

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المادة: مواد خرسانة concrete materials

المصادر المعتمدة :-

١- تكنولوجيا الخرسانة (د. عويد توري خلف ، هناد عبد يوسف)

٢- Composition and Properties of concrete
(George Earl & Harmer E. Davis & Joseph Kelly)
- second edition.

٣- تكنولوجيا الخرسانة

٤- إنشائي (راهبر كو)

٥- خواص الخرسانة (تأليف أي. م. نيفيل ، ترجمة هادي اسمايل)

٦- الخرسانة المسلحة الجديدة

٧- www.silicafum.org

٨- www.flyash.com

الرسوب الاول والثاني :-

سببها

تكررها

تكررها

المعطلات الخاصة بها

خواصها

مدرس المادة

الحمداني ناصر

مبادئ عامة عن الخرسانة

الخرسانة: هي مادة استثنائية تتكون من مزيج متجانس تقريباً من جسيمات حبيبية حلبة متنوعة المقاسات تعرف بالركام، الذي يعمل سبيلاً كبيرة من جسم الخرسانة. يثبت هذا الركام بهيكل لاصق من عجور الاسمنت الملتحلب بواسطة الماء.

ملاحظة: التفاعل بين الاسمنت والماء
العمل لا يتفاعل

الركام		الاسمنت الماء	المزيج
خفافار حويصة	وهافان		

أذن مكونات الخرسانة
① الاسمنت ② الركام ③ الخشن ④ اللاعم ⑤ الماء ⑥ الحبيبات

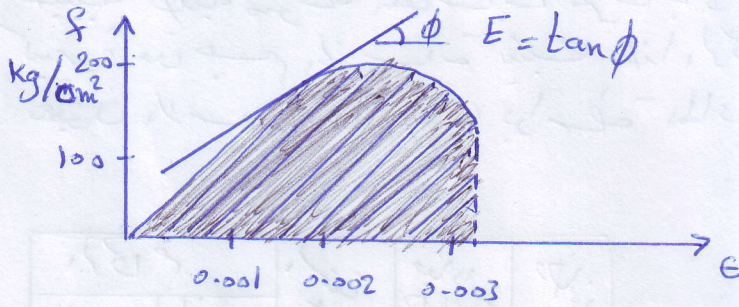
بعض الحبيبات الخاصة بالخرسانة :-
تعريف بعض الخواص الميكانيكية :-

1- المرونة elasticity: هي قدرة المادة على استعادة شكلها وابعادها الاصلية بعد زوال الحمل المؤثر.

2- الزحف creep: هي الظاهرة التي تعبر عن ازدياد تغير المادة مع الحرارة والزمن تحت تأثير الاجهاد الثابت.

3- المقاومة strength: هي أقصى اجهاد يمكن ان تتحمله المادة دون انهيار أو تشقق أو حدوث تغير كبير، وتقاس بالجهد المثل على وحدة المساحة.
والمقاومة القوي هي أكبر اجهاد تتحمله المادة خلال تأثير حمل تزايد ببطء حتى الكسر.

٤- الصلابة (stiffness) هي قدرة المادة على مقاومة التغير ، وتقاس الصلابة بميل المماس لمنحن الاجهاج ، والانفعال شكل رقم (١) وهو ما يعبر عنه بمعايير مرونة (E)



شكل رقم (١) منحني الاجهاج ، والانفعال الخرسانة (مفلا)

الصلابة = ميل المماس E

معايير الصلابة = المساحة المحصورة

٥- الصلادة (hardness) هي الخاصية التي تجعل سطح المادة يقاوم التآكل والخدش (scratching) والمواد الصلادة تكون صعبة التشغيل (القطع ، النقش ، العقد) .

٦- التحمل (Endurance)

هي قدرة المادة على مقاومة الاجمال المؤثرة مرات عديدة . ويعرف التحمل بأنه أكبر اجهاج متكرر يمكن تعريفه المادة له عدد لا نهائى من المرات دون ان يحدث انهيار للمادة .

٧- المتانة (Toughness) : هي قدرة المادة على مقاومة الاجمال الدنيا فيكس دون كسر ، اى قدرتها على امتصاص الطاقة دون كسر . وتقاس بالمساحة المؤثرة تحت منحنى الاجهاج والانفعال ، شكل رقم (١) .

٨- اللدونة (المطاطية) (Plasticity) هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل كامل أو دائم بعد ازالة الحمل المؤثر .

4- نسبة بواسون Poisson's Ratio : هي نسبة الانفعال الجانبي إلى الانفعال الطولي في عينة معروفة لكل محور .

تعريف بعض المصطلحات الخاصة بالخرسانة : - (الفيزيائية)

1- قابلية التشغيل workability : من المستحسن ان تكون الخرسانة الطرية سهلة الخلط والنقل والصب والدمج والصبغ (Finish) دون حصول اي انفصال بين جسيماتها (أثناء هذه العمليات) فالمقاومة المطلوبة من سهولة في الصب ومقاومة للانفصال بين الجسيمات تدعى قابلية التشغيل .

2- العوام Consistency :

من الضروري التفريق بين قابلية العمل (التشغيل) والعوام فكلما العوام تشير إلى اللزوجة الانكسارية التي تمتاز بشكل المادة أو سهولة انسيابها وحالتها وهي الخرسانة الطرية فان العوام يميز اجيالا كان انه درجة ليل (Degree of wetness) والتي قد فائتة القول ان قابلية تشغيل الخرسانة ليست اعلى من قابلية تشغيل الخرسانة الجافة ، ولكن انواع الخرسانة ذات العوام الواحد قد تختلف عن حيث قابلية تشغيلها .
فالعوام علاقة بالقوة اللازمة لإعطاء الحركة وحركة الكتل من خلال الاجسام المختلفة ومن اهم الفحوصات الخاصة بالعوام هي الطبوط والتزول (slump test) وكره سكي (Kelly Ball) ومحصن السيولة (Flow test)

ملاحظة : ان بعض انواع الخرسانة التي تحتوي على نسبة عالية من الماء قد لا تكون بنفس قابلية التشغيل . (العوض بالنظر - التجربة) .

٣- الترتف (Bleeding or water gain) :-

الترتف هي الحالة التي فيها يميل ماء الخليط للعودة إلى أعلى سطح الخرسانة المصبوبة حديثاً. وهذه الحالة هي نتيجة لعدم تعلق مركبات الخرسانة مع اجواء كل ماء الخلاصة. ولهذا تصبح الطبقة العليا مبللة فتنتج فراغات وخرسانة ضعيفة تتفكك بالأجزاء وتترسب الماء بها. عند صعود الماء إلى سطح الخرسانة يميل معه الجزيئات الناعمة من الاسمنت والتي تضعف هذا الجزء العلوي تاركة قسوة قوى السطح وهذه التورمات تمنع الربط مع الطبقة التالية. وعند حدوث ذلك فيجب رفع هذه التورمات وتنظيف أماكنها جيداً.

أما التورم الناتج الذي يسبب الترتف فهو تورم كيميائي من الماء تحت عمليات الكهرن وحتة فولاذ السليح الاغصبي تتصلب هذه الفراغات ضعفت بالترابط بين العجينة والركام وتكون سهولة لترسب الماء (Percolation) وبالأفلاك السيطرة على الترتف وذلك بتجهيز مناسب للتخلات وباستعمال ماء كافي لا يعطى خلطة قابلة للتفكك ويكون استعمال الخلاطات وامرأة السنته وبسنت ناعم اسلوباً لمنع الترتف وينقل استعمال رمل ناعم جوي على نسبة عالية من الجسيمات الناعمة ومن حالة عدم توتر هذا النوع من الركام تعمل مواد الصباغية (Admixtures) لمنع حدوث الترتف.

٤- الانكماش عند تماسك الخرسانة (Setting Shrinkage) :-

بعد صب الخرسانة في الموقع وقبل سطوها قبل التماسك النهائي Final set يلاحظ ان سطح الخرسانة قد هبط عن مستوى الاصل. عند ترتف الجوانب يلاحظ تشققات افقية (horizontal cracks) مؤتمرة بذلك ميل التماسك الخرسانة للتقلص.

تكون هذه الحالة ظاهرة وواضحة في الترتف (Bleeding) الماء عند هروب الماء عن فتحات موجودة على جانبي القالب. وهناك بعض التقلص الناتج عن امتزاج الماء بالاسمنت ولكن يؤدى حدوث هذه الحالة إلى الترتف.

٥- الانفصال segregation :-

هو عملية انفصال مكونات الخرسانة أو بالأحرى العجينة الاسمنتية عن الركام الخشن. ان عدم التماسك الناتج عن الانفصال هو صفة الخرسانة مع عيوبها عالية كما في حالة صب الخرسانة في الخرسانة مع عيوبها عالية. وهذا يترتب عن الركام الخشن الناعم ومن العجينة الاسمنتية. لذا يجب استخدام البلخراة والاساليب المناسبة في الخرسانة مما يرفع

والسبب الاخر (٤) هو التسرع المتفقد (١) أو التقلص المفرط (٢) والعجينة لينة جافة أو قليلة أو (٣) حجم الركام أكبر من المفاصل بين السليح.

خواص الخرسانة الطرية :-

١- عند خلط الكتللة الخرسانية وطرية يجب ان تكون هذه الخلطة هائلة لسهولة صبها في القوالب.
٢- تملك الكتللة الخرسانية قوة (Strength) ومقاومة (Durability) بعد تصلبها.
للايضاح بالغرض المطلوب.

٢- كلفة الناتج تكون اقل مما يمكن ان تكون عند النوعية المطلوبة.

بالاضافة لذلك عرفنا سابقاً بعض المصطلحات التي لها علاقة بخواص الخرسانة الطرية كالتراب وقابلية التسقيط ونحن ان نعلم

تأثير النفاطات الهوائية على خواص الخرسانة الطرية وطرق قياسها :-

للنفاطات الهوائية ويكمن تأثيرها في نسبة تأثير على درجة الملاءمة (Plasticity) وعلى خفيفتها مقدار انفصال (Segregation) الخلطات الخرسانية. هناك معاد مضافة للخرسانة تعمل هذه الحالة لتعطينا قابلية التسقيط (workability) للخلطة.

اما طرق قياس نسبة هذه النفاطات في الخرسانة بثلاث طرق :-

١- طريقة الحجم Volumetric method

٢- طريقة النقل الوزني Gravimetric method

٣- طريقة الضغط Pressure method

اسئلة -

عرف ما يأتي :-

- ١- الخرسانة - ٢- المونة - ٣- الزحف - ٤- المحاورة - ٥- الطلاية - ٦- الطلادة
- ٧- العمل - ٨- المتانة - ٩- اللدونة - ١٠- نسبة بواسوان - ١١- قابلية التحمل
- ١٢- القوام - ١٣- التزف - ١٤- الانكماش - ١٥- الانزعال

ماذا تعدد خواص الخرسانة الطرية ؟

س : كيف يمكن السيطرة على التزف ؟

س : ما الاضرار التي يسببها التزف ؟

س : ما اسباب جعل الانزعال وكيفية المعالجة

الإسبوع الثالث والرابع والخامس والسادس والسابع والثامن

الإسبوع الثامن

مناقشة

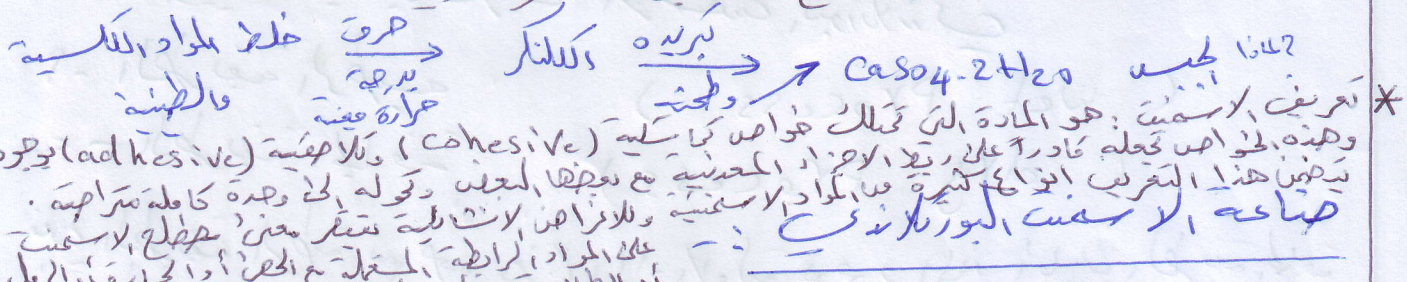
تركيب اللياقين

الخواص

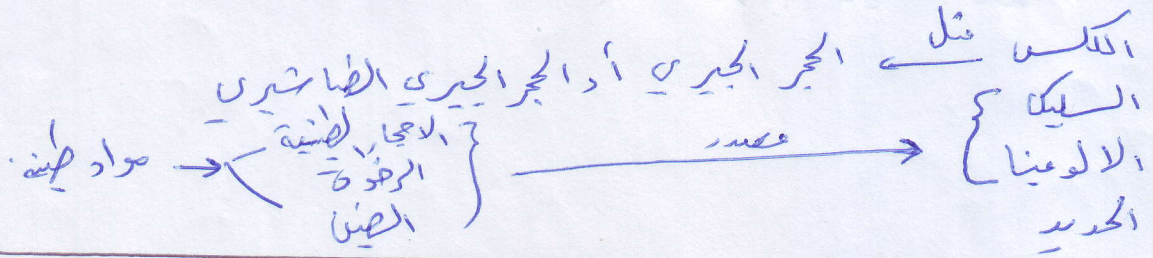
الاسمنت البورتلاندي :-

عقد سنة 1824 اكتشف الاسمنت البورتلاندي (Portland Cement) من قبل لينارد ايتلينزي جوزيف
 اسبون عام 1824 وذلك بحرق خليط من الطين (clay) والحجر الجيري الهلب
 (hard limestone) المحروق ناعماً في فرن اى ان يتم توليد غاز ثاني اوكس
 الكاربون CO_2 حيث تكون درجات الحرارة اقل من تلك اللازمة لانتاج الكلنكر (clinker).
 وفي عام 1845 تم صنع نموذج اوكسي من الاسمنت الحديث من قبل اسحق جونسون ليزي
 قام بحرق خليط من الطين والحجر الجيري والطباشيري (chalk) اى درجة الحرارة
 التي يتكون عندها الكلنكر وبذلك تم الحصول على التفاعلات الكيميائية اللازمة
 لتكوين المركبات الاسمنتية

ترجع تسمية الاسمنت البورتلاندي الى كتاب لون وجود الاسمنت البورتلاندي
 المتجمد مع بعض الاعمار البناء المسماة بالحجر البورتلاندي Portland stone
 الموجودة في جزيرة بورتلاند الانكليزية
 وتبقت تسمية الاسمنت البورتلاندي سائدة لحد الان حيث تطلق على الاسمنت
 الناتج من خلال المواد الكلسية والطينية وحرورها اى درجة الحرارة التي يتم
 عندها تكوين الكلنكر ومن ثم طحن الكلنكر البيرد الناتج من الحرق مع كبريتات
 الكالسيوم المائية $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ المعروفة بالجبس (Gypsum)
 وذلك لغرضها السيطرة على عملية مجد الاسمنت
 وان اللون الرمادي للاسمنت ناتج مما وجود عنصر الحديد



ان المواد الاولية المتخلة في صناعة الاسمنت البورتلاندي يجب ان تحتوي على
 كميات مناسبة من المركبات الحاوية على الحجر (الكلس) ، السليكا ، الالومينا
 والحديد ويتم ذلك بخلط مواد كلسية مثل الحجر الجيري limestone
 اذ الحجر الجيري الطباشيري (chalk) مع مواد طينية مثل الاحجار الطينية
 الرخوة shale او الطين clay والتي تغير مصدر السليكا والالومينا.



وفي بعض الاحيان تدعى المواد الأولية الرئيسية نقياً أو زيادة في واحد أو أكثر من المركبات الرئيسية وفي هذه الحالة يجب استعمال مواد إضافية ذات تركيب مناسب لتعديل الخليط الخام (raw mix) بحيث يكون حاوياً على نسب محددة من المركبات اللازمة لصناعة الاسمنت .

ان معظم الترسبات الطبيعية تحتوي على مركبات اخرى غير الجير واليكا والالومينا على سبيل المثال ، اكل المواد الطينية تحتوي على بعض الحديد . ان وجود الحديد في المواد الأولية ضروري لانتاج الاسمنت فبناحية تركيبه ، اليكاوي أو هواهيه ، اذا كانت كمية الحديد في المواد الأولية المستعملة قليلة جداً يجب اضافته الى الخليط الخام ، اما الالومينا فتلك كمادة مساعدة للانصهار وذلك ليحل تكوين سيليكات الكالسيوم بدرجات حرارة اقل من درجات الحرارة اللازمة فلاناً لذلك .

ومن المركبات الاخرى الموجودة في الترسبات الطينية المستعملة كمواد اولية هي المغنيز والفلويات (Alkalies) والفسفات وغيرها . ان بعض هذه المواد لها تأثير ضار . ان وجود اليكاية كبيرة في الاسمنت المنتج وفي هذه الحالة يجب استعمال الإضافات أو اجراء بعض العمليات الخاصة التي تؤدي الى تقليل نسبة هذه المركبات الى الحدود المقبولة والتي لا تشكل اى خطورة على الخرسانة .

هناك طريقتين رئيسيتين لصناعة الاسمنت ليورتلاندي

- أ - الطريقة الرطبة (wet process)
- ب - الطريقة الجافة (dry process)

تتم الطريقة الرطبة يتم فيها مزج المواد الأولية بوجود الماء أما في الطريقة الجافة يتم فيها دمج المواد الأولية بحالتها الجافة . ان اختيار اي طريقة من هذه الطرق يعتمد على طبيعة المواد الأولية المستعملة حيث تعمل الطريقة الرطبة عند ما تكون نسبة الرطوبة عالية في هذه الخامات أما الجافة فتعمل عند ما تكون مواد الخام جافة لدرجة انهما لا تتسفت بالماء . كما وتعمل الطريقة الجافة من المبدأ الباردة وذلك خوفاً من تمدد الماء الخليط كذلك في حالة نسبة الماء اللازم لعملية الخلا .

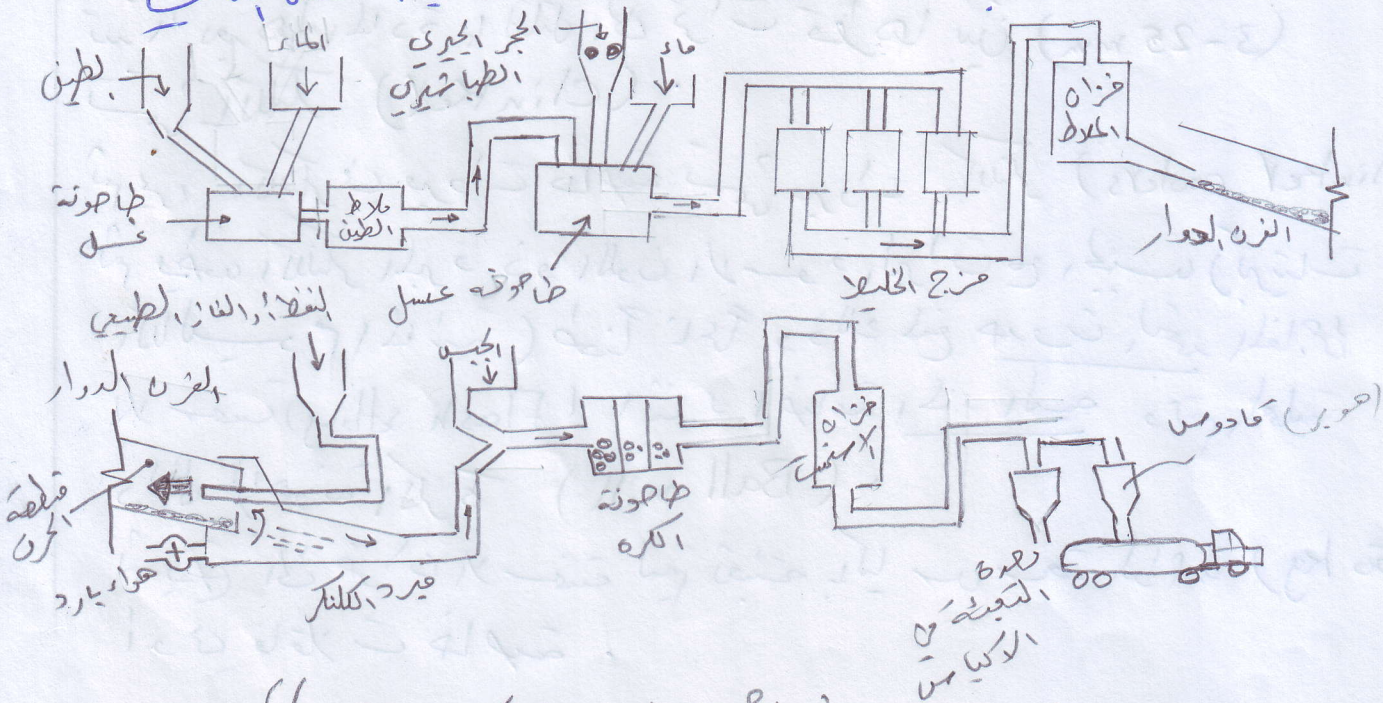
٢- الطريقة الرطبة wet process :-

بعد ان تستخرج المواد الاولية عن المحجر (المتلج) وتنقل الى المعمل يتم طحنها وخلطها بوجود الماء . ففي حالة استعمال الحجر الجيري الطباشيري (chalk) كمادة كلسية اولية يتم تكسيره الى قطع صغيرة بواسطة كرات خاصة لهذا الغرض ومن ثم سيخت في الماء بداخل طاحونة غسل (wash mill) حيث يتم فيها تغيب كل المواد الهلينة .

أما الطين (clay) والذي يمثل كمادة طينية اولية فيتم ايضا وتخرج مع الماء بداخل طاحونة مشابهة للطاحونة الاولى وبعد ذلك يقفح بطون المواد الاولية ليعتزع بنسب محددة ويبرر الخليط خلال سلسلة من الشبكات (screens) لغرض ترشيحه وتخزين الناتج النهائي والذي يكون بكله علاط رقيق (slurry) في خزانات خاصة تسمى خزانات الملاط (slurry tanks).

وعندما يتعمل الحجر الجيري كونه مخزات متفجرة في تعب الحجر لغرض تغيير الحجر الجيري ثم يكسر وسحق بواسطة كرات ابدائية واخرى لتأويه ويوضع في داخل طاحونة الكرة (Ball mill) مع المسوق .

وبعدئذ يتم تخزين الناتج النهائي والذي يكون بكله علاط رقيق (slurry) في خزانات الملاط بنفس الطريقة السابقة كما في الشكل التالي



((تحطبا نموذجي لصناعة الاسمنت))

ان الملاط عبارة عن مجسنة رطوبة، لتواء محتوي الماء فيها يتراوح بين 35-50% وتحتوي على 2% من الدقائق، التي هي اكبر من المنخل القياسي رقم 170 للواصفات البريطانية (B.S. sieve No. 170).

يتم التأكد من دقة نسبة الخلاط المطلوبة عن طريق التحليل الكيميائي وان تطيب لاجل تصحيح مكونات الخلاط لاعتناء التركيب الكيميائي المطلوب عن طريق مزج الخلاط الموجود في الخزانات المختلفة بطريقة خاصة.

ثم يمر الملاط من اعلى الفرن الدوار (Rotary kiln) وهو عبارة عن اسطوانة معدنية كبيرة قطرها حوالي (5m) وطولها حوالي (150m) فيدور من الداخل بزاوية ثابته وتدور حول محورها الذي يميل قليلاً عن الافق.

بينما يفتح النفاث أو الغاز الطبيعي عن النهاية السفلى للفرن حيث تتراوح درجات الحرارة بين (1400-1500°C). فتترك الملاط نحو الاسفل بعبارة طبيعية يلاقي ارتفاعه في درجة الحرارة بعبارة تدريجيه يتم في ابيان طرد الماء عن الملاط ويتولد هيدروجين غازي أو كبريتيد الكربون CO_2 بالاضافة الى ذلك تعالج المادة الجافة سلسله من التفاعلات الكيميائية التي ان يتم في ماضية الفرن السفلى ذات درجات الحرارة العالية تحول (20-30%) من المادة الجافة الى سائل مما يؤدي الى اعادة اتحاد الجير lime والسيلكا والالومينا لتكوين مركبات جديدة حيث تبدأ بعدها المادة باللتك الى كرات قطرها بين (3-25 mm) تسمى الكلنكر (Clinker).

ثم يمر الكلنكر في مبردات خاصة تسمى مبردات الكلنكر (Clinker coolers) ثم يطحن الكلنكر المبرد ذو اللون الاسود ليراق مع الجير (كبريتات الكالسيوم المائية) طحناً ناعماً وذلك لمنع حدوث التخميد المتأخر للاسمنت (Flash setting) اثناء اضافة الماء اليه وتتم العملية داخل طاحونة الكرة (Ball mill).

ثم يفتح الى خزانات الاسمنت ليم تعبئه باكيا من سعة الواحدة (50 kg) او في فاصلات خاصة.

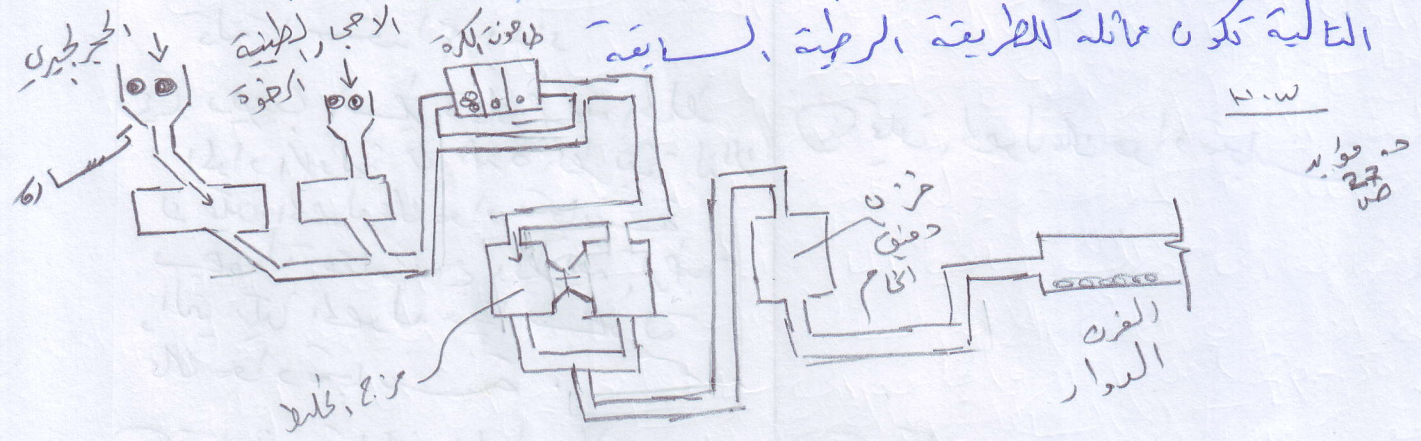
ب- الطريقة الجافة dry process -

١- سحق المواد الكلسية والطينية وتوضع بنسب معينة بداخل طاحونة حيث تحققت وتحول إلى مسحوق ناعم يسمى بدقيق الخام (raw meal) -

٢- يرفع هذا الدقيق الجاف إلى داخل خزان الخلط (blending silo) حيث يتم فيها التصحيح لنسب المواد الأولية اللازمة لهذا النوع من الإسمنت وتخلط بدقيق الخام بواسطة هواء مضغوط للتحول إلى دقيق متجانس.

٣- بعد ذلك يتحلل دقيق الخام المحلول ويوضع على صحن دوار Rotating dish ويطأ في الوقت نفسه ماء بمقدار 12% من وزنه وبهذه الطريقة يتكون كرات طرية قطرها حوالي (15 mm).

٤- تجفف هذه الكرات في داخل شبكة قطنية حديدية مشعة مسبقاً بواسطة الغازات الساخنة مما يفرض ثم تدخل الكرات الطرية في الوزن بالدوار والعمليات التالية تكون مماثلة للطريقة الرطبة السابقة.



تملك - ارمم تم رسم اسمايو

الفرق بين الطريقتين :-

الطريقة	الحجافة
① أكبر	<p>① حجم المزن الهزلاي محتون الماء في الاجسام الكروية الهلبة هو 12% فباورنا دقيقا الخام مقارنة مع 35-50% في طلائلا الاسف الرقيق الخوام في الطريقة الرطبة.</p>
② أكبر	<p>② كمية الوقود اللازمة اقل لازالة الرطوبة مما الاجسام الكروية الهلبة في الطريقة الجافة</p>
③ مكثفه	<p>③ أكثر اقتصادا و ذلك بسبب قلة استخدام الماء</p>
④ يمكن الحصول على مواد صجانة	<p>④ ذهب الطريقة الخلا المواد الأولية من هذه الطريقة لذلك لا يمكن الحصول على مواد صجانة بسهولة مقارنة مع الطريقة الرطبة والتي يمكن الحصول عليها بسهولة على مواد صجانة .</p>
⑤ أقل	<p>⑤ تحتاج الكاشن والمعادن الاصبانه واداعة أكثر</p>

التركيب الكيماوي للاسمنت البورتلاندي

لقد سبق وان ذكر بان المواد الاولية المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون بصورة رئيسية عن الجير (lime) CaO والسيلكا والالومينا واوكسيد الحديد. هذه المركبات تتفاعل مع بعضها البعض في داخل الفرن لتكون مركبات أكثر تعقيداً وكمية قليلة من جير غير متحد بسبب عدم توفر الوقت الكافي لتجاوده مع باقي المركبات وتسمى هذه التفاعلات الكيماوية في داخل الفرن إلى ان يتم الوصول إلى حالة من التوازن الكيماوي ونتيجة لذلك فان نتائج الحرق هو الكلنكر الذي يحتوي على اربعة مركبات رئيسية كما بين في الجدول التالي ورموزها الكيماوية المختصرة لهذه الرموز المختصرة تتصل من قبل كيمياء الاسمنت حيث يرمز لكل اوكسيد بحرف واحد مثلاً $CaO = C$ $H_2O = H$

اسم المركب	الرمز الكيماوي المختصر	التركيب الكيماوي
سيلكا ثلاثي الكالسيوم	C_3S	$3CaO \cdot SiO_2$
سيلكا ثنائي الكالسيوم	C_2S	$2CaO \cdot SiO_2$
الومينا ثلاثي الكالسيوم	C_3A	$3CaO \cdot Al_2O_3$
الومينا حديد ثنائي الكالسيوم	C_4AF	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

ان حالة التوازن الكيماوي هذه لا تستمر اثناء تبريد الكلنكر وان سرعة تبريد الكلنكر تؤثر على درجة تبلوره وعلى كمية المواد غير المتبلورة الموجودة فيه والتي تسمى بالزجاج (Glass) حيث ان خواص هذه المادة غير المتبلورة تختلف بدرجة كبيرة من خواص المواد المتبلورة والتي لها نفس التركيب الكيماوي.

ومن التغيرات الاخرى التي تحصل اثناء عملية الحرق هو التفاعل بين الجير والسيلكا مع الكلنكر مع المركبات المتبلورة والمواحدة.

وبالاعتناء احسن بالنسبة المئوية للمركبات الرئيسية في الاسمنت البورتلاندي من النسبة المئوية للاكاسيد المستعملة من التحليل الكيماوي بواسطة معادلات بوجيو (Bogue) هنا يمكن ملاحظة ان التفاعلات الكيماوية التي تؤدي إلى تكون المركبات الرئيسية وصلت إلى حالة التوازن الكيماوي وان ظروف تبريد الكلنكر لا تؤثر على توازن الطور Phase equilibrium اي ان الزجاج لا يتكون في هذه الحالة وان نتائج التوازن الكيماوي هي متبلورة كلياً.

$$C_3S = 4.07(CaO) - 7.60(SiO_2) - 6.72(Al_2O_3)$$

$$- 1.43(Fe_2O_3) - 2.85(SO_3)$$

من التحليل الكهربائي الفوسفات

$$C_2S = 2.87(SiO_2) - 0.754(C_3S)$$

$$C_3A = 2.65(Al_2O_3) - 1.69(Fe_2O_3)$$

$$C_4AF = 3.04(Fe_2O_3)$$

ومن الطرق المحيطة لتعيين المركبات اعلاه هي الاسمعة السينية X-ray diffraction

ان ليئات ثلاثي الكالسيوم C_3S التي تكون موجودة بكمية كبيرة (وعلى شكل جسيمات صغيرة متساوية الابعاد وهدية اللون) تتحلل ببطء اثناء تبريدها تحت درجة $1250^\circ C$ ولكن اذا لم يكن التبريد بطيئاً جداً فان C_3S تبقى ثابتة لا تتغير كما ويبقى مترة في درجات الحرارة الاعيانية.

اما ليئات ثنائي الكالسيوم C_2S فانها تأخذ عدة اشكال منها α و β التي تتكون في درجات الحرارة العالية وتتحول الى β في درجة حرارة $1456^\circ C$ ، و β تتحول الى α في $675^\circ C$ ولكن يجعل السرعة التي يبرد بها الاسمنت التجاري فان β كافلاً على شكل α او الكلتك حيث تكون بشكل جسيمات صغيرة تظهر احياناً بشكل بلورات كواضية.

تكون الليئات من الاسمنت غير نقية ان حوي على بعض الاكاسيد التي تؤثر من حلولها وهذه الاكاسيد لها تأثير كبير على الترتيب الذري وشكل البلورة وبنية خواص الاسمنت اثناء اثناء لتيها.

بينما تكون الومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A بشكل بلورات عديمة الاحاد الى وجودها بشكل غير متبلور في الرزاج. الملحمة.

اما الومينات حديد رباعي الكالسيوم C_4AF فهي في الواقع عبارة عن حلول جامدة.

إضافة إلى المركبات الرئيسية المذكورة سابقاً هناك مركبات ثانوية

مثل أكسيد البوتاسيوم K_2O
 أكسيد الصوديوم Na_2O
 المغنسيوم MgO
 التيتانيوم TiO_2
 المنغنيز Mn_2O_3
 هاليد أكسيد الكبريت SO_3

تقل هذه المركبات نسبة قليلة من وزن الاسمنت

وتعتبر أكسيد البوتاسيوم والصوديوم (K_2O, Na_2O) من المركبات الضارة حيث تسمى القلويات (alkalis) والقلويات الكلية يجب أن تكون عادةً بدلالة أكسيد الصوديوم وتتراوح وزنها بين 0.4-1.3% على الاسمنت ليورتلاندي. حيث أن باكتان هذه القلويات تتفاعل مع بعض اجزاء السيلكا بفعالية الموجودة في الركام ضمن الخرسانة المتصلبة وتؤدي إلى التفاعل تكون محبوسة بزيادة في الحجم فتسبب تشقق وتلف الخرسانة

أذن لابد من استعمال مسحة حاوية على نسبة قليلة من القلويات لا تزيد عن 0.6% أو بزيادة مواد من السيلكا المحبوسة سعياً عاماً حيث تتفاعل مع القلويات قبل تهلل الخرسانة.

إضافة لذلك فإن احتواء الاسمنت على نسبة عالية من القلويات يؤثر على لوقت اللازم لتجيد الاسمنت.

أما ثالث أكسيد الكبريت SO_3 والذي يظهر في نتائج التحليل الكيماوي للاسمنت فيجب أن لا تزيد نسبة حسب المواصفات البريطانية والبرافيه للاسمنت ليورتلاندي الأقيادي والاسمنت ليورتلاندي مرجع التهلل عن 3-5-2%.

أما بالنسبة لأكسيد المغنسيوم MgO فتتراوح بين 1-4% حيث تنبأ من مركبات لمغنسيوم الموجودة في المواد الأولية. معظم المواصفات تحدد الحد الأقصى لنسبة بمقدار 5% من وزن الاسمنت وذلك للسيطرة على التمدد الناتج مما يملأ الفراغات لهذا المركب في الخرسانة المتصلبة.

أما المركبات الأخرى مثل النوفور P_2O_5 والمنغنيز Mn_2O_3 والتيتانيوم TiO_2 تكون أهميتها قليلة إذ يقل محتواها عن 1% من وزن الاسمنت.

ملاحظة: تكتب نتائج التحليل الكيماوي للاسمنت عادةً بدلالة الأكاسيد للعناصر

خواص الاسمنت Cao line
 المركبات الاخرى ← 75% H2O
 ← المركبات الاخرى ← 25% C2S

1- حرارة الامتصاص للاسمنت Heat of hydration of Cement

في البداية لابد من تعريف اتمام الاسمنت hydration of Cement
 عندما يتفاعل الاسمنت، ليورثلايد مع الماء ينتج عن ذلك سلسلة من التفاعلات الكيميائية
 والتي يوجبها تكون الاسمنت مادة رابطة اي انه بوجود الماء تكون السلسلة الكيميائية
 والاصناف مركبات جديدة وهذه ما يطلق عليه بعملية الامتصاص hydration Process
 وبمرور الوقت تتحول نواتج عملية الامتصاص الى كتلة صلبة وطرية تعرف بعجينة الاسمنت
 المتصلبة.

وهناك نوعان من تفاعل مركبات الاسمنت مع الماء، النوع الاول والذي يصير لتفاعل
 الحصري لعملية الامتصاص هو الاضافة المباشرة لمركبات الماء الى الاسمنت، اما النوع
 الثاني من التفاعل فهو التحلل بالماء ومع ذلك فان مصطلح عملية الامتصاص يقبل
 لكل تفاعلات الاسمنت مع الماء سواء كانت ضعيفة او تحلل بالماء.

لان يمكن تعريف حرارة الامتصاص بانها كمية الحرارة المتباعدة عند اتمام الاسمنت كلياً
 في درجة معينة وتقاس بجول اتمم او سعرة اتمم صا للاسمنت الغير ملتصقاً.

ان عملية الامتصاص لمركبات الاسمنت تكون صعودية بائناً حرارة قد تصل الى 500
 جول اتمم (120 سعرة اتمم) وبما ان قابلية توصيل الخرسانة للحرارة والهتة
 سيئة، فانها تترك كمادة عازلة ان عملية الامتصاص في داخل الكتل الخرسانية
 الضخمة تقل الخسائر والحدود تكون ملحوظة بارتفاع كبير على ذلك الحرارة. وفي
 نفس الوقت فان السطح الخارجي للكتلة الخرسانية يفقد بعض الحرارة لذلك
 شيئاً اشد اراً شديداً في درجات الحرارة بين داخل و سطح الكتل الخرسانية
 وانشاء التبريد اللاحق لداخل الكتل الخرسانية تولد اجهادات قد تؤدي
 الى تشققات خطيرة في الخرسانة.

ومن ناحية ثانية، في الجو البارد، تمنع الحرارة الناتجة من اتمام الاسمنت انجماد
 الماء في داخل المساحات الضيقة للخرسانة المصبوبة حديثاً، لذا فان لانتعاش
 العالي للحرارة يكون مفيداً في مثل هذه الحالة.

والطريقة الثالثة لتحديد حرارة الامتصاص هي بقياس الحرارة المحلول للاسمنت
 المتصقاً والغير المتصقاً من خلال جاعل التبريد والهيدروكلوريك والكزق بين
 العنستين يقيس حرارة الامتصاص.

خواص الاسمنت

٢- النوع ٢-

سبق وان ذكر بان الخطوة النهائية في صناعة الاسمنت هي عملية طحن الكتلنكس المخلوط مع جسيمه وبما ان عملية الافاها تبدأ بطرح جسيمات الاسمنت فالمساحة السطحية الكلية للجسيمات تمثل المادة المتوفرة لعملية الافاها، لذا فان معدل سرعة الافاها يعتمد على نوع جسيمات الاسمنت وتكون النوعية العالية ضرورية لزيادة سرعة التحول على المقاومة حيث كلما زادت المساحة السطحية كلما زادت المقاومة.

اضافة الى ان المسوق المتاعم يتمكن من تقطيع سطوح جسيمات بحكام الكاسم (امل) أو المواد الحاملة الاخرى بضرورة متكاملة أكثر من المسوق الخشن وبذلك يكون التلاحق والتماسك بين مكونات الملاط الاسمنتي افضل.

كما وان النوعية العالية للاسمنت تحسن قابلية التشغيل الخلط الحرسانية وتزويد عن تمامتها ولكنها تجعل كمية الماء اللازمة للتحول على عجينة ذات قوام مناسب أكبر. وبالنظر لقلة قابلية الترسيد للجسيمات البنية تحت تأثير وزنها فانها تعمل على تقليل طبقة الماء التي تتشكل على سطح الخلطة بسبب الشفخ أو التزف والهدسات.

ان مدى التماسك لعملية الافاها يتوقف على مقاومة جسيمات الاسمنت فالتلب لإجاهل (C₅₀) للجسيمات الخشنة من الاسمنت قد يتماخا الى سنوات للتفاعل مع الماء تحت الظروف العلية وهناك دلائل تشير الى عدم التماسك الافاها للجسيمات الخشنة.

ان كلفة طحن الكتلنكس تزداد بزيادة نوعته مما يتوجب تحديد نوعية الاسمنت، وكذلك فان الاسمنت ذو النوعية العالية يعرض الى افاها جزئية أثناء الحزن الردي بسبب تعرضه للرطوبة مما يؤدي الى فقدان قيمته الاسمنتي.

ويزيادة نوعية الاسمنت تزداد المساحة السطحية للقلويات الموجودة فيه ويتبع من ذلك تفاعلها بشدة مع اجزاء السليكا الفعالة الموجودة في الركام صية تشقق وتلفا الحرسانية بالاضافة الى ذلك فان الاسمنت ذو النوعية العالية يؤدي الى زيادة في انكماشه (shrinkage) عينة الاسمنت.

وكما وان زيادة النوعية تسبب زيادة المساحة السطحية للركن C₃A مما يتوجب زيادة كمية الجبس اللازم لتأخير تفاعل هذا المركب مع الماء.

٣- فقدان الوزن بالاجتراف :- Loss on Ignition

هو الفقدان في وزن المتوسع بعد تسخينه الى درجة الحرارة المحرارة او الى 1000°C ويعبر عن مقدار الكربنة (Carbonation) وعن عملية الاصابة hydration التي تحدث للجير الحر (Free lime) والمغصيا الحرة الموجودين بالاسمنت بسبب وزن الاسمنت لفترة طويلة او لغيره للظروف الجوية كما وان مجرد هطيرة من الفقدان اثناء الابقاد (الاجتراف) ناتج عن فقدان الجار الداخل في تركيب الجبس.

٤- ثبات السمحة Soundness of Cement - ح

من الضروري ان لا يحد تغير حجمي كبير في عجينة الاسمنت بعد تحمدها وهو صعب التمدد الذي يؤدي اليه تفتت عجينة الاسمنت المتصلبة عند ما تكون تحت ظروف صعبة. اذن تعريف الثبات هو قابلية عجينة الاسمنت في الحفاظ او المحافظة على الحجم بعد التماسك.

وهذا التمدد قد يحد نتيجة لتأخر او لبطء عملية الاصابة للجير الحر (Cao) او للمغصيا الحرة او لتفاعلات اخرن لبعض المركبات الموجودة في عجينة الاسمنت المتصلبة كسلفات الكالسيوم.

اذا كانت المواد الخام المحضرة في الفرن حاوية على جير اكثر مما الذي يتحد مع الكاسيد الكامطية فان الكمية الفائضة تبقى بحالة حرة وتحتفظ نسبة من داخل الفرن. وهذا الجير الحرف تسمى بظهوره بطيئة جدا، وبما ان الجير المطهنا (Slaked lime) يعمل حجما اكبر مما الحجم الاصل لأكسيد الكالسيوم الحر فيعمل لتمدد والاسمنت الذي يبدى تمددا يعرف باسم غير ثابت الجير (Unsound Cement).

هناك سبب اخر لعدم ثبات الاسمنت اذ قد ينتج عن وجود المغصيا الحرة (MgO) والتي تكون بشكل سيلور وتتفاعل بطريقة مماثلة لتفاعل الجير الحر (Cao) اما المغصيا الموجودة في الزجاج فلا تسبب عدم الثبات نظرا لكونها غير سيلورة وتسمى بظهوره سريع متحول الى الحالة المسفرة في عجينة الاسمنت المتصلبة.

ان المركب الاخر الذي يسبب تمدد عجينة الاسمنت المتصلبة هو سلفات الكالسيوم ولقد ذكر سابقا بان سلفات الكالسيوم المائية - الجبس - كثافتها اقل من تلك سيلوية الطين الاسمنت لمنع التمدد المتأخر ولكن في حالة وجود جسيمات كبيرة من الكبريت تتفاعل مع المركب C_3A اثناء فترة التمدد فان الجبس الفائض يحد ويحد بشكل بطيء جدا وسبب عدم الثبات لهذا السبب تمدد المواضعات القياسية بدرجة كمية الجبس الواجب اضافتها الى الكلنكر.

٥ - وقت التماسك الابتدائي والنهائي

عند خلط الاسمنت بالمار تكون عجينة الاسمنت ، وهذه العجينة تفقد لدونتها تدريجية وبمرور الزمن حتى تصل الى مرحلة التصلب (hardening) وعندنا تفقد العجينة لدونتها تماما بحيث تستطيع ان تتحمل ثقلا معينة يقال انها تجمدت (setting) .

تجمل عملية التجمد (التماسك) على مرحلتين ، الاولى هي التجمد او التماسك الابتدائي Initial setting ، والمرحلة الثانية هي التجمد النهائي Final setting وبالرغم من ان عجينة الاسمنت تكتسب خلال هذه الفترة بعض المقاومة الا انه يجب التمييز بين التجمد (التماسك) setting وبين التصلب (hardening) الذي يسير الى عملية اكتساب المقاومة لعجينة الاسمنت المتجمدة بمرور الوقت .

تتم اهمية التجمد (التماسك) على الاعمال الخرسانية في ضرورة بقاء الكتل الحديثة الخلال في حالة لدنة لفترة كافية لا تمام عملية النقل والصب والرمم تحت ظروف عملية .

وعلا ناحية ثانية يكون من الافضل من الناحية الاقتصادية ان تتصلب الكتل وتكتسب بعض المقاومة في فترة معقولة بعد صبها في موقعها وبذا فان تفهم طبيعة التجمد والتصلب لعجينة الاسمنت ضروري جدا ، وذلك للسيطرة على خواص الخرسانة الناتجة تحت ظروف العمل .

لقد تبين مما لدراسة الجارية حول معدل سرعة التفاعل الكيميائي في رصيفان اربع مراحل رئيسية - تحمل اثار عملية التجمد لعجينة الاسمنت ليومين الاثني عشر .

١- المرحلة الاولى والتي تستغرق مدة دقائق ففلا بعد تماسك المار مع الاسمنت يكون معدل سرعة توليد الحرارة عالية وذلك بسبب تركيز جزيئات الاسمنت بالمار ودياية الخلال المركبات وتفاعل مكونات الاسمنت وبعدها هبطا معدل سرعة توليد الحرارة ان كمية واتهة نسبيا .

٤- المرحلة الثانية والتي يطلق عليها فترة السبات وتنتهي من ١-٤ ساعة
تتم الفعالية بسرعة والهدوء وفي هذه الفترة تقوم جسيمات الاسمنت
ببناء الطبقة الاولى لتواجب التفاعل بصورة بطيئة ، وكما ان التفتت
أو التزفر (sedimentation) أو الترسيب يظهر في
هذه الفترة .

٢- المرحلة الثالثة تبدأ بارتفاع الحرارة الافاجهة بالارتقاع فثابتة يكون سبب هذه الفعالية
المجتمعة هو اختلال طبقة الجلي (Gel) الضعيفة والمكونة من مطوع بلورات
المركب كحجم وبذلك يتمكن الماء مما اجاهاه مطوع هذه الجسيمات مطا حديد
وتكون حل من سائل كالكسوات بكمية ومقاومة كافية بحيث تبدأ الكتل
بإظهار زيادة على الحجم . ان هذه الفعالية تظل ذروتها بعد ٦ ساعات
في عجينة الاسمنت ذات القوام القياسي . وفي النهاية تكون العجينة قد
وهلت الى درجات التحميد الذي يعبر عنها بالتحميد الاثني والنهائي .

٣- المرحلة الرابعة تحدث بعد ان تكون فعالية المرحلة الثالثة وهي فترة
التصلب والكتاب المقاومة .

تقاس زمن التماسك الاثني والنهائي لعجينة الاسمنت ذات القوام القياسي باستخدام
جهاز فيكات (Vicat) . ان زمن التحميد الاثني في شيركا يدارة
تحميد عجينة الاسمنت أما زمن التحميد النهائي فيشير الى بداية فترة التصلب
والكتاب المقاومة لهذه العجينة .
وتشرط المواصفات البريطانية بان لا يقل زمن التماسك الاثني المقاس بهذه
الطريقة عن 45 دقيقة وان لا يزيد التماسك النهائي عن ٥ ساعات .
ان محتوى الماء في عجينة الاسمنت له تأثير كبير على زمن التحميد فالعجينة ذات
النسبة العالية من الماء تتحميد ابطأ من العجينة الجافة نسبياً ولذلك
ينظم محتوى الماء بحيث يعطى عجينة ذات قوام قياسي عند اختيار زمن
التحميد .

العوامل المؤثرة على زمن التحميد ؟

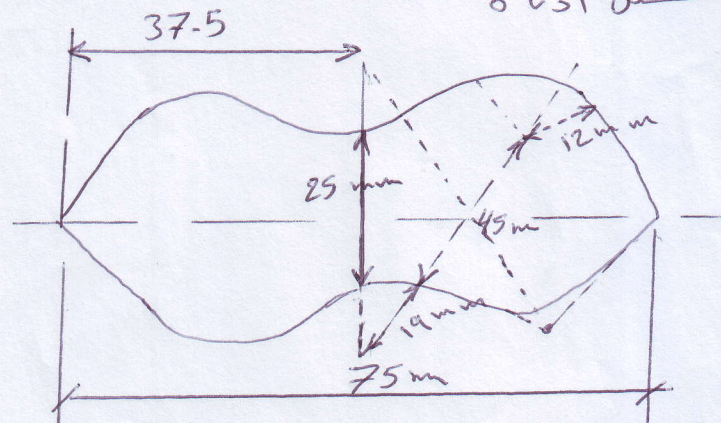
- ١- درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء . - نوعية الاسمنت
- ٢- كمية الماء الداخلة في تكوين العجينة .

٦- قوة التحمل الانضغاطية Compressive strength - 2

تعتبر المقاومة الميكانيكية للاسمنت، المتطلب من اهم الخواص اللازمة للاغراض الإنشائية، وتعتمد مقاومة الملاط (Mortar) أو الخرسانة على تماسك (Cohesion) عجينة الاسمنت و مقدار التلاحق (adhesion) عجينة الاسمنت بجزيئات الركام وعلى مقاومة الركام نفسه ولكن هذه الخاصية الاخير سوف لن تؤخذ بنظر الاعتبار عن هذه المرحلة وسيعمل عادة ركام قياسي على محضها خاصة لمقاومة ودهورة عامة لا تجرى فحوصات المقاومة على عجينة الاسمنت بسبب صعوبة تشكيلها في القالب (moulding) و سهولة تفريغ كبيرة مما يتسبب في انفصالها وذلك على الاقل يجب لجزء معين مقاومة الاسمنت كما ملاط الركام الناتج والاسمنت Cement-sand mortar . ولا يحدد هذا النموذج

٧- مقاومة الشد Tensile strength

تعتبر قوة الشد للحملة باستخدام مونة الاسمنت وحبها في قالب آجرة (Briquette) كما مبين في الشكل ادناه



ان قوة الشد لمونة الاسمنت هي ذات اهمية قليلة وذلك لعدم وجود المحول لك قوة الشد معينة في الخرسانة حيث ان الخرسانة تتحمل قوة شد اقل مما هو عليه لتصلح الخاصة بالعلاقة بين قوة الشد والعلاقة بالخرق محدود على العرضيات ثابتة عن كافة اعمار المتاح و تختلف بين نوع و اعمار الاسمنت و اختلافات مختلفة

انواع الاسمنت

الاسيوط التاسع والعاشر

انواع الاسمنت ٢-

تتغير خواص الاسمنت اثناء لتغير تركيبه الكيميائي ودرجة نضوجه كما لذا بالامكان اختيار رشت مختلفة من المواد الاولية اثناء صنائه لغرض الحصول على خواص مختلفة وحسب الحاجة. وبالنظر للاحتياجات المختلفة فقد وجدت انواع متعددة من الاسمنت يغير كل منها بوجه خاص وهذه الانواع هي:

- الاسمنت البورتلاندي Portland Cement
- الاسمنت الطبيعي Natural Cement
- الاسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات supersulphated cement
- الاسمنت المتوسخي expansive cement
- الاسمنت الالومينيوم aluminous cement

الاسمنت البورتلاندي ٢-

يتم تصنيف الاسمنت البورتلاندي الى انواعه التاليه مع ذكر اسمه بالانجليزية كما امرنا بكل منها

انواع الاسمنت حسب النظام البريطاني | انواع الاسمنت حسب النظام الامريكاني (ASTM)

Type I

الاسمنت البورتلاندي الاعيادي

Type III

= = السرعة والكهرب

Type IV

= = المنخفض الحرارة

Type II

الاسمنت المحل Modified Cement

Type V

الاسمنت البورتلاندي المتقادم للكبريتات

Type IS

= = البورتلاندي - حيث ان افران اعاليه

Type IP

= = البورتلاندي - البوزولاني

1- الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي (ordinary Portland cement type I)

يتمثل هذا النوع من الاسمنت في كافة المجالات الانشائية وذلك لعدم وجود حاجة من استعمال الاثواب الخاصة بالخرق حيث يستخدم في :-

- 1- تبييض الطرق Pavements
- 2- بناء ارضية الطرق side walks
- 3- الابنية الخرسانية المسلحة Reinforced concrete Buildings
- 4- الخزانات Tanks
- 5- المستودعات خزن المياه (Reservoirs)
- 6- القاطر (البرابج) (Culverts)
- 7- انابيب المياه (water - pipes)
- 8- الوحدات البنائية Masonary units

وهي كافة استعمالات الاسمنت الاخرى والخرسانة التي لا تكون عرضة للظروف خاصة كتأثيرات الاملاح من التربة والمياه أو التغيرات في درجة الحرارة بسبب التغير.

تحدد المواصفات البريطانية والفرنسية متطلبات التركيب الكيميائي لهذا النوع من الاسمنت

4- معامل الاشباع الجيري Lime Saturation Factor يحدد بين (0.66-1.02) وتأتي أهمية تحديد الحد الاعلى لمعامل الاشباع الجيري للتأكد بان كمية الجير في المواد الاولية المستعمل في صناعة الاسمنت ليست كافية بحيث تسبب ظهور جبر حر بعد مجهول التوازن الكيميائي في درجة حرارة تكونها الكتل ، اذ ان الجبر الحر سبب عدم ثبات حجم الاسمنت

(Unsoundness of Cem)

ب- لا تقل نسبة اوكسيد الالمنيوم الى اوكسيد الحديد $\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$ عن 0.66

ج- يجب ان لا تزيد نسبة المخلفات غير الذاتية عن 1.5%

د- اما نسبة ثالث اوكسيد الكبريت فيحد بحد مقدار 2.5% كحد اعلى

عندما تكون نسبة الوفيات ثلاثي اوكسيد الكالسيوم 7% أو اقل ، ويحدار 7%

هـ- ويحدد نسبة الفقداء أثناء الاحتراق بحدار 4% كحد اعلى

و- الحد الاعلى للمغنيسيا MgO بحدار 4% حيث ان المواصفة البريطانية

modified Portland cement (Type II)

٢- الاسمنت المعدل

١- هذا النوع من الاسمنت يظلم حرارة عمل اثناء التقوية ويتفاعل ايضاً مع الرطوبة النوع الاول.

٢- وذلك ذو مقاومة اعلى لتأثيرات الافلاح (Sulfate Attack).

اذ يمكن استخدامه في

١- المنشآت التي تكون كبيرة الحجم نوعاً ما كسفاسات الجسور Piers والجدران السندة الضخمة Heavy Retaining walls وذلك لتقليل ارتفاع درجات الحرارة وظاهرة اثناء الصب من التنازع الحار.

٢- في الاماكن المعرضة لتأثيرات الافلاح كمنشآت البزل drainage structures التي يكون فيها تركيز الافلاح في الممر اعلى مما لا يتبادر وتكون لا يكون مشدداً.

٣- اسمنت البورتلاندي سريع التصلب High early strength Portland cement (Type - III)

الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب (Type III) يشابه الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي كثير الا انه يطور المقاومة بعبارة اسرع من الاسمنت الاعتيادي ولذلك يطلق عليه الاسمنت ذو المقاومة المبكرة العالية. high early strength Portland Cem. وفي هذه الحالة يجب التمييز بين معدل سرعة التصلب (Rate of hardening) ومعدل سرعة التجمد أو التماسك (Rate of setting).

اذ ان زوايا التجمد لهذا الاسمنت هو مماثل للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي. اما مقاومته بعد 3 ايام فتعادل مقاومة الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي بعد 7 ايام ، باستعمال نفس نسبة الماء الى الاسمنت.

ان زيادة معدل التصلب المقاومة للاسمنت البورتلاندي السريع التصلب ، يحصل بزيادة محتوى المركب (C3S) وبالطبع الناعم للكثير الاسمنت اذ حدد المواصفة البريطانية والفرنسية الحد الادنى للنعومة بـ $3250 \frac{cm^2}{g}$ ولكن في الواقع تكون النعومة اعلى من هذه القيمة.

اما متطلبات قيات الحجم (Soundness) والتركيب الكيميائي للاسمنت كمنسجول هي نفسها للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والتي سبق ذكرها.

أما استعمالات هذا الاسمنت فتعمل في حالة :-

- ١- كحلي قوّة عتيّة في الخرسانة بعد الصب
- ٢- وتعمل في الحالات التي يتطلب فيها رفع التواليف بأقصى وقت
- ٣- في حالة وضع الخرسانة للاستعمال بسرعة
- ٤- عند الصب في المناخ البارد يكون لاستعمال هذا النوع من الاسمنت فائدة بتقليل وقت المحافظة على حرارة الخرسانة
- ٥- تعمل كذلك عند ما يتطلب الحاجة الى خرسانة ذات قوّة تحمل انتقافية عالية دون اللجوء الى استعمال خلطة وأتمرة مست (Rich mix) ومن النوع الاول (Type I)

وبالنظر لزيادة نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم والوفينات ثلاثي الكالسيوم في هذا النوع من الاسمنت فان معدل سرعة انبعاث الحرارة يكون اعلى مما هو في الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي وان الاختلافات في درجات الحرارة بين الاجزاء المختلفة من الكتل الخرسانية يولد اجهادات شد tensile stresses في داخلها فاذا كانت هذه الواجهات اكبر من مقاومة الشد للخرسانة فانها تسبب شققها وتلفها ، لذا يفصل عدم استعمال هذا النوع من الاسمنت في الكتل الخرسانية الضخمة .

وعن جهة اخرى فان استعمال الاسمنت ذو الحرارة العالية في المنشآت الانشائية يكون مفيداً في الجو البارد وذلك لان الحرارة العالية تمنع تلف الخرسانة نتيجة الانحلال الماء في داخل المسافات الشترية كما ويمكن لهذا الاسمنت ان يكون مقاوم كافيّة قبل حصول عملية الانحلال .

انواع خاصة من الاسمنت السريع التصلب

Extra rapid hardening
Portland Cement

الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب بطماز

يحتوي الاسمنت السريع التصلب بطماز على طين كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) مع
الاسمنت السريع التصلب. والكمية الاعتيادية لكلوريد الكالسيوم المتعملة لهذا الغرض
يجب ان لا تزيد على $\frac{1}{2}$ من وزن الاسمنت السريع التصلب.

وباستعمال هذه المادة تزداد سرعة عملية التصلب اضافة الى زيادة سرعة عملية
التصلب لذلك يكون من الضروري صب هذا النوع من الاسمنت ودمجه خلال
20 دقيقة من عملية الخلط.

ونتيجة لزيادة سرعة عملية التصلب والتصلب تكون سرعة الحرارة المتباعدة اعلى من
الاسمنت البورتلاندي السريع التصلب وبذلك يكون هذا النوع من الاسمنت
مناسبا اكثر للاستعمال في الجو البارد.

على ان كلوريد الكالسيوم يعبر عن المواد المضادة للتصلب التي يتم دراستها لاحقا.

الاسمنت ذو المقاومة العالية والنفق الاعتيادية
Ultra high early strength Portland Cement

هذا النوع من الاسمنت لا يحتوي على اية اضافات (admixture) ولكن لتطور سريع
في المقاومة ينتج من النوع العالية جدا للاسمنت والتي تتراوح بين

(700-900 m^2/kg) ولهذا السبب يجب ان يكون محتوى الجبس (4%
يعبر عنه ككثافة اوكسيد الكبريت SO_3) اقل مما هو في الاسمنت البورتلاندي
الاعتيادي بينما المتطلبات الاخرى لهذا النوع من الاسمنت تطابق متطلبات
الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي السابقة الذكر.

ان النوع العالي تدوير الى اقامة سريعة ومن ثم الى رفع معدل سرعة التصلب
الحرارة في الاوقات المبكرة والى زيادة سرعة تطور المقاومة. على سبيل
المثال يمكن الوصول بعد 16 ساعة الى مقاومة الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب
بهر 3 ايام وبعد 24 ساعة الى مقاومة الاسمنت البورتلاندي سريع التصلب
بهر 7 ايام بينما يكون التساوي في المقاومة قليلا بعد 28 يوم.

٤- الاسمنت البورتلاندي المواظي الحرارة (Low heat Portland Cement type IV)

يتمثل هذا النوع من الاسمنت في الكتل الخرسانية الضخمة مثل السدود، ويحتوي على نسبة اقل من سيليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S والوفينات ثلاثي الكالسيوم C_3A وعلى نسبة اعلى من سيليكات ثنائي الكالسيوم C_2S مقارنة بالاسمنت البورتلاندي الاعيادي. ولهذا يؤدي الى تقليل وتأخير انبعاث حرارة الاقماهة والى تقليل مقاومة الخرسانة في الاوقات المبكرة.

وفي درجات الحرارة الاعيادية تكون مقاومة الخرسانة المصنوعة من الاسمنت يختلفون الحرارة حوالي $\frac{1}{2}$ مقاومة الخرسانة المصنوعة من الاسمنت البورتلاندي الاعيادي بعد 7 ايام وتليها بعد 28 يوم مساوية لها بعد 3 اشهر.

ان ارتفاع درجات الحرارة في داخل الكتل الخرسانية الضخمة، الناتجة عن تطور حرارة الاقماهة للاسمنت قد يؤدي الى تشققات تظهر في هذا السبب يصعب من الصعود تحديد معدل سرعة انبعاث الحرارة في هذا النوع مما يمتد ويتيم ذلك باستمرار الاسمنت المنخفض الحرارة.

ومما يجدر الاشارة اليه ان الاسمنت الجهد $type-II$ يتكون من 66% اسمنت بورتلاندي واطرى الحرارة و 40% اسمنت بورتلاندي اعيادي حيث يكون معدل سرعة انبعاث الحرارة هذا النوع من الاسمنت اعلى تقبل من الاسمنت الواظي الحرارة بينما يكون معدل سرعة آتت المقاومة مماثل للاسمنت البورتلاندي الاعيادي.

٥- الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات (Sulphate Resisting Portland Cement type V)

يتألف الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات ($type V$) الاسمنت البورتلاندي الاعيادي ($type I$) عدا انه يحتوي على نسبة اعلى من الوفينات ثلاثي الكالسيوم C_3A وذلك لانه هذا المركب يعبر اكثر مركبات الاسمنت قابلية لتتربط بالكبريتات. ~~محصيات تفاعل الاقماهة للاسمنت~~

ان تفاعل المركب C_3A مع الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) المضاف الى الكتل قبل عملية طحن الاسمنت يؤدي الى تكوين سلفو الوفينات الكالسيوم. وعلى الاسمنت المتصلب تتفاعل الوفينات الكالسيوم المائية (قبل تحوّلها الى الحالة الثابتة والمستقرة C_3AH_6) والتي تكون مقاومة للكبريتات عالية جداً) مع املاح الكبريتات الموجودة في الرمل (داخل الخرسانة) او في الرّبة والمياه الجوفية (من خارج الخرسانة) فيسلك مماثل ونتاج التفاعل هو سلفو الوفينات الكالسيوم المائي المتكون هذا هيكل بحينة الاسمنت المتشعبة وبما ان الزيادة في حجم الحواد المتفاعلة

هي حدود 227% فان ذلك سيؤدي الى تسقق تدريج في الخرسانة .

التوسع الناتج من التفاعل هو ليادل لذي يصل بين هيدروكسيدات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ (الناتج من عملية الابعاض للسليكات) والكبريتات ، صودياً ، الى تكوين الجبس مع زيادة في حجم المواد المتفاعلة مقدارها 124% حيث يهلك على هذين النوعين من التفاعل بهجوم الكبريتات (sulphate attack) .

تحدد المواصفات البريطانية والفرنسية الحد الاعلى لمحتوى المركب C_3A بمقدار 3.5% والحد الادنى للنوعه بمقدار $250 \frac{m^2}{kg}$.

ان تقليل نسبة المركب C_3A ، C_4AF في الاسمنت ، ليوثرلاندي المحتوا لكبريتات يعنى زيادة محتوى السليكات التي تعطي مقاومة عالية للاسمنت وبما ان السليكات ثنائي الكالسيوم كجزء تشكل نسبة عالية من وزن السليكات في هذا النوع من الاسمنت فان المقاومة الميكروية تكون والظنة والحرارة الناتجة منه تكون اقل يقلل عن ذلك الناتجة من الاسمنت الواجب الحرارة .

7- الاسمنت ليوثرلاندي - حيث الامران العالية Portland blast furnace cement

يصنع الاسمنت ليوثرلاندي - حيث الامران العالية (type IS) من طين كلنكر الاسمنت اليوثرلاندي الاعتيادي مع جسيمات حيث الوزن العالي . والحيث (وعاد) عبارة عن فترات صناعية ناجحة اثار حياضه ككل حديد الزهر والكميات الناتجة منه تعادل كميات الحديد المهنونة اما التركيب الكلي والحيث المتكامل فهو كما يلي 42% جبر ، 36% سليكا ، 19% الوصينا ، 5% مغنيا و 1% فلويايت الى نفس مكونات الاسمنت اليوثرلاندي ولكن بنسب مختلفة .

والحيث المتعمل في صناعة هذا النوع من الاسمنت يجب ان يبرد بسرعة بالماء لكي يتصلب بشكل زجاج ، وهذا لتبريد السريع يؤدي الى تجزئة المادة على شكل جسيمات ، وللوصول على الاسمنت اليوثرلاندي - حيث الامران العالية يتم طحن جسيمات الحيث الجافة مع كلنكر الاسمنت الاعتيادي بعد اضافة الجبس المتعمل لغرض السيلة على عملية التخمير .

وتحدد المواصفات الحد الاعلى لنسبة الحيث بمقدار 65%

وتكون حرارة الامحاضه للاسمنت ليورتلاندي - حيث الاضراس العاليه اعلى مما هي على الاسمنت
اليورتلاندي الاعتيادي وذلك يمكن استعمال الاسمنت الاول على الكتل الخرسانيه
الضخمه . ان حرارة الامحاضه الواطئه لهذا النوع من الاسمنت بالاضافه الى
قله معدل سريعه جفوله للقائمه يودي الى حرر على الخرسانه المجهزه على الجو
البارد نتيجة للابخار . وسبب المقاومه العاليه للاسمنت ليورتلاندي حيث
الاضراس العاليه ككبريتات ، لذا يمكن استعمالها في المنشآت المعرضه لطار
البحر .

٧- الاسمنت ليورتلاندي الابيض white Portland Cement

يصنع الاسمنت ليورتلاندي الابيض بطريقه مماثله لصناعه الاسمنت ليورتلاندي
الاعتيادي والمواد الخام الداخلة في تركيبه هي الصلصال الابيض الصالح للحجر
الجيري والطباشيري (chalk) والحجر الجيري (limestone) الذي
يخلو من المواد الغير نقية . هذه المواد تحتوي على نسبة قليله جدا من
اوكسيد الحديد والمنغنيز والتي تؤثر بوجه شديدا على الاسمنت ليورتلاندي
الاعتيادي حيث يجمع اليها اللون ارقادي الذي يشير به هذا الاسمنت .

هذا الاسمنت له نفس الخواص الكيميائيه بالنسبه للاسمنت ليورتلاندي الاعتيادي
الا ان نسبة الرعيضات حديد رابع اوكسيد C_4AF تقل فيه نتيجة
لقلة نسبة الحديد .
يصل هذا النوع من الاسمنت الى اللون الابيض ابيض الصالح للحجر او الخرسانيه
المكونه بلون فاصح .

٨- الاسمنت ليورتلاندي الملون Coloured Portland Cement

يخضع هذا النوع من الصناعات انواع معينه من الصناعات ليورتلاندي
عندما يراد الحصول على الوان فاتحه نظاف الصناعات ليورتلاندي
الابيض بنسبه تتراوح بين 10-2 % وزنا الاسمنت ايضا
عندما يراد الحصول على الوان غامقه يعمل الاسمنت ليورتلاندي
الاعتيادي كاساس ، ويفضل الصناعات الصناعات ليورتلاندي
انما طحنا كالكندر . ان الالوان المعمله هي الاحمر والاصفر والبني حيث
تتكون من اوكسيد الحديد وكذلك اللون الاصفر الفاتح الذي يمكن
الحصول عليه بالاضافه كاسيد الكروم ، اما اللون ارقادي والفاصح
فيكون الحصول عليه بالاضافه كيميائيه قليله من الكاربيون االكور .

4- الاسمنت البورتلاندي البوزولاني - والبوزولانا Portland - Pozzolana Cement and Pozzolanas

الاسمنت البورتلاندي - البوزولاني (Type-II) هو عبارة عن خليط من الاسمنت البورتلاندي والبوزولانا (Pozzolana). وتوجد المواصفات الأمريكية (ASTM C 618) يمكن تعريف البوزولانا بأنها مواد سيليكية أو سيليكية والوقائية، لذلك لوجودها صفات رابطة ولكنها عند تفاعلها بوجود الماء تتفاعل كيميائياً مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ في درجات الحرارة العادية لتكوين مركبات ذات خواص اسمنتية.

قد تتواجد المواد البوزولانية في الطبيعة كالمواد البركانية (Volcanic ash)، الرماد الابيض (Opaline ash) والصور الهوائية. وتعتبر هذه المواد موجودة في البوزولانا بشكل غير متبلور وذلك لان فعالية السيليك المتبلورة تكون قليلة.

ان المواد البوزولانية تقلل من معدل سرعة انكسار المقاومة للخرسانة مما يؤدي الى المبكرة وهذا بدوره يقلل من سرعة انبعاث حرارة الانعقاد، ولهذا الخواصة الهامة كبيرة في المنشآت ذات الكتل الخرسانية الضخمة اذ تعمل البوزولانا على التخلص من الحرارة المتولدة.

تحدد المواصفة الأمريكية (ASTM C 595-76) محتوى البوزولانا بين 15-40% من وزن الاسمنت البورتلاندي. وكذلك يعتبر الاسمنت البوزولاني مقاوماً للتآكل الكيميائي.

أنواع خاصة من الاسمنت ليورتلاندي 2 -

بالإضافة إلى الأفران السابقة الذكر هناك أنواع أخرى

4 - الاسمنت ليورتلاندي المقاوم للبكتريا Anti-bacterial Portland Cement

يصنع هذا النوع من الاسمنت ليورتلاندي مع عامل مقاوم للبكتريا

ومانع لتخمير الاحياء المجهرية .

يتم عمل هذا النوع من الاسمنت من افران وهدرات ومخامخ الاكسجين مثل صمغ

الاوليا وتحتوي على الكولات .

ب - الاسمنت ليورتلاندي الغير المألوف للماء hydrophobic Portland Cement

من المعروف عن الاسمنت انه يتلف ويتكسر اثناء التخزين اذ يتسبب امتصاصه

الرطوبة الجو . وللتغلب على هذه الظاهرة تطحن مواد معينة مع الاسمنت

اليورتلاندي الاضياء اثناء صنائه فتشكل طبقة رقيقة صادة

للماء حول جزيئات الاسمنت . والمواد المتعددة لهذا الغرض هي حمض

الاستياريك (stearic acid) . حمض الاوليك (oleic acid)

حمض اللوريك (Lauric acid)

و اكثر هذه المواد فعالية هو حمض الاوليك ، اذ يضاف بنسبة

0.1-0.46 الى كلنكر الاسمنت ليورتلاندي قبل عملية الطحن ، الاسمنت

المعالج بهذه الطريقة يمكن تخزينه لفترة طويلة بدون تلف . ان يلف

المتكون حول جزيئات الاسمنت يتحطم اثناء عملية جلا الخرسانة وبذلك

تسر عملية الافاكة للاسمنت الغير المألوف للماء بصورة طبيعية وتلك يحدث

بعض النقصان في مقاومة الخرسانة من الاوقات المبكرة جدا مقارنة

بالاسمنت ليورتلاندي الاضياء .

ج - الاسمنت ليورتلاندي المانع لتفاؤ الماء Water Proof Portland Cement

يمكن تخفيضه من اضافة مواد معينة مانعة لتفاؤ الماء الى كلنكر الاسمنت

اليورتلاندي الاضياء مثل هذه المواد استيراج

الكالسيوم واستيراج الالمونيوم .

5 - اسمنت البنا Masonry Cement

يتم عمل هذا من تخمير صونة البنا المستعملة لازراع البنا بالطابق أو البنا بالبلوك

وذلك لان لدونتها تقوى لدون صونة الاسمنت ليورتلاندي الاضياء

ويمكن الحصول عليه من اسمنت ليورتلاندي الاضياء أو البوزولانا او جيت لا فرانس

العالية مع مواد اخرى مثل الحجر الجيري أو الحجر الجيري والطين والبوزولانا والجيب وتعمل هذه المواد تصرف كملدات تحتها بلبية ، اللدونة ملونة البنا .

الانواع الاخرى للاسمنت

1- الاسمنت الطبيعي Natural Cement

يصنع هذا الاسمنت بتكليس اجار الاسمنت الطبيعية المكونة من الحجر الجيري الطبيعي الحاوي على نسب كافية من الالومينا والسيليكا. وتقدر بهليه تكليس هذه الاجار معالجتها بالحرارة اذ يتم بواسطتها تكوين سيليكات الكالسيوم والوفينات الكالسيوم التي لها القدرة على التحلل بوجود الماء. وتتم التكليس في درجات حرارة اقل من درجات الحرارة اللازمة لانتاج كلنكر الاسمنت اليوركلاندي مما يؤدي الى اقل محتوى المركب الاسمندي CO_2 في هذا النوع من الاسمنت وبذلك سيكون بهليه بطيئا. بعد عملية التكليس يطحن كلنكر الاسمنت الطبيعي بحيث لا تقل مساحة السطح النوعية عن $6000 \text{ cm}^2/\text{g}$.

2- الاسمنت المتدري expanding Cement

من المعروف ان حرارة الاسمنت اليوركلاندي انما تعاني انكماشه أثناء الجفاف، وهذا الانكماش يسبب تشقق الكتلة الخرسانية اذا كانت صلبة الحركة. كما ان هناك تمدد من التفاعلات تسبب تمدد مجيئة الاسمنت، وان حصول هذا التمدد في الخرسانة المطلوبة يسبب تشققها وتلفها ايضا. وهذا ما نشأت فكرة ايجاد نوع من الاسمنت يعرف بالاسمنت المتدري من قبل (H. Lossier) حيث ينتج من استعمال هذا الاسمنت تمدد صغير على الفترات المبكرة وزيادة حجم مجيئة الاسمنت بدون تلف هيكلها.

يتكون هذا الاسمنت من خليط من الاسمنت اليوركلاندي كمادة اسمنتية، عامل تمدد ^{expanding agent} ويكون عادة كبريتيه على الغالب ومادة مثبتة ^{stabilizer} معادلة للسيطرة على التفاعل.

ولغرض هذا الحصول على تمدد مناسب يكون من الضروري ان تناسب مكونات الاسمنت بصورة دقيقة.

وبصورة عامة يخلط حوالي (8 - 20) جزء من كلنكر (مسلق الوفيات) وهو يعادل المتدري الذي ينتج من حرق خليط من الجبس والحجر الجيري الطباشيري.

اذ تتكون كبريتات الكالسيوم والوفينات الكالسيوم (صورة رئيسية C_3A_2) بوجود الماء تتفاعل هذه المركبات لتكون (مسلق الوفيات الكالسيوم الهائية).

قلا (20-8) جزر كلاً مع (100) جزر من الاسمنت ