبار التحليل بالمناخل اذا كان النخل يدوي او ميكانيكي و ذلك بتسجيل قيم الوزن المتبقي على كل منخل ، ثم يتم حساب النسبة المئوية المتراكمة للمتبقي و كذلك النسبة المئوية المتراكمة للمارة من كل منخل .

ب. معامل النعومة

يعرف معاير النعومة بأنة العامل الذي يصف المقاس المتوسط للركام و يستنتج من الجداول التحليل بالمناخل لركام الخرسانة ، معاير النعومة يساوي مجموعة النسبة المئوية المتراكمة المحجوزة على المناخل القياسية التسعة قسوماً على 100 و هي (38.1-19-9.5-4.75-1.4-0.355-0.18 مم) او تكون عدد من المناخل بشرط ان تكون ترتيب المناخل من اسفل (0.18-0.355-0.71-1.4-2.8-4.75 مم) و حتى مقاس اكبر منخل متواجد في الجداول التحليل بالمناخل للركام . و يجب معرفة انه اذا كانت للنسبة المئوية للمحجوز على منخل ما 100 % فإن النسبة المئوية للمحجوز على المناخل تليه و الأقل منه مقاساً تكون ايضاً 100% و قد تتراوح معاير النعومة للرمل كركام ناعم ما بين (2.0-3.75)و للزلط كركام خشن مابين (5-8) و يستخدم معاير النعومة في الكتي :

- تحديد نسبة مكونات الخلطات الخرسانية في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية .
- قياس التغيرات التي تحدث في نوعية الركام المورد من نفس المصدر .

ج-المساحة السطحية للركام

حيث ان المساحة السطحية للركام هي العامل الاساسي الذي يتحكم في التدرج الحبيبي المرغوب فية والذي بدورة له تأثير فعال او اساسي على خواص الخرسانة لذلك يجب دراسة تأثير المساحة السطحية للركام على خواص الخرسانة

- تأثير المساحة السطحية للركام على خواص الخرسانة

نظرا لان مقاومة الخرسانة تتوقف على مقاومة الترابط بين حبيبات الركام و عجينة الاسمنت حيث ان مقاومة التماسك تعتمد على المساحة السطحيه للركام و العجينه الاسمنتية المحيطة بيها ، فمثلاًا ذا استخدم ركام كبير فقط مع جينة الاسمنت فينتج خرسانة ضعيفة المقاومة لصغر المساحة السطحية للركام الكبير المستخدم وترابطها الضعيف مع عجينة الاسمنت وكذلك لوجود فراغات كثير لعدم وجود حبيبات صغيرة.

وايضا عندما تستخدم ركام صغير فقط مع عجينة الاسمنت فينتج خرسانة ضعيفة المقاومة لكبر المساحة السطحية للركام الصغير المستخدم وترابطها الضعيف مع عجينة الاسمنت لان تلك العجينة لاتكفي لتغليف هذة المساحة السطحية الكبيرة للركام الصغير وايضا لزيادة ماء الخلط لكي يحقق تتشغيلة مناسبة للخرسانة

والذي يسبب زيادة الماء الحر الذي يتبخر مسببا فراغات داخلية وبالتالي تضعف مقاومة التماسك ومقاومة الخرسانة .

وعلى ذلك فأنة يتم استخدام ركام الخليط في انتاج الخرسانة جديدة المواصفات وذلك بجعل المساحة السطحية للركام الخليط مناسب معا عجينة الاسمنت لإحداث مقاومة تماسك تحقق بالمقاومة المطلوبة للخرسانة مع الوضع في الاعتبار الدمك الكافي لتقليل الفراغات الداخلية ووضع محتوى الماء المناسب لذلك .وقد اثبتت الدراسات ان مقاومة الخرسانة للضغط تتأثر بالمساحة النوعية السطحية للركام كما هو موضح في الشكل (2-8)

حين ان عندما تكون المساحة النوعية السطحية للركام الخليط تعادل 25جم/سم مربع تعطي اكبر مقاومة للضغط .

والجدول التالي يقسم الركام على حسب مقاس حبيباته:

جدول رقم 1.2: تقسيم الركام بالنسبة لمقاسات حبيباته

المجموعات الحبيبية	نوع الركام	
المقاس (مم)	طبيعي	كسارات
25/0و.	ناعم جداً	ناعم جداً
25و./1	ناعم	ناعم
1 / 4	خشن	خشن
4 / 32	حصى	حصى كسري
32 / 64	حصى خشن	حصى كسري خشن

-المقاس الاعتباري الاكبر للركام

بعرف المقاس الاعتباري الاكبر للركام الكبير بانة اصغر فتحة منخل يسمح بمرور 95% على الاقل ،ويجب ان يكون المقاس الاعتباري الاكبر للركام الكبير في حدود االمسموح بها في المواصفات القياسية الامريكية على الاي تعدي ذلك المقاس القيم الاتية

- خمس البعد الاصغر بين جانبي القطاع الخرساني
- ثلث سمك البلاطة الخرسانية
- ثلاثة ارباع المسافة الخالصة بين اسياخ التسليح
- سمك الغطاء الخرساني للعناصر الانشائية المختلفة

2.8.2 الخواص الميكانيكية:

من الضروري معرفة مجموعة من الخواص الميكانيكية للركام بجانب مقاومته للضغط، وبالأخص عندما تكون الخرسانة معرضة إلى تآكل عالي بالاحتكاك أو عند استخدامها فالمطارات أو الطرق العامة. ومن أهم الخواص الميكانيكية المطلوب دراستها هي:

1.2.8.2 مقاومة الركام للضغط

2.2.8.2 متانة الركام

3.2.8.2 صلادة الركام

4.2.8.2 تحمل الركام مع الزمن

1.2.8.2 مقاومة الركام للضغط

بصفة عامة مقاومة الخرسانة للانضغاط لاتزيد بصورة عامة عن مقاومة الانضغاط للجزء الرئيسي للركام الذي تحوية الخرسانة

فأذا ادى الركام مقاومة ضعيفة لخرسانتة بمعنى اخر ان الكثير من حبيبات الركام المنفردة مكسرة عند اختبار خرسانتة للضغط فهذا يعني بالتأكيد ان مقاومة الركام تقل عن مقاومة الخرسانة الممثلة له .

ولاتستخدم هذة النوعية من الركام الا لانواع الخرسانة ضعيفة المقاومة .ولاتعتمد مقاومة الخرسانة فقط على المقاومة الميكانيكة للركام ، ولكن تعتمد الي درجة كبيرة على درجة امتصاصه ومساميتة وصفات التماسك وضعف الحبيبات المكونة للركام ، وتتراوح مقاومة الكسر ابين

(800-2500) كجم/سم مربع

كلما كانت مقاومة ضغط الحبيبات أعلى، كلما تحسنت مقاومة ضغط الخرسانة وخواصها الأخرى. وتعتبر في العادة مقاومة الحجارة الام التي يستخرج منها الركام هي المعيار لمقاومته، حيث إن الضغط حينما يكون في حدود 80 إلى 100 (ن/مم2)، يعتبر قيمة معقولة.

أ- مقاومة الركام الكبير للتهشيم

الغرض من التجربة هو تحديد مدى مقاومة هذا النوع من الركام لدى خضوعه لعملية التهشيم، والجهاز المستعمل في هذا الغختبار، هو عبارة عن اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب. وستعمل في هذا الاختبار الركام المار من المنخل 16 (مم) والمحجوز على المنخل 9.51 (مم)، ثم توضع العينة في مكيال أسطواني خاص بالتجربة ويتم تجفيفها في فرن من 100 إلى 100 درجة مئوية (د.م)، بعدها يتم تبريد العينة وليكن وزنها (أ). وتتمثل مراحل التجربة في وضع الاسطوانة في مكانها على القاعدة ثم تملأ بالركام على ثلاث طبقات وتدك كل طبقة 25 مرة بالقضيب الحديدي ثم يسوى السطح ويوضع عليه المكبس. بعد ذلك توضع الاسطوانة بين فكي جهاز تجربة الضغط وتحمل ببطء حتى يصل الحمل إلى 40 طن ثم يرفع الحمل وينخل الركام ويعين المار منه، وليكن وزنه (ب)، من منخل 2.83 (مم) حسب المواصفات الأمريكية، أو 2.36 (مم) حسب المواصفات البريطانية.

ب- يمكن إختبار صلابة الركام عن طريق تعيين قيمة مقاومة الصدام:

وذلك حسب المواصفات البرطانية (BS 812 :1975). ويجري هذا الاختبار على الركام المار من منخل 14 (مم) والمحجوز على منخل 10 (مم)، بحيث تكون الكمية المجهزة كافية لاختبارين. تملأ الأسطوانة القياسية العدنية الخاصة بالتجربة على ثلاث طبقات متساوية الارتفاع وترص بواسطة قضيب حديدي وذلك بالدك 25 مرة. يتم وزن العينة، ويعبر عنها بالوزن (أ)، ثم يتم إدخالها في جهاز مقاومة الصدمات للركام، ثم ترفع المطرقة العدنية الخاصة بالجهاز (13.500 إلى 14.000 كغ)، وتترك لتهبط من إرتفاع 380 + -5(مم) على سطح العينة الموجودة في الأسطوانة الفولاذية. تكرر هذه العملية 15 مرة بفترات لا تقل عن ثانية واحدة، وبعد ذلك تنخل العينة بمنخل 2.36 (مم) (رقم 7 في المواصفات البرطانية)، ويوزن الجزء المار من المنخل وليكن وزنه (ب)، كما يوزن المتبقي على المنخل على ألا يقل مجموعه على 1(غ) عن العيتة الاصلية، هذا وإلا فإن هذه العينة تهمل ونقوم بإعادة التجربة من جديد. هذا ويتم حساب .

ج- مقاومة التاكل

يعكس هذا الاختبار مقاومة الركام لعمليتي التاكل والبري بالاحتكاك، حيث إن نتائجه تظهر علاقة جيدة بالتاكل الفعلي للركام عند استعماله في الخرسانة، بالإضافة إلى أنه يظهر علاقة جيدة لمقاومة الانضغاط ومقاومة الشد للخرسانة المصنوعة منه.

ويتم في هذا الفحص وضع ركام ذو تدرج معين في اسطوانة معدنية مع كرات فولاذية وتدور الأسطوانة حول محور أفقي، وعملية تدرج وتساقط الركام والكرات تسبب بري وتاكل الركام بالإحتكاك والتساقط. وبعد 500 دورة تفتح الاسطوانة وتنخل علي منخل رقم 12 (1.7 مم) بالماء لغسلها، أما المواد المتبقية في المنخل فتجفف في 110 د.م. ثم توزن هذا ويتم حساب نسبة التاكل على النحو التالي :

نسبة التاكل = (الوزن الاصلي – الوزن المتبقي على منخل 12)/ الوزن الاصلي{ × 100%}

المواد الضارة:

وهي المواد التي تؤدي إلى إلحاق الضرر بالخرسانة الطرية أو المتصلبة، ومنها:

- مواد تضر بتصلد أو تصلب الخرسانة.
- مواد تساعد على على تشقق وتصدع الخرسانة.
- مواد تخفض كثافة ومقاومة الخرسانة.
- مواد تؤثر على حماية حديد التسليح.

المواد المترسبة:

وهى مواد ناعمة جدا والتي تمر عادة من منخل (0.075 مم) حسب المواصفات الأمريكية، أو (0.076 مم) حسب المواصفات الفرنسية، أو (0.071 مم) حسب المواصفات الألمانية. على ألا تزيد هذه النسب عن: 3% من وزن الرمل، و1% من وزن الركام الكبير.

أما إذا كانت هذه المواد الناعمة، مواد طينية فيجب ألا تتجاوز هذه النسب: 1% من وزن الركام الناعم، و4/1% (0.25%) من وزن الركام الكبير.

المواد العضوية:

إن وجود هذه المواد سواء في الركام الناعم أو الخشن يضر بالخرسانة وذلك إذا تجاوز الحدود المسموح بها. ويتم إجراء الاختبار اللازم للتأكد من عدم وجود هذه المواد بنسب ضارة عن طريق إستخدام زجاجة قياسية توضع بها 130 غ من الركام (أقل من 8 مم في الحجم)، ويضاف اليها محلول هيدروكسيد الصوديوم القلوي بنسبة تركيز 3% حتى يصل ارتفاع الكمية إلى العلامة 200 سم. ثم تقفل وترج وتترك لمدة 24 ساعة لملاحظة لون المحلول، فان كان صافياً أويميل إلى الصفرة قليلاً فيعد الركام خالياً من المواد العضوية الضارة، أما إذا كان لونه يميل إلى الأحمر أو البني الفاتح فيجب التأكد من عدم ضرره بالخرسانة وذلك بإجراء الخلطة التجريبية، اما إذا اللون قاتما فيحظر استعماله في صناعة الخرسانة.

المواد الضارة بتصلب الخرسانة:

وتتمثل في وجود بعض الأملاح والمواد السكرية. وللتأكد من وجودها نقوم بعمل خلطة متكونة من خرسانة وركام معروف بجودته، وأخرى مماثلة من الركام المشكوك فيه، ويجري إختيار عينات للضغط (مكعبات واطوانات)، ونقارن النتائج بعد 7 أيام للبعض، وللبعض الأخر بعد 28 يوماً على ألا تقل عن 15% عن الأولى.

مركبات الكبريت:

تتسبب المركبات الكبريتية في تفاعلات كيمائية تتولد عنها مركبات جديدة ذات حجم ضخم متسببة في تمددات داخلية كبيرة. وتظهر هذه التفاعلات في الرطوبة العالية والحرارة المرتفعة. وفي الحالت المشكوك فيها يجب التأكد من أن المركبات الكبريتية القابلة للذوبان لاتزيد كميتها عن 1% من كمية الركام المجفف، وفي حالة وجود كميات قليلة من (SO_3) فلابد أن يلاحظ تأثير الرطوبة عليها وما يترتب عن وجودها.

التفاعل القلوي للركام:

لقد لوحظت أثناء الخمسين سنة الماضية إي في منتصف القرن العشرين، بعض التفاعلات الكيميائية الضارة بين الركام وعجينة الأسمن المحيطة به. والتفاعلات الأكثر شيوعاً هي التي تحصل بين السليكا الفعالة الموجودة في الركام، والقلويات الموجودة في الاسمنت. وتتواجد السليكا الفعالة على عدة أشكال منها " الأوبال " و " جالسودين " "وحجر الصوان " وبعض الحجر الجيري السيليكوني.

إن التفاعل يبدأ بهجوم الهيدروكسيدات القلوية المشتقة من القلويات (Na2O) و (K2O) الموجودة فى الاسمنت على المعادن السيليكونية الموجودة في الركام\.

جدول رقم 2 : لتخليص وحساب نتائج نخل الحصى الخشنة

فتحة المنخل (مم)	مجموع الممسوك (غ)	نسبة مجموع الممسوك (%)	مجموع المار (%)
1			
3/4			
5/8			
1/2			
3/8			
1/4			
4			
10			
وزن العينة الأصلي			

2.2.8.2 متانة الركام

متانة الركام هي قدرة الركام على مقاومة احمال الصدم ، ويمكن تعيين المتانة معمليا عن طريق اختبار معامل الصدم للركام

3.2.8.2 صلادة الركام

هي مقامة الخرسانة للتأكل في الاحتكاك والبري وخاصية الصلادة هامة بالاخص للخرسانة المستخدمة في الطرق واسطح الارضيات المعرضة الي حركة مرورية ثقيلة ويمكن تعيين التأكل والاحتكاك بأكثر من اختبار واهمها اختبار لوس انجلس للبري للركام

4.2.8.2 تحمل الركام معا الزمن

ويتلخص في النقلط الاتية:-

* مقاومة العوامل الجوية :معظم انواع الركام الشائع الاستخدام في ليبيا **الزلط والدلوميت** والجرانيت والبازلت **تقاوم العوامل الجوية بشكل مناسب**والتي تضمن جدية فائدتها من استعمالها في كافة اعمال الخرسانات . ويراعى عدم استخدام الصخور الطبقية في اعمال الخرسانات المعرضة للعوامل الجوية بشكل مباشر

*مقاومة الحريق يختلف الركام في مقاومتة للحريق حسب مصدر انتاجة طبيعيا كان او صناعيا، فمن افضل انواع الركام في مقاومة الحريق خبث الافران العالية والحجر الخفاف وكسر الطوب ، اما انواع الركام التي تكون قيلية المقاومة للحريق هي الجرانيت والبازلت

*مقاومة البري من اهم الانواع التي تقاوم البري مع الزمن هو الحجر الجيري الصلد وهو الركام المستخدم عموما في اعمال رصف الطرق والذي يقاوم البري بشكل فعال لتحملة مع الزمن

بعد ذلك يتم رسم منحنى التدرج الحبيبي على نفس الرسم البياني مع الرمل والحصى الناعم

- **الخواص الكيميائية :**

بقدر ما تكون الحجارة الام المستخرج منها الركام ذات تركيبة كيميائية ثابتة بقدر مايكون الركام ذا خاصية أفضل. ويشترط في الركام ألا يلين أو يتحلل تحت تأثير الماء وألا يتفاعل مع الأسمنت كيميائياً أو يقلل من حماية حديد التسليح ضد التآكل والصدأ.

9.2 تدرج الركام :

التدرج الحبيبي : يقصد به توزيع الاحجام المختلفة لحبيبات الركام. فحدود التدرج واقصى حجم للركام الخشن مهم للغاية لانهما يؤثران على كمية الركام الذي سيستخدم بالاضافة الى الحاجة للاسمنت والماء وقابلية التشغيل وقابلية الضخ ومتانة الخرسانة.

بشكل عام إن تم اختيار نسبة الماء للاسمنت بشكل صحيح فأن مدى واسع من التدرج يمكن ان يستخدم بدون ان يؤثر هذا على قوة الخرسانة.

عند حدوث فجوة في التدرج فهذا معناه ان هناك حجم معين من أحجام الركام المتدرج قد تم اهماله من أحجام الركام المستخدم.

أحيانا يتم احداث فجوة في الركام عمدا للحصول على قوام موحد في حالة الخرسانة ذات الركام المكشوف ، التحكم المغلق لنسب الخلط للركام يحافظ عليه من فقدان تدرجه.

شكل حبيبات الركام وقوام السطح الخاص بها يؤثران بشكل كبير على الخرسانة الطازجة اكثر من تاثيرها على صفات الخرسانة المتصلبة.

القوام الخشن وكثرة الزوايا والاستطالة في الحبيبات يحتاج الى ماء لانتاج قابلية للتشغيل في الخرسانة أكثر من الحبيبات الناعمة و المستديرة للركام.

بالتالي عندما تزيد نسبة الماء يجب ان تزيد نسبة الاسمنت للوصول الى نسبة الماء للاسمنت المرغوب فيها.

بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها او يتم تحديدها بالا تزيد عن 15% من الوزن الكلي للركام.

وحدة الوزن تقيس الحجم الذي يحتله الركام المتدرج بالاضافة الى الفراغات في الركام . الفراغات الموجودة بين الحبيبات في الركام تحتاج الى كمية اكبر من الاسمنت لملئها. الركام ذو الزوايا الكثيرة يزيد من حجم الفراغات الموجودة به. استخدام احجام اكبر من الركام المتدرج بالاضافة الى تحسين التدرج الحبيبي يقلل من حجم الفراغات الموجودة بالركام.

الامتصاص ورطوبة سطح الركام : يتم قياسهما عند اختيار الركام المناسب للخرسانة لان الركام يتكون في اجزائه الداخلية من اجزاء صلبة بالاضافة الى فراغات لربما تحتوي على ماء وربما لا. وبالتالي للمحافظة على نسبة الماء للاسمنت المعدة للخرسانة يمكن ان يتم احداث توازن في هذه النسبة ان تم قياس نسبة الرطوبة في الركام واضافتها الى الحسابات الموضوعة للخلطة.

خاصية الحك ومقاومة الانزلاق تعتبران من الخصائص المهمة تبعا لاستخدام الخرسانة المضاف اليها الركام ففي الاسطح التي تتعرض لاعمال عنيفة وثقيلة بالاضافة الى الارصفة مثلا فأن خاصية الحك ومقاومة الانزلاق من الخصائص المهمة التي يجب قياسها للركام. يوجد بالركام معادن كثيرة تكحت وتصقل بمعدلات مختلفة وبالتالي فان الركام الاصلب يجب ان يتم اختياره للعمل تحت ظروف حك قاسية .

9.2 المواد الضارة في الركام

يكمن تصنيف المواد الضارة في الركام الي ثلاثة انواع كما يلي

أ- الشوائب الضارة

وهي التي تعرقل عملية الاماهة للاسمنت وتكون هذه المواد عضوية موجوده في الركام الطبيعي ناتجة من تحلل او تعفن المواد النباتية أي تظهر بصور مواد عضوية او تربة رميلة عضوية

ب- الطين والمواد الناعمة الأخرى

هي التي تعرقل قوة التلاصق بين الركام وعجينة الاسمنت يوجد هناك بعض الحبيبات الناعمه جدا موجوده في الركام بشكل حبيبات ترابية سائبة غير مرتبطة بسطوح حبيبات الركام او شكل اغلفة سطحية لحبيبات الركام الكبير مثل حبيبات الطين والغرين وغبار الكسارات ،وان وجود المواد الناعمة بكميات كبيرة تزيد من حاجة الخليط للماء بسبب نعومتها وعندما يغلف الطين الركام الكبير يمنع قوة التلاصق الجيدة بين الركام وعجينة الاسمنت

ت- بعض حبيبات الركام المنفردة التي تكون ضعيف وغير ثاتبة :

وهي التي تضعف متانة الخرسانة وتحت تأثير الظروف المحيطة بها إن وجدت بكميات كبيرة فأنها تقلل مقاومة الخرسانة

10.2 اشتراطات صلاحية الركام

الشروط التي يجب مراعاتها عند اختبار الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية

1- كمية الطين والمواد الناعمة في الركام يجب ان لا يتعدى 1% من وزن الركام

2- كمية الشوائب العضوية ، يجب ان لا يحتوي الركام على شوائب العضوية الضارة بكميات تؤثر على قوة الخرسانة او على مدى تحملها مع مرور الزمن

مقاومة الركام الكبير للصدم : يجب ان لا تتعدى قيمة مقاومة الركام الكبير للصدم بنسبة 45 % بوزن للركام المستعمل في الخرسانة التي لا تتعرض اسطحها للتآكل ، و عن نسبة 30% بالوزن في حالة استعمال الركام في الخرسانة التي تتعرض اسطحها للتآكل .

و يمكن اعتبار معامل الصدم للركام الكبير دليل علي مدى مقاومة الركام للصدمات

الفصل الثالث

تأثير تدرج وشكل الركام على خواص الخرسانة

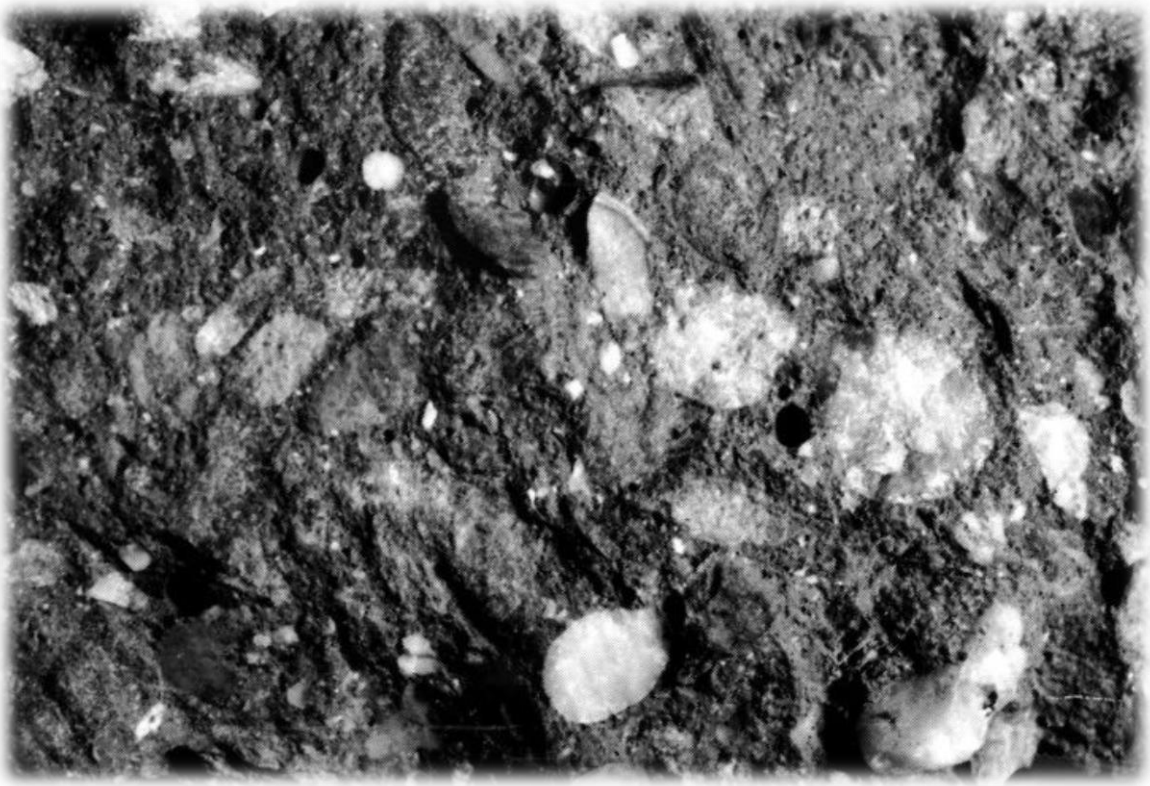
1.3 العلاقة بين الركام والعجينة الاسمنتية

تتركب الخرسانة من عجينة أسمنتية (نشطة) وركام (خامل) وتعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جداً بالنسبة لمقاومة العجينة. ولذلك فإن إنهيار الخرسانة التقليدية يكون دائماً فى العجينة ويمر الشرخ حول الركام. فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات High مقاومة عالية جداً تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتى يكون الإنهيار فيها مفاجىء حيث يمر الشرخ بالركام (وليس Strength Concrete

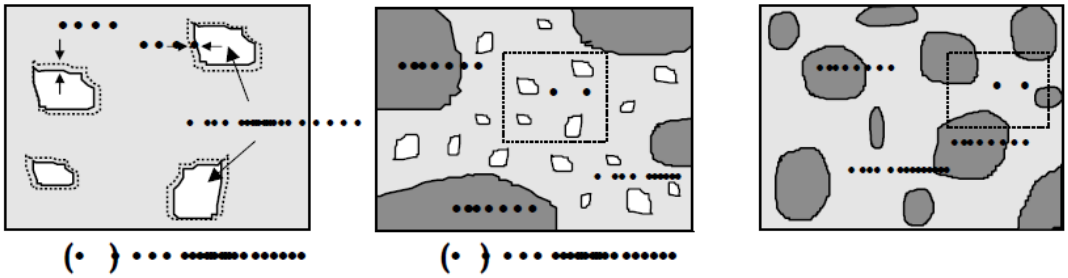
.(١- حوله) ويشطره كما فى شكل (٥ ومن الجدير بالذكر أن تشغيلية الخرسانة تنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة. كما تعتمد نفاذية الخرسانة للسوائل على وجود واستمرار العجينة الأسمنتية.

وبالإضافة الى ذلك فإن إنكماش الكتلة الخرسانية الدائم يكون ناتج من العجينة الأسمنتية وليس الركام.

٢). وكلما - للأسمنت فى الماء (شكل ٥ Suspension والعجينة الأسمنتية تكون عبارة عن مُعلق خفت درجة تركيز المعلق كلما زادت المسافة بين حبيبات الأسمنت وكلما قلت بالتبعية بنية العجينة. وهذا يوضح أن مقاومة الضغط للخرسانة دالة عكسية مع نسبة الماء إلى الأسمنت (م/س). وعندما تبدأ عملية الإماهة للأسمنت فيتكون الجل من الماء ومن مادة سطح حبيبات الأسمنت والذى قد يصل حجمه الى ضعف حجم الأسمنت الناتج منه. وهكذا مع إستمرار الإماهة يستمر تكون الجل حول كل حبيبة حتى يتصل الجل ببعضه مكوناً بنية العجينة.



الكسر فى الخرسانة عالية المقاومة يمر خلال الركام وليس حوله.



علاقة العجينة الأسمنتية بالركام.د

2.3 الركام في الخرسانة :

ان لنوعية و خواص الركام تأثيرا كبيرا على خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (70-75%) من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية.

ويتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل والأخرى حبيبات كبيرة كالحصى أو الزلط وإضافة إلى كون الركام يشكل الجزء الأكبر منهيكل الخرسانة والذي يعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانجماد فانه يقللالتغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت أو عن تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف.

ولذا فإن الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها. مما ورد سابقا يتضح أن خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكل الخرسانة.

وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة إلى ثلاثة متطلبات هي: اقتصادية الخليط ، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة. و من الخواص المهمة الأخرى لركام الخرسانة هي تدرج حبيباته، ولغرض الحصول على هيكل خرساني كثيف يجبأن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسبا وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط.

بالإضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية. فعند تحديد كمية الركام الموجود في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية تشغيل الخليط أكثر عندما يكون تدرج الركام مناسبا وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليط أقل وهذا بدوره يؤدي إلىزيادة مقاومة الخرسانة الناتجة. كما ويؤثر الركامعلى الكلفة الكلية للخرسانة.

وبصورة عامة فإنه كلما كانت كمية الركام الموجود في حجم معين من الخرسانة أكثر كلما كانت الخرسانة الناتجة اقتصادية أكثر وذلك لكون الركام أرخص من الأسمنت.

ولغرض الحصول على خرسانة متينة يجبأن يتميز ركامها بعدم تأثره بفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والبرودة والانجماد والتي تؤدي إلى تفكك الركام كما ويجب أن لا يحصل تفاعل ضار بين معادن الركام ومركبات الأسمنت،

إضافة إلى ضرورة خلو الركام من الطين ومن المواد غير النقية والتي تؤثر على المقاومة والثبات لعجينة الأسمنت. ويجب أن يكون الركام نظيفا قويا مقاوما للسحق والصدم ومناسبا من حيث الامتصاص ذا شكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال، ومقاوما للتآكل والبري.

الاشتراطات :

يجب أن تكون حبيبات الركام شبه كروية وغير مفلطحة وتفضل الأنواع عديدة الأوجه.

يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 5%.

يجب ألا يقل الوزن النوعي الظاهري عن 2.35د - يجب ألا تزيد نسبة الفاقد في وزن الركام عند اجراء اختبار الثبات عن 10-12% من الوزن.

يجب أن يكون الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية متدرجا ضمن حدود منحنيات التدرج الشامل

يجب أن يخضع الركام للغسيل قبل استخدام هو ذلك لضمان خلوه من المواد العضوية والأملاح الضارة.

3.3 تأثير شكل وهيئة الركام في الخرسانة :

شكل حبيبات الركام وقوام السطح الخاص بها يؤثران بشكل كبير على الخرسانة الطازجة اكثر من تاثيرها على صفات الخرسانة المتصلبة، القوام الخشن وكثرة الزوايا والاستطالة في الحبيبات يحتاج الى ماء لانتاج قابلية للتشغيل في الخرسانة أكثر من الحبيبات الناعمة و المستديرة للركام، بالتالي عندما تزيد نسبة الماء يجب ان تزيد نسبة الاسمنت للوصول الى نسبة الماء للاسمنت المرغوب فيها بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها او يتم تحديدها بأن لن تزيد عن ١٥ % من الوزن الكلي للركام، وحدة الوزن تقيس الحجم الذي يحتله الركام المتدرج بالاضافة الى الفراغات في الركام الفراغات الموجودة بين الحبيبات في الركام تحتاج الى كمية اكبر من الاسمنت لملئها الركام ذو الزوايا الكثيرة يزيد من حجم الفراغات الموجودة به استخدام احجام اكبر من الركام المتدرج بالاضافة الى تحسين التدرج الحبيبي يقلل من حجم الفراغات الموجودة بالركام.

1.3.3 تأثير الركام الخشن على الخرسانة :

في الخرسانات التقليدية نسبة الماء للاسمنت هو العامل الاساسي الذي يتحكم في اغلب الخصائص الميكانيكية للخرسانة و التي تشمل مقاومة الضغط بواسطة تغيير النفاذية لعجينة الاسمنت الركام الخشن هو مكون ضعيف و تدخلة لا تسبب أي تحدي و علاوه على ذلك ان مايعرقل أي نقل للإجهاد بين الركام الخشن و عجينة الاسمنت الضغيفة هو مجال انتقال اكثر ضعفاً و بالتالي فأن الركام نفسه يلعب دور بسيط ثانوي بمعنى غير ان الوضع مختلف تماماً في الخرسانة عالية المقاومة حيث تكون الخصائص العجينة الاسمنتية و مجال الانتقال فيها محسن تتصرف الخرسانة عالية المقاومة كمركب يجري تقاسم الاجهاد فيها بين مكونين الركام و عجينة الاسمنت في ضل هذه الظروف يمكن ان يكون الركام عاملاً محدداً في كثير من الاحيان

المعايير المهمة للركام الخشن و التي تأثر على سلوك الخرسانة

هي حجمه و شكله و نسيجه السطحي و معامل المرونة و المقاومة

ان حجم الاصغر للركام ينتج مقاومة ضغط اعلى في نسبة معينة من الماء الي الاسمنت هذا التأثير يكون اكثر وضوحاً عندما تكون نسبة الماء الي الاسمنت منخفضة كما تظهر في الشكل 1-3

وان الركام الاصغر حجما من الارجح ان يكون اكثر مقاومة لان عملية السحق تحدث على طول المناطق المتحملة للضعف

والمقاس الاقصى للركام لة تأثير على معامل المرونة للخرسانة بالمعن ى المعاكس ،أي ان معامل المرونة يزداد معا مقاسات الركام الاكبر

بالرغم من ان بعض التقارير تحدثت عنان الركام الأصلب من النسيج يزيد من معامل المرونة للخرسانة الا انة يؤدي الي انقطاعات مرتفعة في الاجهاد ماعدا ذلك نسيج متجانس عندما تحمل الخرسانة في الضغط هكذا الركام الذي يؤدي له معامل المرونة أعلى بكثير من النسيج يتسبب في تركيز حرج في الاجهادات الرئيسة تتبعها تشققات دقيقة عند الوصلة الرابطة تقلل من مقاومة ضغط الخرسانة .كنتيجة توافق بين صلابة المركبيين "الركام والنسيج" يكون حرج لتطر التشققات الدقيقة ومقاومة ضغط الخرسانة على أي حال في الشد ، معامل المرونة الاعلى للركام يبدو انة مقاومة شد مرتفعة قوام سطح الركام الخشن هو المسؤول عن الترابط "اللالتصاق"بين النسيج والركام بسبب التداخل الميكانيكي ،ولذلك الصخور المكسرة تعطي مقاومة ربط عالية مقارنة مع الحصى الاملس "الطبيعي" ةان هذا التأثير يعتمد على نسبة الماء الي الاسمنت واكثر في نسبة الماء الي الاسمنت المنخفضة.

لوحظ عند النسبة العالية W/C 0.65= لايكون هناك فرق بين مقاومة ضغط الخرسانة المعمولة من الركام الناتج من الصخور المكسرة او الحصى ، مقاومة الشد يمكن ان تكون اكثر حساسية للفرق في قابلية القوام السطحي للركام لان قوة الربط بين الركام والنسيج أرجح سببه الرئيسي الي الترابط الميكانيكي ، على اية حال ولقد اشير الي ان التفاعل الكيميائي بين كربونات الصخور ونسيج الاسمنت يمكن ان ينتج عنه روابط قوية وذُكر ان تفاعلا كيميائيا محتملا بين الكاليسات في الحجر الجيري والماء CHالموجود في العجينة الاسمنتية اخيراً لجنة المعهد الخرسانة الامريكية ACI 363نصحت باستعمال الركام الذي يحفز الترابط الكيميائي . و هناك اوراق بحيثة عديدة تقارن بين اداء انواع الركام الخشن المختلفة في الخرسانة عالية الاداء .HPC (26)

مقاومة الضغط و معامل المرونة في الخرسانة عالية الاداء (W/C=0.275) تأثرت بشدة بالتركيب المعدني للركام الخشن . في هذه الدراسة الركام المهشم من ديابيز –Diabase- (صخر بركاني) و الحجر الجيري اعطياً اكبر مقاومة ضغط و معامل مرونة في حين ان الخرسانة المعمولة م حصى الاملس و الجرانيت المهشم و بإدراج معادن ناعمة ، كان ادائها ضعيف (1)

قورن بين تأثير الحجر الجيري و الدولومايتي و الكوراتيزايت و حجر الرمل عل خصائص المرونة للخرسانة عالية الاداء . الخرسانة المعمولة من الكوارتيزايت اعطت اعلى معامل مرونة و لكن بمقاومة ضغط اقل .لان الصلابة العالية نسبياً لهذا الركام و التي تحسن صلادة الخرسانة ، و تسبب ايضاً تركيزات الإجهاد العالية عند سطوح التلامس عند مستويات الإجهاد العالية . و للسبب نفسه الخرسانة المعمولة من الصخور الرملية ذات معمل مرونة قليل نسبياً اعطت خرسانة بمعامل مرونة اق ولكن بمقاومة ضغط عالية .(27)

دون نتائج استعمال ثلاث انواع من الركام و هي البازلت و الجرانيت و الحجر الجيري . الخرسانة المعمولة من البازلت ذو المقاومة و معامل المرونة العاليان اعطى اعلى مقاومة ضغط و اعلى معامل مرونة . و استنتجوا ان :-

- الركام الأصلب ليس من الضروري ان يدل على مقاومة اقل .

- الترابط بين نسيج و الركام اصبحت اكثر اهمية في الانحناء منها في الضغط .
- تأثر خواص الركام الخشن على مقاومة الضغط تزداد في الخرسانة عالية الاداء HPC . (28)

قورنت خرسانة معمولة من حجر المصاطب Trap Rock و الحجر الجيري و الركام الدولومايتي . عند نسب W\C (0.4_0.35_0.3) ، الخرسانة المعمولة من حجر المصاطب Trap Rock الذي له اعلى معامل مرونة عالي ابدت مقاومة ضغط عالية و معامل مرونة عالي .(29)

2.3.3 الركام الناعم

الرمل يجب ان يحتوي على حبيبات ناعمة مدورة لتقليل احتياج الماء في الخلطة . تدرج الرمل يجب ان يتطابق مع الحدود التي قررها معهد الخرسانة الامريكية ACI للخرسانة العادية ، على كل حال من المنصوح به ان التدرج يجب ان يقع في الجانب الخشن من هذه الحدود و معامل النعومة يساوي 3 او اكثر . هاتين الصفتين لتقليل كمية الماء و لزيادة التشغيلية لهذه الخلطات الغنية بالعجينة الإسمنتية . الرمل يجب ان يكون خالياً من الطمي او الجزيئات الطينية.

4.3 أشكال الركام الخرساني:

عند التحدث عن شكل الركام فإننا نقوم بالتحدث عن شكل حبيبات الركام،ويمكن الإشارة إلى هذه الأشكال كما في الوصف التوضيحي:

يقسم الركام بالنسبة لشكل حبيباته الى :

- **ركام مدور Round مثل زلط الأنهار وشواطئ البحار.**
- **ركام غير منتظم مثل زلط الحفر والمحاجر.**
- **ركام زاوي مثل احجار الكسارات.**
- **ركام مبطط مثل الصخور الطبقية.**
- **ركام عضوي مثل الصخور الطبقية او التي تعرضت لعوامل تعرية.**
- **ركام مفلطح مثل الصخور الطبقية.**

ويعتبر الشكل الأقرب الى المدور والمكعب افضل الاشكال المناسبة لركام الخرسانة ، كما يجب اجتناب الركام الذي يحتوي على نسبة تفوق 10 الى 15 % من الحبيبات العضوية والمفلطحة.

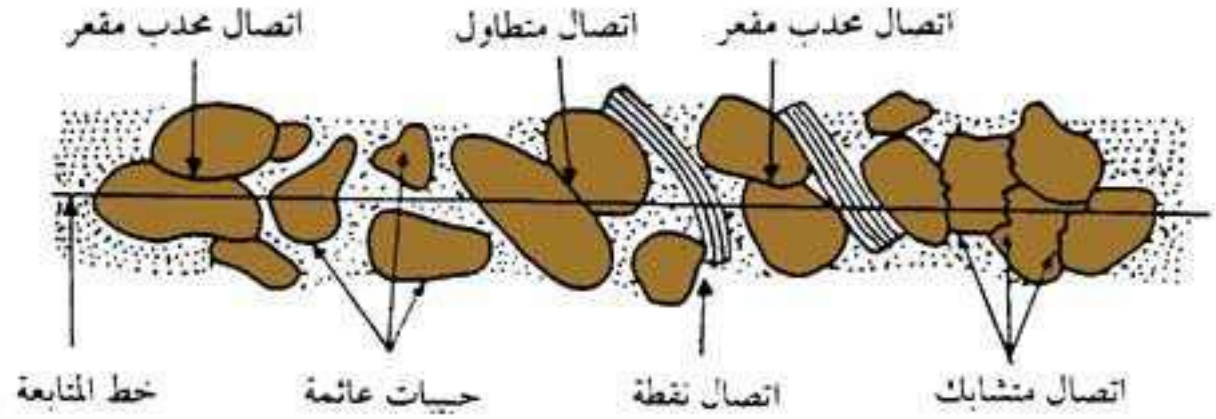
ويقسم الركام بالنسبة لسطح حبيباته الى :

- **زجاجي مثل الصوان الأسود.**
- **ناعم مصقول بفعل المياة مثل الاردواز والرخام.**
- **حبيبي مثل الحجر الرملي.**
- **خشن مثل البازلت والبور فير.**
- **بلوري مثل الجرانيب والجايرو**
- **معشش ومسامي مثل الحجر الخفاف.**

وتعتبر الحبيبات ذات السطح الاملس مفيدة لتحسين تشغيله ودمك الخرسانه ، وتساعد الحبيبات ذات الاسطح الخشنة والمليئة بالنتوءات على تماسك جيد بين عجينه الأسمنت والركام ولكنها قد تصعب عملية التشغيل.

الإتصالات المختلفة بين حبيبات الركام:

عند التحدث عن أشكال الركام فبالطبع سنقصد أشكال حبيبات الركام ، والتحدث عن أشكال حبيبات الركام يأتي من أهمية وضع حبيبات الركام مع بعضها البعض،فيمكن ملاحظة هذه الإتصالات من الرسم الأتي:



شكل (11) أنواع الاتصالات المختلفة بين الحبيبات.

مع ان بعض الاختلافات في صفات الركام يجب ان يتم توقعها الا ان الخصائص التي يجب ان تتوفر في الركام الذي يتم اختياره هى :

١- التدرج الحبيبي.

٢- المتانة.

٣- شكل الحبيبات وقوام سطح الحبيبات.

٤- الحك ومقاومة الانزلاق.

٥- وحدة الوزن والفراغات.

٦- الامتصاص ورطوبة السطح.

5.3 أهم خصائص الركام في الخرسانة :

1.5.3 معاير النعومة:

يعرف معاير النعومة بأنه العامل الذى يصف المقاس المتوسط للركام ويستنتج من جداول التحليل بالمناخل لركام الخرسانة ، ومعاير النعومة يساوى مجموع النسبة المئوية المتراكمة المحجوزة على المناخل القياسية التسعة مقسوما على 100 وهى (38.1- 19-9.5-4.75-2.8- 1.4-0.71-0.355-0.18مم). أو تكون عدد من المناخل بشرط أن تكون ترتيب المناخل من أسفل (0.18 – 0.355 –0.71- 1.4-2.8 – 4.75) وحتى مقاس أكبر منخل متواجد فى جداول التحليل بالمناخل للركام. ويجب معرفة أنه إذا كانت للنسبة المئوية للمحجوز على منخل ما 100% فإن النسبة المئوية للمحجوز على المناخل التى تليه والأقل منه مقاساً تكون أيضا 100%. وقد يتراوح معاير النعومة للرمل كركام ناعم ما بين (2.0 – 3.75) وللزلط كركام خشن ما بين (5 – 8).

ويستخدم معاير النعومة فى الكتى:

تحديد نسب مكونات الخلطات الخرسانية فى بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية.

- قياس التغيرات التي تحدث فى نوعية الركام المورد من نفس المصدر.

2.5.3 المساحة السطحية للركام

حيث أن المساحة السطحية للركام هى العامل الأساسي الذى يتحكم فى التدرج الحبيبي المرغوب فيه والذى بدوره له تأثير فعال أو أساسي على خواص الخرسانة لذلك يجب دراسة بعض التأثيرات والعوامل المهمة والمؤثرة على جودة الخرسانة وهى:

- تأثير المساحة السطحية للركام على خواص الخرسانة.
- تعيين المساحة النوعية السطحية للركام.
- -تعيين نسبة الركام الصغير إلى الركام الكبير للحصول على ركام خليط معلوم المساحة السطحية.
- تأثير المساحة السطحية لركام على خواص الخرسانة

نظراً لأن مقاومة الخرسانة تتوقف على مقاومة الترابط بين حبيبات الركام وعجينة الأسمنت حيث أن مقاومة التماسك تعتمد على المساحة السطحية للركام والعجينة الأسمنتية المحيطة بها، فمثلاً إذا استخدم ركام كبير فقط مع عجينة الأسمنت فتنتج خرسانة ضعيفة المقاومة لصغر المساحة السطحية للركام الكبير (تتراوح من 2 5 – سم2/جم) المستخدم وترابطها الضعيف مع عجينة الأسمنت وكذلك لوجود فراغات كثيرة لعدم وجود حبيبات صغيرة. وأيضاً عندما نستخدم ركام صغيرفقط مع عجينة الأسمنت فينتج خرسانة ضعيفة المقاومة لكبر المساحة السطحية للركام الصغير(تتراوح ما بين 60- 100 سم2/جم) وترابطها الضعيف مع عجينة الأسمنت لأن تلك العجينة لا تكفى لتغليف هذه المساحة السطحية الكبيرة للركام الصغير وأيضا لزيادة ماء الخلط لكى يحقق تشغيلية مناسبة للخرسانة. والذي يسبب زيادة الماء الحر والذى يتبخر مسببا فراغات داخلية وبالتالى تضعف مقاومة التماسك ومقاومة الخرسانة. وعلى

ذلك فإنه يتم استخدام ركام خليط فى إنتاج الخرسانة جيدة المواصفات وذلك بجعل المساحة السطحية للركام الخليط مناسبة مع عجينة الأسمنت لإحداث مقاومة تماسك تحقق المقاومة المطلوبة للخرسانة مع الوضع فى الاعتبار الدمك الكافي لتقليل الفراغات الداخلية ووضع محتوى الماء المناسب لذلك. وقد أثبتت الدراسات أن مقاومة الخرسانة للضغط تتأثر بالمساحة النوعية السطحية للركام كما هو موضح بالشكل حيث أنه عندما تكون المساحة النوعية السطحية للركام الخليط تعادل 25 سم2/جم تعطى أكبر مقاومة للضغط.

3.5.3 المقاس الاعتبارى الأكبر للركام

Maximum Nominal Aggregate Size

يعرف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير بأنه مقاس أصغر فتحة منخل يسمح بمرور 95% على الأقل ، ويجب أن يكون المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير فى الحدود المسموح بها فى المواصفات القياسية المصرية على ألا يتعدى ذلك المقاس القيم الكتية:

- خمس البعد الأصغر بين جانبيى شدة القطاع الخرسانى.
- ثلث سمك البلاطة الخرسانية.
- ثلاثة أرباع المسافة الخالصة بين أسياخ التسليح.
- سمك الغطاء الخرساني للعناصر الإنشائية المختلفة.

ونجد أنه كلما كبر المقاس الاعتبارى الأكبر للركام كلما زاد الوزن وتحسنت نسبياً مقاومة الخرسانة مع وفر فى الأسمنت المستخدم لقلة المساحة السطحية إلا أنه لا يفضل إستخدام ركام يزيد مقاسه الاعتبارى الأكبر على 40 مم فى أعمال الخرسانة المسلحة ، كما لا يزيد على 25 مم فى الخرسانة سابقة الجهاد ، وقد يصل إلى حوالى 150 مم فى أعمال الخرسانة الكتلية ولكن لا يزيد عن هذا المقاس لصعوبة مناولته ودمكه.

4.5.3 حدود متطلبات التدرج الحبيبى

تم سابقاً معرفة كيفية عمل جدولة ومنحنيات للتدرج الحبيبى للركام ، إلا أنه لم يظهر بعد بوضوح كيفية استخدام هذا التدرج البيانى لغرض ما معين. ولم يتضح أيضا كيفية دمج تدرج ركام كبير وتدرج ركام صغير للحصول على تدرج ركام شامل ليعطي تدرج معروف ومحدد طبقا لمواصفات عملية.

وهنا نسأل ما هى النسبة الجيدة للركام الصغير إلى الركام الكبير؟.

يلزم الحصول على خليط من تدرج حبيبي شامل يسهل دمكه للوصول إلى الكثافة القصوى بأقل مجهود. ويدخل فى تحديد هذا التدرج الظروف الإقتصادية ، حيث أنه يلزم صناعة الخرسانة بمواد رخيصة التكاليف ومنها إختيار الركام المناسب إقتصاديا. كما أنه من المهم إستخدام ركام متدرج فى الخلطة الخرسانية لضمان إعطائها التشغيلية المناسبة مع عدم حدوث انفصال حبيبي. كما أنه يلزم إستخدام الركام القريب من الموقع والمتواجد محلياً والذي ينتج خرسانة مقبولة.

وتحدد المواصفات القياسية البريطانية تدرجين للركام الكبير، الذى مقاسه الإعتبارى الأكبر (38.1) و (19.05) مم والممثلة فى الشكل على التوالي. كما يوضح الشكل التدرج المطلوب لركام مقاسه الإعتبارى الاكبر (9.52)مم. وقد حدد فى كل شكل أربعة من المنحنيات، إلا أنه لا يمكن أن يقع التدرج الحبيبي الفعلي تماماً على أى منهما، نتيجة إحتمالات التغير فى حدود أجزاء المقاسات ووجود ركام يزيد أو يقل عن مقاسات الركام. وعليه فمن المفضل تحديد مناطق تدرج وليس منحنيات تدرج كما هو موضح فى المنحنيات الثلاث السابقة. والذى يمثل منحنى أكبرها تدرجاً وهذا المنحنى ذى تشغيلية جيدة ويستخدم للخلطات ذات نسبة الماء/الأسمنت المنخفضة وللخلطات الغنية، إلا أنه يلزم التأكد من عدم حدوث إنفصال لمكوناته. وتحدد الأشكال الثلاث السابقة فى الحد الأصغر منها منحنى رقم (4) والذى يمثل أصغرها تدرجاً، وسوف يكون خليطه متماسكاً ولكن ليس على درجة كافيه من التشغيلية. وكقاعدة عامة تسبب المحتويات بين المناخل (4.76) و (1.2) مم خرسانة خشنة، وبالرغم من إمكانية دمكها بالهز المناسب ، إلا أنه يصعب تنفيذها يدوياً. وإن تطلب الأمر الحصول على تشغيليه مقبولة باستخدام المنحنيات فإنه يلزم إستخدام محتوى ماء خلط عالي جداً، وهذا يعني مقاومة منخفضة . فإن كان من المطلوب الحصول على مقاومة عالية منه فيتحتم استخدام خلطة غنية أكثر من حالة إستخدام الركام الكبير الممثل بالمنحنيات. ويعني تداخل التدرج الحبيبي الأساسى فى منطقتين من هذه الأشكال الثلاث، إحتمال حدوث إنفصال للخلطة الخرسانية، ناتج من غياب أحجام بينية للركام. ومن أجل ذلك يفضل إستخدام الركام الذى يقع تدرجه فى منطقة واحدة. ويلزم أن يقع تدرج الركام الحقيقي بين حدود تلك المنحنيات ولا يتقاطع معها أما فى الطبيعة فيستخدم الركامين الكبير والصغير منفصلين والذى يمكن أن تحدد نسب الخليط بحيث يوفى تدرجه الشامل بالقيم المحددة فى مقاس معين (غالباً مقاس 5 مم) . ويفضل أن ينطبق تدرج الركام الشامل فى نهايتى المنحنيات (أى عند المقاس 150 ميكرون والمقاس الأكبر المستخدم) أما إذا كان الركام الكبير موجوداً على هيئة مقاس واحد ، كما هو الحال دائما للركام المكسر) فإنه يلزم تطابق نقط أخرى فوق مقاس 5 مم، أما أسفل حدود 5 مم فإنه يلزم عمل خليط من نوعين من الرمل أو أكثر.

5.5.3 التفاعل القلوى للركام Alkali - Aggregate Reaction

يوجد نوعان من التفاعل القلوى للركام هما التفاعل القلوى مع السليكا و التفاعل القلوى مع الكربونات والنوع الأول أكثر إنتشاراً. ومشكلة التفاعل القلوى للركام أنه قد لايظهر إلا بعد زمن طويل ، كما أنه لا يوجد حتى الكن إختبار سريع ودقيق يمكن من خلاله معرفة إذا كان خلط ركام معين مع أسمنت معين بنسبة معينة سيؤدى إلى ظهور هذه المشكلة أم لا ، ونفس الوقت لاتوجد طريقة محددة للعلاج الدائم لهذه الظاهرة. وعلى أى حال فإن الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشكت الخرسانية (2001) قد تعرض لهذه الظاهرة وذكر بعض الإحتياطات الخاصة فى هذا الصدد:

أ ـ التفاعل القلوى مع السليكا

حيث تحتوى بعض أنواع الركام على أنواع مختلفة من السليكا النشطة مثل الأوبال والكرستوباليت التى قد تتفاعل كيميائياً مع القلويات الموجودة أصلاً فى الأسمنت وغيره مثل أكسيد الصوديوم (Na_2O) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O). وقد ينتج عن هذه التفاعلات مواد جيلاتنية تنتفش عند إمتصاصها للماء مما يؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية فى الخرسانة قد تسبب تشققها أو تفتتها. وللحد من خطر التفاعل القلوى مع السليكا يمكن إتباع ما يلى:

1- إستعمال أسمنت بورتلاندى يحتوى على نسبة منخفضة من القلويات لا تتجاوز 0.6% محسوبة على هيئة أكسيد صوديوم (Na2O).

2- تحديد محتوى القلويات المكافىء لأكسيد الصوديوم (Na2O) فى الخلطة الخرسانية بما لايزيد على 3.0 كج/م3.

3- إحلال جزء من الأسمنت فى الخلطة الخرسانية بمواد بوزولانية وذلك بعد الرجوع إلى مصادر متخصصة لتحديد كمية البوزولانا و مدى فاعليتها.

4- العمل على تقليل نفاذ الماء إلى الخرسانة بإستخدام أغشية أو دهانات غير منفذة للماء.

ب- التفاعل القلوى مع الكربونات

قد تتفاعل بعض أنواع الركام من الحجر الجيرى الدولوميتى (Dolomitic limestone) مع القلويات فى الأسمنت منتجة مركبات تؤدى -مع مرور الوقت- إلى حدوث تمدد يؤدى بدوره إلى ظهور شروخ بالخرسانة تؤثر على تحملها مع الزمن. ويجب عند إكتشاف هذه الظاهرة فى الركام إستبعاده من الإستخدام أو إستخدامه مع أسمنت لاتزيد نسبة القلويات فيه على 0.4%. ونظراً لأن هذه الظاهرة تتأثر بالتركيب المعدنى للركام ونسبة الكالسيت إلى الدولوميت فإنه يجب الرجوع إلى جهات متخصصة لتعيين مدى تأثير هذه الظاهرة.

6.3 تأثير مختلف العناصر على الركام:

يتكون الركام نتيجة لترسب المعادن وتشكلها خلال العمليات الجيولوجية، حيث تتشظى جسيمات الركام من الصخور، أما طبيعيا نتيجة لعمليات التجوية والبرى والتآكل، أو صناعيا بواسطة تهشيم الصخور بالأجهزة والآلات. وتتشابه العديد من المركبات فى خواصها، بينما تختلف أخرى باختلاف مصادرها .

1.6.3 لماذا لا يستخدم رمل الشاطئ كركام:

الخرسانة مادة حساسة لاي نوع من انواع الاملاح او الشوائب وبالتالي فأن جودتها وصلابتها تتدهور في حالة إن لم يتم إستخدام مواد نظيفة وخالية من الشوائب والأوساخ والمواد العضوية القابلة للتحلل والمواد الكميائية التي من الممكن ان تتفاعل مع الماء لتولد مواد ضارة بالخرسانة،الاملاح الموجودة برمل الشاطيء يجعل منها عدو خطير للخرسانة فهذه الاملاح لها القابلية والقدرة على صدأ حديد التسليح بداخل الخرسانة والانتفاخ بداخل الخرسانة مسببة شروخ وشقوق واسعة في انحاء متفرقة وكبيرة من جسم المنشأ الخرساني وبالتالي تدهور جودته وقدرته على القيام باعماله باكمل وجه بل والوصول الى حد الانهيار الجزيء او التام في حالة عدم الصيانة الفورية والشاملة للجزء التالف من الخرسانة،الكسارات التي تقوم باستخدام رمال الشاطيء كمواد يعاد معالجتها لتباع كمواد ركام ناعم لمجال المقاولات بشتى انواعها تقوم بعمليات غسل مكثف ودقيق لهذه الركام بمياه نظيفة وصالحة للاستخدام في هذا المجال ويتم عرض المياه والرمل الى اختبارات كثيرة للتاكد من وصول الرمل الى درجة الأمان بالنسبة الى محتوياته وإن المياه لا تحتوي على نسب خطيرة من الأملاح او الشوائب وبالتالي فاستعمال الرمل مباشرة من الشاطيء أمر مرفوض وخطير وغير محبذ بتاتا ويجب أن تمر الرمال بعمليات معالجة مكثفة وفق مواصفات ومقاييس محددة حتى تصبح صالحة للاستخدام.

7.3 مدى أهمية خواص الركام على الخرسانة:

مما ورد سابقًا يتضح أن خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلو ك هيكل الخرسانة وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة إلى ثلاثة متطلبات هي: اقتصادية الخليط ، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة ، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة، و من الخواص المهمة الأخرى لركام الخرسانة هي تدرج حبيباته، ولغرض الحصول على هيكل خرساني كثيف يجب أن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسبا وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط ، بالاضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطري فعند تحديد كمية الركام الموجود في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية تشغيل الخليط أكثر عندما يكون تدرج الركام مناسبا وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليط أقل وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة الناتجة، كما ويؤثر الركام على الكلفة الكلية للخرسانة ،وبصورة عامة فإنه كلما كانت كمية الركام الموجود في حجم معين من الخرسانة أكثر كلما كانت الخرسانة الناتجة اقتصادية أكثر وذلك لكون الركام أرخص من الأسمنت ،ولغرض الحصول على خرسانة متينة يجب أن يتميز ركامه ا بعدم تأثره بفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والبرودة والانجماد والتي تؤدي إلى تفكك الركام كما ويجب أن لا يحصل تفاعل ضار بين معادن الركام ومركبات الأسمنت ، إضافة إلى ضرورة خلو الركام من الطين ومن المواد غير النقية والتي تؤثر على المقاومة والثبات لعجينة الأسمنت ، ويجب أن يكون الركام نظيفا قويا مقاوما للسحق والصدم ومناسبا من حيث الامتصاص ذاشكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال ، ومقاوم ا للتآكل والبري ،الاشتراطات الخاصة بالركام:

أ- يجب أن تكون حبيبات الركام شبه كروية وغير مفلطحة وتفضل الأنواع عديدة الأوجه.

ب- يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 05 %.

ج- يجب ألا يقل الوزن النوعي الظاهري عن 2.35 .

د- يجب ألا تزيد نسبة الفاقد في وزن الركام عند اجراء اختبار الثبات عن 10-12 % من الوزن.

هـ- يجب ان يكون الركام المستخدم في الخلطات الخرسانية متدرجًا ضمن حدود منحنيات التدرج .

و- يجب أن يخضع الركام للغسيل قبل استخدامه وذل ك لضمان خلوه من المواد العضوية والأملاح الضارة.

8.3 الركام وأثره في الخرسانة:

في ابسط الصور فان الخرسانة هى خليط من العجينة والركام، العجينة تتكون من اسمنت بورتلاندي وماء تغطي سطح الركام الناعم والخشن، من خلال تفاعل كميائي يسمى الاماهه (Hydration) فأن العجينة تتصلب وتكتسب قوة لتشكل كتلة كالصخرة تسمى الخرسانة، من خلال هذه العملية تقبع ميزة بارزة للخرسانة وهى انه يكون بلاستيكي وطيع عند بدء الخلط ويكون قوي ومتين بعد التصلب، هذه الصفات تشرح سبب قدرة الخرسانة على بناء ناطحات السحاب والجسور والطرق السريعة والسدود والمنازل.

1.8.3 نسب الخلط:

مفتاح الحصول على خرسانة قوية ومتينة يقبع في نسب الخلط وطريقة الخلط للخليط المشكل للخرسانة. فالخرسانة التي لا تملك عجينة اسمنتية كافية لملاء كافة الفراغات بين الركام سيكون من الصعب أن توضع في القوالب المخصصة لها وسوف تنتج تعشيش خشن على سطح الخرسانة بالإضافة الى خرسانة مسامية. اما الخليط المحتوي على الكثير من العجينة الاسمنتية سيكون من السهل وضعه في القوالب بالإضافة الى حصوله على سطح املس وناعم مع ذلك سينتج لنا خرسانة تتقلص وتنكمش بشكل اكبر وستكون غير اقتصادية بتاتا من ناحية التكلفة.

وبالتالي فان تصميم الخلطة الخرسانية المناسبة سيولد لنا القابلية للتشغيل المطلوبة بالنسبة للخرسانة الطازجة بالإضافة الى المتانة والقوة اللازمتين عند تصلب الخرسانة.

كيمياء الاسمنت البورتلاندي والتفاعل بداخل الخرسانة يبدء بالظهور في اول وجود للماء في الخلطة. وبالتالي فان الاسمنت والماء يشكلان العجينة الاسمنتية التي تغطي كل جزء من الرمل والحصى بداخل الخرسانة. طبعا هذا التفاعل

خصائص الخرسانة تتحدد ، (Hydration) الكيميائي يسمي الإماهة أو بجودة ونوعية العجينة الاسمنتية المستخدمة ، وقوة العجينة الاسمنتية في المقابل تعتمد على نسبة الماء الى الاسمنت في العجينة ،نسبة الماء ، الاسمنت هو وزن الماء مقسوما على وزن الاسمنت ،الخرسانة ذات الجودة العالية يجب ان تحتوي على اقل نسبة ماء الى أسمنت من الممكن الحصول عليها بدون التأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة، بشكل عام استخدام ماء اقل يولد خرسانة ذات جودة عالية بالإضافة الى ان الخرسانة يجب ان يتم وضعها في القوالب بشكل مناسب ودمجها بشكل مناسب والاعتناء بها في فترة التصلب بشكل مناسب أيضا ،ماء الشرب عادة يكون مناسب للاستخدام في الخرسانة، بشكل عام فان الماء الذي لا لون ولا طعم مميز له يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة ، ايضا بعض الماء غير الصالح للشرب يمكن ان يستخدم في خليط الخرسانة، أستخدام ماء ملوث في الخليط لن يؤثر فقط على فترة الشك للخرسانة أو على قوة الخرسانة لكنه من الممكن ان يؤدي الى ظهور لطخ على الخرسانة بالاضافة الى صدأ حديد التسليح وتغير دائم في حجم الخرسانة وتقليل متانة الخرسانة ،المواصفات عادة تنص على ان الماء يجب ان يكون خالي من الكلوريد والكبريتات والاملاح في ماء الخليط والا فان الاختبارات يجب ان تجرى على الخليط لتحديد تاثير احتواء الماء على هذه الملوثات في صفات الخرسانة الناتجة.

2.8.3 بداية التصلب:

بعد فترة بسيطة من اضافة خليط الماء والاسمنت والركام فان الخليط يبدء في التصلد والتصلب، كل أنواع الاسمنت البورتلاندي هو عبارة عن اسمنت هيدروليكي يبدء في الشك والتصلب من خلال تفا علات كميائية مع الماء، خلال هذا التفاعل الذي يسمى الهردنة او الامهه (hydration) فأن عقد تبدء في الظهور من خلال كل جزيء اسمنت لتمتد وتتصل بعقدة أخرى تمتد من خلال جزيء اسمنتي اخر متصل بالركام. عمليات البناء الخرسانية تنتج من خلال عمليات تقويةالخلطة بالقوالب وتصلب الخلطة ثم اكتساب الخلطة للقوة فبمجرد ان يخلط خليط الخرسانة ويكون قابل للتشغيل يجب ان يوضع في القوالب قبل ان يقسى الخليط ويصبح صل ب،خلال عملية الوضع في القوالب فان الخرسانة تضغط للدمج وذلك للتخلص من أمكانية ظهور عيوب مثل التعشيش والجيوب الهوائية، للسقوف الخرسانية يجب ان تترك

الخرسانة حتى يختفي شريط المياه الرطب الظاهر فوقها وبمجرد اختفائه تبدء عملية التنعيم والتسوية باستخدام الادوات الخشبية او المعدنية.

3.8.3 المعالجة:

معالجة الخرسانة تبدء بمجرد ان يصبح سطح الخرسانة صلب كفاية ولا يتغير بالضغط الخفيف عليه، فترة المعالجة تضمن أستمرار فترة الامهه واكتساب الخرسانة للقوة المطلوبة،سطح الخرسانة يتم معالجته برش رذاذ الماء على الخرسانة أو باستخدام أغطية من الفيبر النباتي كالقطن مثلا ويكون رطب لتغطية سطح الخرسانة،طرق المعالجة الاخرى تمنع تبخر المياه من الخرسانة مثل ختم وتغطية الخرسانة بأغطية بلاستيكية أو استخدام رشاشات ماء خاصة،طرق معالجة أخرى خاصة تستخدم في الظروف القاسية سواء كانت حارة جدا او باردة جدا لحماية الخرسانة كتمديد انابيب للتسخين او التبريد بداخل الخرسانة المصبوبة ، كلما تم ابقاء الخرسانة رطبة كلما كانت اقوى واكثر متانة،معدل التصلب يعتمد على مكونات الخليط ونعومة الاسمنت ونسب الخلط والرطوبة المتوفرة بالاضافة الى درجة حرارة الجو المحيط بالخرسانة،معظم قوة الخرسانة وعملية الامهه تتم في الشهر الاول من حياة الخرسانة لكن عملية الامهه تستمر بمعدلات ابطيء لعدة سنوات اخرى،وبالتالي فان الخرسانة تستمر بأكتساب القوة كلما تقدم بها العمر.

9.3 الخلاصة

ان لنوعية و خواص الركام تأثيرًا كبيرًا على خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (70-75 %) من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية ،ويتكون الركام - بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل والأخرى حبيبات كبيرة كالحصى، وإضافة إلى كون الركام يشك ل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة والذي يعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلف ة كالحرارة والرطوبة والانجماد فانه يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصل ب عجينة الاسمنت أو عن تعرض الخرسانة للرطوبة والجفا ف، ولذا فإن الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها لذا يستوجب أن تكون الدراية كبيرة في الركام لضمان النتائج المرجوه في العمل.

الفصل الرابع

التجارب المعملية التي تجرى لمعرفة خواص الركام

1.4 تجارب الركام :

1.1.4 اختبار التحليل بالمناخل للركام

Test method for the determination of sieve analysis of aggregates

- هذا الاختبار هو احدى الاختبارات الهامه لتحديد صلاحية الركام لاستخدامه في الخلاطات الخرسانيه . و هو يختص بتحديد التدرج الحبيبي أي توزيع مقاسات حبيبات الركام في كمية من الركام المستخرج من المصادر الطبيعيه .
- في حالة الركام الذي يحتوي علي مواد طينية او أي مواد تؤدي الي تكتل الحبيبات فيتم غسل الحبيبات ثم تعيين التدرج الحبيب لها بعد جفافها

أ- الهدف من الاختبار

يهدف هذا الاختبار الي تحديد :

- التدرج الحبيبي أي توزيع مقاسات حبيبات الركام في كمية من الركام و ذلك لاستخدامه في الخلطات الخرسانية .
- معيار النعومة للركام .
- المقاس الاعتباري الاكبر للركام

ب- الأجهزة المستخدمة

- ميزان الحساس .
- فرن جيد التهوية يمكن التحكم في درجة حرارته حتى 105 +/- 5 درجه مئوية .
- مجموعة المناخل القياسية لكل من الركام الكبير و الصغير الخليط كما بالجدول (2-7) .
- هزاز مناخل الميكانيكي .
- صينيه يمكن ادخالها بدون حدوث أي تغيير في وزنها

- تحضير العينة

- تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينة الكلية و ذلك عن طريق تقسيم رباعي او صندوق التقسيم .
- تجفف عينة الاختبار حتى يثبت وزنها في فرن تجفيف درجة حرارتة 105 +/-5 درجة مئوية

ج- خطوات اجراء الاختبار

1. توزن عينة الركام الجاف بدقه 0.1% من وزن العينة و ليكون وزنها W.
2. ترتب المناخل طبقاً لمقاس فتحة المناخل ترتيب تصاعدي ابتداءً من الوعاء ثم تنخل العينة و يبدا النخل بالمنخل الاكبر و ينتهي بالمنخل الاصغر ، و يراعى ان تكون المناخل سليمة و نظيفة تمام قبل استعمالها .
3. تجرى عملية النخل بهز المنخل ميكانيكاً او يدوياً مدى كافية لا تقل عن عشر دقائق ، بحيث لا تمر من أي منخل بعدها و ذلك بهزة امام و خلف و يمين و شمال و دائرياً في اتجاه عقارب الساعة وعكسه و كما يحرك المنخل من وقت لاخر بحركة التفافية حتى يتحرك الركام بستمرار فوق وجه المنخل ليتسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل .
4. يراعى اثناء نخل الركام الكبير الا تجبر حبيبات علي المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد ، و في حالة المناخل التي مقاس فتحتها 20 مم و اكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور فتحات هذه المناخل .

5. يرعى اثناء نخل الركام الصغير امكان فرك التكورات المتجمعة ان وجدت بضغطها علي جدار المنخل و كذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المنخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يرعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المخل مقاس 0.15 مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم احداث أي ضغط على سطح هذا المنخل
6. توزن مقادير الركام المحجوز على كل منخل على حدى بالميزان الحساس و لتكون اوزانه W1 W2 W3…….EST .

د . النتائج و الحسابات

- تحسب النسبة المئوية للركام على كل منخل و النسبة المئوية للركام المار منة من واقع الاوزان المحجوزة على كل منخل .
- يعين من النسبة المئوية للمار المقاس الاعتباري الاكبر للركام .
- يحسب معيار النعومة للركام الصغير .

2.1.4اختبار تعيين اوزن النوعي الظاهري للركام

Apparent Specific Gravity of Aggregate

- **تعريف الوزن النوعي الظاهري :**

هو وزن وحدة الحجم من الركام (بما في ذلك فراغات الحبيبات)

و يعين الوزن النوعي الظاهري للركام الصغير او الكبير على اساس وزن الركام المشبع للركام ذي السطح الجاف .

و الوزن النوعي الظاهري للركام الصغير او الكبير هو ناتج قسمة وزن الركام الجاف على وزن الماء المساوي له في الحجم (وزن الماء المزاح)

أ- الاجهزة المستخدمة

1. ميزان حساس
2. فرن تجفيف
3. قنينة مدرجه او مخبار مدرج

ب- طريقة اجراء الاختبار .

- اجراء الاختبار للركام الصغير .

1. تغسل عينة الاختبار (لا تتعدى 100 جرام) لأزاله الأتربه منها ثم تجفف في فرن تجفيف درجة حرارته بين 100 -110 درجه مئوية ثم تبرد العينة في مجفف و توزن و تعاد عملية التجفيف و التبريد و الوزن عدة مرات الي ان يثبت الوزن (w1) .
2. يسكب ماء درجة حرارته بين 15 -25 درجه مئوية ، في قنينة ذات رقبة مدرجة تتدرج قياسياً ، الي علامة مناسبة علي الجزء المدرج ، و تسجل قراءة التدريج و ليكون (V1) ، ثم يضاف الركام الصغير (W1) الي داخل القنينة و يترك مغمور لمدة ساعة مع ازالة فقاقيع الهواء الموجودة و ذلك بطرق القنينة طرقاً خفيفاً بعد ساعة من اضافة الركام الصغير تسجل القراءة الثانية و لتكون (V2) فيكون الفرق بين القراءتين هو حجم الركام .

- **اجراء الاختبار للركام الكبير**

1. تغمر العينة (2 كجم) في ماء درجة حرارته بين 15-25 درجة مئويه لمدة 24 ساعة ثم ترفع و يجفف سطحها .
2. تصب كمية معلومة الحجم من الماء في وعاء معلوم السعه (V3) الي ما يقرب من منتصفة ث تضاف حبيبات الركام الي الوعاء لتملئ نصفه تقريباً ثم تضاف كمية اخرى من الماء الي ان يمتلئ الوعاء تماماً و يعين حجم الماء المستعمل جميعه و ليكن(V4) .
3. ترفع العينة من الماء و تجفف في فرن مهوى درجة حرارته تتراوح بين 100-110 ثم تبرد في مجفف و توزن و تعاد عملية التجفيف و التبريد و الوزن عدة مرات الي ان يثبت الوزن وليكن (W2)

ج- النتائج و الحسابات .

- الوزن النوعي الظاهري لركام الصغير
- الوزن النوعي الظاهري للركام الكبير

3.1.4 اختبار تعيين الوزن الحجمي و النسبة المئوية لفراغات الركام

- **الوزن الحجمي :**

هو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله بما فيه من فراغات

- **النسبة المئوية للفراغات :**

هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الركام و بين الحجم الكلي الذي يشغله الركام .

أ. الغرض من الاختبار

- يفيد تعيين الوزن الحجمي عند تحويل حجم معين ن الركام الي الوزن المكافئ له او العكس .
- يمكن حساب النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام بمعلومية كل من الوزن الحجمي و الوزن النوعي الظاهري للركام .

ب. الأجهزة المستخدمه

1. وعاء اسطواني الشكل ذو سعه 30 لتر للركام الكبير الذي مقاسه اكبر من 40 مم ، وسعة 15 لتر للمقاس بين 5 الي 40 مم ، و سعته لتر للركام الصغير اقل من 5 مم .
2. قضيب دمك معدني .
3. ميزان حساس .

عينة الاختبار

- الزلط : تحضر عينة من الزلط وزنها حوالي 25 كجم .
- الرمل : تحضر عينة من الرمل وزنها 5 كجم .

ج. طريقة اجراء الاختبار .

1. تحضر عينة الاختبار بتجزئة العينه الكلية عن طريق التقسيم الرباعي او الصندوق التقسيم .
2. تحدد سعة الوعاء حسب المقاس الاعتباري الاكبر للركام و لتكن V1.
3. يوزن الوعاء فارغاً و جافاً و نظيفاً و ليكن وزنه W1.
4. يملئ الوعاء لثلثه بالركام المخلوط خلطاً جيداً و يدمك بقضيب الدمك 25 مره ثم يضاف مقدار اخر مساوياً له في الكمية و يدمك 25 مرة اخرى و بعد ذلك يملئ الوعاء لأكثر من سعته 25 مره
5. يزال الركام الزائد عن سعة الوعاء بستعمال قضيب الدمك و مسطرة التسوية .
6. يوزن الوعاء بما فيه من الركام و ليكن وزنه W2.
7. يكرر الاختبار ثلاث مرات على الاقل ثم يأخذ متوسط النتائج .

د. النتائج و الحسابات

. يتم حساب الوزن الحجمي كما يلي :

حيث ان :

- Y= الوزن الحجمي للركام
- W1 = وزن الوعاء فارغ .
- W2= وزن الوعاء بما فية من ركام
- V1= حجم الوعاء

يتم حساب النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام كما يلي :

حيث ان :

- V= النسبة المئوية للفراغات بين حبيبات الركام
- P = الوزن النوعي الظاهري لحبيبات الركام كما تم تعيينها في اختبار تعيين الوزن النوعي الظاهري .
- Yw= كثافة الماء = 1 طن / متر مكعب
- Y= الوزن الحجمي للركام .

4.1.4 اختبار تعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام

اولاً : الركام الكبير

امتصاص الركام الكبير للماء : هو النسبة المئوية للزيادة في وزن الركام الجاف بعد غمره في الماء لمدة 24 ساعة

أ. الغرض من الركام .

يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير (اكبر من 5 مم) للماء بالوزن .

ب. الاجهزة المستخدمه

1. ميزان حساس ذو سعة مناسبة (3 كجم او اكثر حسب وزن عينة الاختبار) .
2. سلة من السلك ذات فتحات من 1-3 مم.
3. خزان غير منفذ للماء و ممكن لسلة السلك الدخول فيه بحرية تامة.
4. قطعتان من القماش .
5. وعاء له نفس سعة سلة السلك .
6. منخل مقاس 5 مم .
7. ماء نضيف .

ج. طريقة اجراء الاختبار .

1- يتم غسل العينة قبل اجراء الاختبار على منخل 5 مم لأزالة كل المواد الناعمة والطمى والطين . بالنسبة للركام المعتاد (عدا الخفيف او الثقيل)يجب الا يقل وزن عينة الاختبار بالجرام عن 100مرة مقاس الاعتباري الاكبر للركام بالمليميتر

2- يتم وضع عينة الاختبار في السلة السلك ثم تغمر في وعاء بة كمية مناسبة من الماء عند درجة حرارة ثابتة بين 15-25 درجة مئوية بحيث لا تقل المسافة بين اعلى نقطة في السلك وسطح الماء عن 50مم

3-بعد الغمر يزال الهواء المحبوس بالعينة وذلك برفع السلة والعينة 25مم مع التأكد ان السلة والعينة مغمورتان غمرا تاما في الماء، ثم يسمح لهما بالهبوط 25 مرة بمعدل مرة كل ثانية

3- تترك السلة وعينة الركام مغمورتين غمرا تاما في الماء لمدة 24 ساعة

4- تترك السلة والعينة ثم تخرجان من الماء ويمسح الماء العالق عليهما ثم يتم بعد ذلك تفريغ الركام من السلة ويوضع على واحدة من قطعتين قماش جاف ويجفف سطح العينة برفق ويستعان بقطعة القماش الجافة الاخرى اذا تطلب الامر ذلك

5- يتم نشر قطع الركام الكبيرة على سطح قطعو القماش الثانية على طبقه واحدة وتترك معرضة للهواء الجوي بعيدا عن ضوء الشمس المباشر او أي مصدر اخر للحرارة حتى يختفي غشاء الماء المغلف لسطح حبيبات الركام بينما يكون الركام مازال مبتلا. يتم وزن العينة ويكن وزنها m_1

6- توضع العينة في وعاء مسطح ثم توضع في فرن تجفيف درجة حرارة بين 100 – 110 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة ،ويسمح للعينة ان تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة في الجو ثم توزن وليكن وزنها m_2.

د- النتائج والحسابات

يتم حساب النسبة المئوية للامتصاص الركام الكبير للماء (α) من المعادلة التالية

$$\propto = \frac{m1 - m2}{m2} * 100$$

هـ- حدود القبول والرفض

قيم حدود القبول والرفض حسب المواصفة الامريكية ASTM C127 تكون طبقا للجدول

المادة	النسبة المئوية للامتصاص "بالوزن"
الزلط ،الحجر الجيري المكسر	% 1 - 0.5
الجرانيت	% 1 -0
الحجارة	لا تزيد عن 2.5%

ثانياً : الركام الصغير

امتصاص الركام الصغير للماء : هو النسبة المئوية للزيادة في وزن الركام الجاف بعد غمرة في الماء لمدة 24 ساعة .

أ. الغرض من الاختبار .

يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الصغير (اقل من 5 مم) للماء بالوزن .

ب. الاجهزة المستخدمة .

1. ميزان حساس ذو سعة مناسبة .
2. قالب معدني على شكل مخروط ناقص ذي قطر داخلي علوي 40+/- 3مم و قطر داخلي سفلي
3. قضيب دمك معدني

ج. طريقة اجراء الاختبار .

1. يؤخذ حوالي 1 كيلو جرام من الركام الصغير ، ثم تجفف العينة في وعاء مناسب حتى تصل الي وزن ثابت عند درجة حرارة بين 100 – 110 درجة مئوية . ثم تترك العينة لتبرد ثم تغطى بالماء بالغمر ثم تترك لمدة 24 +\- 4 ساعات

2. يصب الماء الزائد من وعاء لاخر بحرص لتجنب فقدان جزيئات المواد الناعمة ثم تبسط العينة على سطح مستوي غير ماص للماء و معرض لتيار هواء دافئ ذي سرعة بطيئة ثم يمزج تكرارياً لتأمين تجفيف متجانس .الي ان تصل العينة لحالة الانسياب الحر .

3. يحدد ما اذا كان هناك رطوبة سطحية على الركام الصغير ام لا باختبار العينة باستخدام المخروط كما يلي :

* يمسك القالب بثبات على سطح غير ماص للماء مع وضع القطر الاكبر لاسفل .

*يوضع جزء من الركام الصغير المجفف جزئياً سائباً في القالب بملئه حتى يفيض .

* يتم دمك الركام الصغير في القالب بواسطة قضيب دمك 25 دقة خفيفة من اعلى . سطح الركام 5 مم ثم يترك ليسقط حراً. ثم يسوى السطح العلوي و يزال الركام الزائد .

4. تأخذ عينة من الركام الصغير بعد تجهيزها كما سبق و توضع بوعاء مناسب و يعين وزنه و ليكن M1.

5. توضع العينة في وعاء مسطح ثم توضع في فرن التجفيف درجة حرارته بين 100-110 درجة مئوية و ذلك لمدة 24 ساعة و يسمح للعينة ان تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة في الجو ثم توزن و ليكن وزنها M2.

د. النتائج و الحسابات.

يتم حساب النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير للماء B.

5.1.4 اختبار تعيين محتوى الفراغات بين حبيات الركام الصغير غير المدموك

TEST METHOD FOR UNCOMPACTED VOID CONTENT OF FINE AGGREGATE ((AS INFLUENCED BY PARTICLE SHAPE ,SURFACE TEXTURE ,AND GRADING

الهدف

نعيين محتوى الفراغات بين حبيات الركام الصغير غير المدموك

الأجهزه

1- مكيال اسطوانى معدنى سعتة 100 ملل تقريبا

2- قمع معدنى سطحة الداخلى مصقول

3- حامل معدنى

4- لوح زجاجى مربع

5- ميوان حساس

6- فرن مهوى حرارته من 100- 110 درجة مئوية

7- أوعية محكمة الغلق لحفظ عينات الركام لا يقل حجمها عن 200 ملل

خطوات الاختبار

1- يتم تحديد الوزن النوعى للركام

2- يعين وزن المكيال الجاف النظيف الفارغ لاستخدامة فى الحسابات ويحسب حجم المكيال كما يلى

$$V = (M*1000)\backslash D$$

حيث :

V = حجم المكيال (ملل)

M = وزن الماء الذى يملأ المكيال

D = كثافة الماء طبقاً لدرجة حرارة الماء.

3- تخلط عينة الاختبار جيداً

4- توضع عينة الركام فى المكيال بحذر

5- يتم وزن المكيال وعينة الركام لأقرب 0.1 جرام

6- يتم الحفاظ على عينة الركام لإجراء التجربه مره ثانية

7- يتم خلط عينة الإختبار جيداً ثم يعاد الإختبار مره ثانية

النتائج

محتوى الفراغات بين حبيبات الركام غير المدموك

U ={ V –(F\G)}*100\V

حيث :

U = محتوى الفراغات بين حبيات الركام %

F = حجم المكيال (ملل)

V = وزن الركام الذى ملئ المكيال (جرام)

G = الوزن النوعى للركام

6.1.4 اختبار تعيين النسبة العصوية للركام

ELONGATION INDEX OF COARSE AGGREGATE

الهدف

تعيين معامل العصوية للركام الكبير

الأجهزه

- مقياس طول معدنى
- مناخل قياسيه
- ميزان حساس
- فرن مهوى
- هزاز ميكانيكى للمناخل
- مجموعه من الأوعية ذات مقاسات مناسبه

خطوات الاختبار

1- يتم اجراء عملية التحليل بالمناخل لعينة الاختبار

2- تعيين الوزن الجاف لكل وزن محجوز من العينة على المناخل القياسيه عدا المنخل 50مم . ثم يوضع كل جزء بوعاء خاص به مع تسجيل المقاس الخاص بكل جزء على الوعاء

3- يتم حساب النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل ويتم استبعاد اى جزء لاتزيد النسبة المئوية للمحجوز له على 5 % من الوزن الكلى للعينة

4- يتم اختبار طول حبيبات الركام وذلك باختيار طول المقاس المناسب لكل مقاس من أجزاء الركام المقاس ، والحبيبات العصويه هى تلك الحبيبات ذات الطول الذى يمنع مرورها من خلال المقياس

5- يتم تجميع جميع الحبيبات العصوية ويعين وزنها

النتائج

يتم حساب قيمة معامل العصوية (EI) من العلاقة

EI = 100 *M3\M2

حيث :

M2 : مجموع أوزان أجزاء العينة التى لهاأوزان أكبر من 5% من وزن عينة الإختبار

M3 : وزن جميع الحبيبات العصويه

ويتم التعبير عن معامل العصوية بأقرب رقم صحيح

2.4 الاختبارات و التجارب التي تجرى على الركام لاختبار متانته :

نظراً لتعدد مصادر الركام المستخدم في رصف الطرق واختلاف أنواعه وبالتالي خواصه و أدائه وحتى يمكن تعريف نوع الركام المستخدم وتحديد خواصه ومواصفاته فقد وضعت العديد من الاختبارات والتجارب العملية التي تجرى على عينات من الركام و يمكن بواسطة النتائج المتحصل عليها الحكم على جودة الركام و صلاحيته للاستخدام في الغرض المطلوب.

وسنقدم في هذا الجزء عرضاً مختصراً لبعض الاختبارات والتجارب القياسية المعمول بها في هذا المجال.

1.2.4 اختبار التهشيم Crushing test

يجرى هذا الاختبار لقياس مدى مقاومة الركام المستعمل في طبقات الرصف للتهشيم الناتج عن الأحمال المطبقة فوق سطح الرصف.

يبين الشكل 4.4 المعدات المستخدمة في هذا الاختبار. وهى إضافة إلى كلة الضغط ، اسطوانة حديدية قطرها الداخلي (152 مم) مع قاعدة ومكبس بقطر(150 مم)، وتوجد اسطوانة قياس بقطر (115 مم) و ارتفاع (180 مم) ومدكّ ومجموعة مناخل قياسية [6]. عينة الركام المستخدمة في هذا الاختبار محصورة بين المنخل (12.5 مم) و

(10مم). وتبدأ التجربة بملء اسطوانة القياس بالركام على ثلاث طبقات متساوية تدمك كل طبقة بدقها 25 مرة باستعمال قضيب حديدي خاص (المدكّ) ، ثم يحدد وزن العينة (W_1). تفرغ بعدها في اسطوانة الاختبار على ثلاث طبقات متساوية أيضاً وتدمك بنفس الكيفية السابقة.

يتم بعد ذلك وضع المكبس فوق العينة ملامس لسطح الركام وتبدأ عملية التحميل بمعدل ثابت (4 طن/دقيقة) حتى الوصول إلى أقصى حمل وهو 40 طن[6]. بعد ذلك تفرغ عينة الركام و تمرر خلال المنخل 2.36 مم و يحدد وزن الركام المار (W_2). وبذلك يمكن حساب قيمة التهشيم للركام كالأتي:

$$\text{قيمة تهشيم الركام} = 100\frac{W_2}{W_1}$$

حيث :

W_1 = وزن العينة الأصلي

W_2 = وزن الركام المار من المنخل 2.36 مم.

وتحدد المواصفات قيمة التهشيم بما لا يزيد عن 30% بالنسبة للركام المستخدم في الطبقات السطحية و45% للركام المستخدم في طبقات الأساس و الأساس المساعد.

2.2.4 اختبار الصدم Impact Test

يجرى هذا الاختبار للتعرف على مدى مقاومة الركام لقوة الصدم والتي تعبر عن الأحمال الديناميكية التي قد يتعرض لها الرصف بسبب مرور عجلات المركبات أو بسبب التوقف المفاجئ على سطح الطريق. ويتمثل الاختبار في تعريض عينة مختارة من الركام لعدد من الصدمات المتتالية بواسطة مطرقة قياسية تسقط بشكل حر من ارتفاع محدد ثم تحسب نسبة المادة المفقودة من حبيبات الركام إلى الكمية الأصلية للحصول على قيمة الصدم.

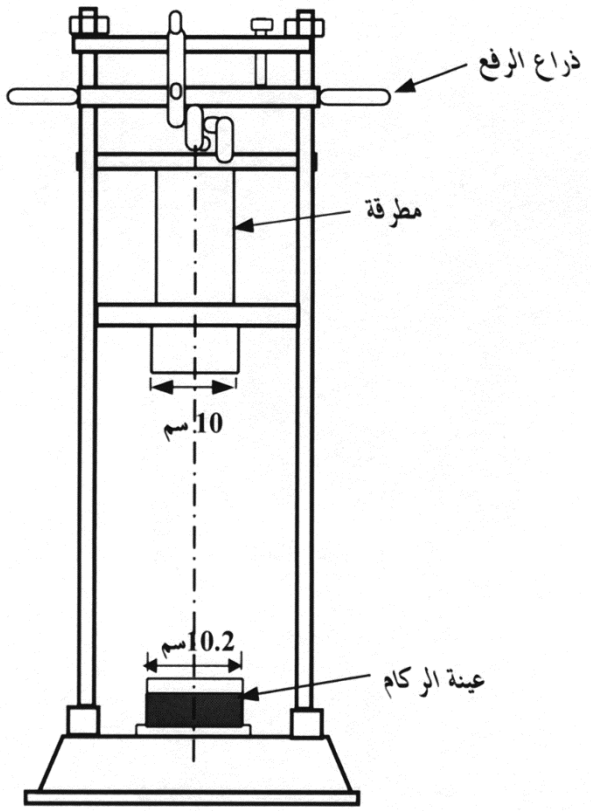
يبين الشكل 5.4 رسم تخطيط لمعدات الاختبار وتتكون من اسطوانة معدنية قطرها الداخلي 102 مم و عمقها 50 مم مثبتة فوق قاعدة معدنية توضع داخل إطار التحميل و الذي تنزلق عليه مطرقة معدنية يتراوح وزنها بين 1350 جم و 1400 جم يمكن إن تسقط بشكل حر من ارتفاع يبلغ 380 مم من فوق سطح العينة كما تتضمن المعدات وعاء قياس أسطواني و قضيب دمك معدني و بعض المناخل القياسية [6].

عينة الركام المستخدمة في هذا الاختبار يجب أن تكون محصورة بين حجم 12.5 مم و 10 مم. يتم إعداد العينة بدمكها داخل وعاء القياس على ثلاث طبقات و ذلك بدق كل طبقة 25 مرة بقضيب الدمك و يحدد وزن العينة و ليكن (W_1) [6].

تنقل بعدها العينة إلى اسطوانة الاختبار و توضع على ثلاث طبقات أيضا حيث تدمك كل طبقة بنفس الكيفية السابقة. يبدأ بعد ذلك الاختبار بتثبيت المطرقة القياسية على الارتفاع المحدد (380 مم) وتركها تسقط على سطح العينة بشكل حرّ . و يتم تكرار ذلك 15 مرة بمعدل سريع وثابت.

بانتهاء عملية الصدم يتم إفراغ محتويات اسطوانة الاختبار و إمرار المادة من المنخل 2.36 مم و يحدد الوزن المار (W_2). وتحسب قيمة الصدم Impact Value كما يلي:

$$\text{قيمة الصدم} = \frac{100.W_2}{W_1}$$



شكل 1.2 اختبار الصدم للركام

وبناء على القيمة المتحصل عليها يتم تصنيف الركام وفق الكتي:

ركام عالي القوة	**% 10 ≥**
ركام قوى	**% 20 – 10**
ركام جيد	**% 30 –20**
ركام ضعيف	**% 45 – 30**

ويسمح باستخدام الركام الذي لا تزيد قيمة الصدم له عن 30% في الطبقات السطحية للرصف أما الركام الضعيف فيمكن استخدامه في الطبقات التحتية فقط و بشرط ألا تزيد قيمة الصدم عن 45%.

3.2.4 اختبار البري Abrasion test

يتعرض الركام المستخدم في طبقات الرصف السطحية لعمليات البري و التآكل المستمر بسبب احتكاكه المباشر مع عجلات المركبات المارة على سطح الطريق و بسبب عوامل التعرية الجوية مثل مياه الأمطار وهبوب الرياح المحملة بالرمل ... الخ. لذلك فإن الركام المستخدم في الطبقة السطحية يجب أن يكون مقاوماً للبرى و التآكل ، أي أن يكون ذا صلادة عالية. ولاختبار هذه الخاصية توجد العديد من التجارب تأتى في مقدمتها تجربة لوس أنجلس لاختبار البرى.

ويتلخص اختبار لوس أنجلس للبري في تعريض عينة الركام لعمليات البري والتآكل في المعمل عن طريق تدويرها في اسطوانة من الصلب لعدد معين من المرات حيث تتعرض حبيبات الركام للاصطدام ببعضها البعض و بجدار اسطوانة الصلب وكذلك بكرات حديدية صلبة ذات وزن و قطر محدد و بعدد يتناسب و كمية الركام المراد اختباره. تتمثل أدوات الاختبار في اسطوانة مجوفة من الصلب بقطر داخلي قدره 700 مم وبطول 500 مم تدور حول محورها الأفقي كما هي مبينة في الشكل 6.4.

و يوجد بداخل الاسطوانة رف معدني بكامل الطول كما تتضمن معدات الاختبار كرات من الصلب بقطر 48 مم تقريباً و يتراوح وزنها بين 390 و 445 جم وبعض المناخل القياسية. ويبدأ الاختبار بتحديد وزن العينة (W_1) ويتراوح بين 5 و10 كجم وكذلك العدد المطلوب من كرات الصلب. ثم توضع عينة الركام و الكرات داخل اسطوانة الاختبار و يتم تدوير الاسطوانة بمعدل ثابت (30-33 دورة / دقيقة) حتى الوصول إلى عدد الدورات المطلوب و الذي يتحدد بناء على نوع وحجم الركام المراد اختباره و يتراوح بين 500 و 1000 دورة . عند اكتمال عدد الدورات المطلوبة يتم تفريغ محتويات الاسطوانة و إمرارها خلال المنخل 1.70 مم ويجرى وزن الركام المار و ليكن (W_2).

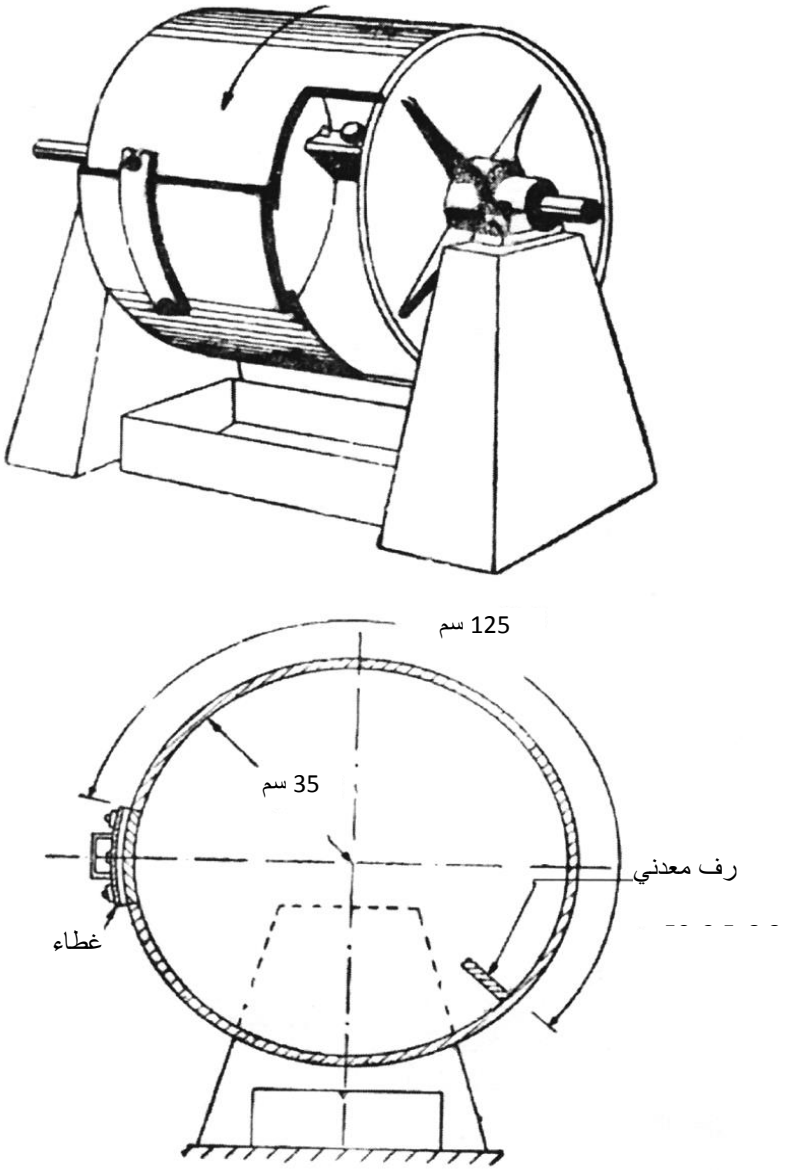
ويتم تحديد قيمة البري لعينة الركام من العلاقة:

$$\text{قيمة البرى} = \frac{100.W_2}{W_1}$$

وعادة تحدد المواصفات قيمة البري المسموح بها للركام على النحو التالي:

الطبقة السطحية $\leq 30\%$

طبقة الأساس و الأساس المساعد $\leq 50\%$



شكل 2.2 اختبار لوس أنجلس للبري

4.2.4 أختبار المتانة Soundness Test

اختبار المتانة هو مقياس لخاصية الديمومة أو المعايشة للركام، وذلك لمعرفة مدى تأثره بتغير الظروف المناخية. ويجرى هذا الاختبار وفق الخطوات التالية:

1. إعداد عينة الركام و تنظيفها و تجفيفها و تحديد التدرج الحبيبي لها
2. غمر العينة في محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المنجنيز لمدة تتراوح بين 16 و 18 ساعة.
3. تجفيف العينة في فرن درجة حرارته 105 –110 °م.

4. تكرار عمليات الغمر و التجفيف (الخطوتين 2 ، 3) عدة مرات وذلك اعتماداً على طبيعة الظروف المناخية بالمنطقة و أيضا على نوع المحلول المستخدم في عملية الغمر. و في العادة يتراوح عدد هذه الدورات ما بين 5 و 10 دورات.
5. يتم فحص عينة الركام بالنظر و باستخدام المجهر و ذلك للتعرف على أية شقوق أو تفتت يكون قد حدث لجزيئات الركام.
6. إجراء عملية التحليل المنخلي لعينة الركام بعد الاختبار و تحديد التدرج الحبيبي لها و مقارنته بالتدرج الأصلي.
7. وزن العينة بعد الاختبار و تحديد الفقد في الوزن .

و يعبر عن نتيجة اختبار المتانة بتحديد نسبة الفقد في الوزن. وتنص مواصفات الركام المستخدم في أعمال الرصف ألا تزيد هذه النسبة عن 12% عند استخدام محلول كبريتات الصوديوم و 18% في حالة محلول كبريتات المنجنيز [4] .

5.2.4 اختبارات تحديد الشكل Shape Tests

تجرى هذه الاختبارات للتعرف على شكل حبيبات الركام و تحديد نسبة الأشكال غير المرغوبة في العينة مثل الركام المفلطح أو الممطول أو الزاوي. وذلك من خلال عدد من التجارب لتحديد مؤشر التفلطح Flakiness index و مؤشر الممطولية (Elongation Index) و الرقم الزاوي Angular Number و تبين الفقرات التالية كيفية تحديد هذه المؤشرات .

أ. مؤشر التفلطح:

يعرّف مؤشر التفلطح على انه نسبة وزن جزيئات الركام التي تقل فيها نسبة السمك إلى الطول عن 0.60 إلى الوزن الكلى للعينة . و يتمثل هذا الاختبار في إمرار عينة الركام عبر مناخل خاصة ذات فتحات عرضها يساوى 0.60 من متوسط حجم الركام المراد اختباره . فعلى سبيل المثال إذا كان حجم حبيبات الركام يتراوح بين 16 و 20 مم فأن عرض فتحة المنخل

$$= \frac{0.6(16+20)}{2} = 10.80 \text{ مم}$$ [5].

ويتم وزن الجزء المار من الركام و ليكن (W_2) و بمعرفة الوزن الأصلي للعينة (W_1) يمكن تحديد مؤشر التفلطح من العلاقة :

$$\text{مؤشر التفلطح} = \frac{100.W_2}{W_1}$$

ب. مؤشر الممطولية:

يعرف مؤشر الممطولية على انه النسبة المئوية لوزن جزيئات الركام الممطول إلى الوزن الكلى للعينة. ويجرى هذا الاختبار على الركام الذي يزيد حجم حبيباته عن 6.30 مم ، و يتلخص في امرار عينة الركام من منخل خاص ذي فتحات تعادل 1.80 حجم الركام المستعمل . و يتم تحديد مؤشر الممطولية بقسمة وزن الجزء المار من الركام (W_2) على الوزن الكلى للعينة ، وذلك حسب العلاقة التالية [5]:

$$\text{مؤشر الممطولية} = \frac{100.W_2}{W_1}$$

ج. الرقم الزاوي:

الركام الزاوي تكون حبيباته ذات حواف مسننة و واضحة كما هو الحال في الركام المنتج من كسر الصخور. وحيث إن الركام الزاوي يعمل على تقليل الفراغات بين حبيبات الركام في الخلطة مقارنة بالركام المدور الذي تصل فيه نسبة الفراغات إلى 33% ، يتم التعبير عن هذه الظاهرة بما يعرف بالرقم الزاوي. والاختبار الذي يجرى لهذا الغرض يتمثل في تجهيز عينة الركام بتنظيفها و تجفيفها جيداً و تحديد التدرج الحبيبي لها. توضع بعدها العينة في اسطوانة معدنية حجمها 3 لترات على ثلاث طبقات و تدمك كل طبقة بدقها 100 مرة بقضيب دمك خاص .يجرى بعدها تسوية السطح النهائي للعينة و يتم وزنها و ليكن (W_g). بعد ذلك تفرغ الاسطوانة من الركام و تملأ بالماء و يؤخذ وزن الماء وليكن (W_w) .

و من ذلك يمكن تحديد الرقم الزاوي من العلاقة :

$$\text{الرقم الزاوي} = \frac{100.W_g}{W_w} - 67$$

و يمثل الرقم 67 حجم المادة الصلبة لخليط من الركام المدور، حيث تبلغ نسبة الفراغات به 33%. ويتراوح الرقم الزاوي للركام المستخدم في أعمال الرصف بين 0 و 11 % [5].

6.2.4 اختبار الكثافة النسبية وامتصاص الماء

Relative Density and Water Absorption Test

كما سبقت الإشارة في الجزء (2.2.4) فان الكثافة النسبية أو الكثافة النوعية للركام هي مؤشر على قوة و متانة الركام . فكلما ارتفعت قيمة الكثافة النسبية للركام كلما كان قوياً و اكثر تماسكاً و العكس صحيح فالركام ذو الكثافة النسبية المنخفضة يكون في العادة ركام مسامي و ذو امتصاص كبير للماء .

اختبار الكثافة النسبية للركام يشبه إلى حد كبير اختبار الكثافة النسبية لحبيبات التربة الذي تم شرحه في الجزء (3.2.3) باستثناء بعض الاختلاف في الأدوات المستعملة في كل حالة. إذ إن كلا الاختبارين عبارة عن سلسلة من عمليات الوزن للعينة في الهواء و تحت الماء و بعد التجفيف و هكذا. وفيما يلي الخطوات الأساسية لاختبار قياس الكثافة النسبية لعينة الركام :

1. وزن عينة الركام المراد اختبارها (حوالي 2000 جم) .
2. توضع العينة في سلة معدنية على هيئة شبكة و تغمر في الماء لمدة 24 ساعة و يتم وزنها و هي مغمورة في الماء (W_1).
3. تخرج العينة من الماء و يجفف سطحها و يتم وزنها (W_2) .
4. تجفف العينة في فرن درجة حرارته 100 –110 °م لمدة 24 ساعة تم توزن (W_3) .

و من خلال هذه القياسات يمكن حساب الكثافة النسبية للركام . ومن المعروف أن هناك عدة قيم للكثافة النسبية للركام يمكن حسابها بناء على الحالة التي اخذ فيها وزن الركام من حيث هو جاف تماماً أو جاف السطح أو مشبع .

و يتم من خلال هذه التجربة أيضا تحديد نسبة امتصاص الركام للماء و ذلك بمعرفة كتلة الماء الممتص بواسطة حبيبات الركام و هو الفرق بين كتلة العينة و هي مشبعة و كتلتها و هي جافة السطح ، و يقسم هذا الفرق على الكتلة الجافة للعينة . وذلك طبقاً للعلاقة التالية :

$$\text{نسبة امتصاص الماء} = \frac{100(W_3 - W_2)}{W_3}$$

و في العادة تتراوح الكثافة النوعية للركام الصخري المستعمل في أعمال الرصف بين 2.60 و 2.90 و توصى المواصفات بالا تزيد نسبة امتصاص الماء له عن 0.6% [6،5].

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات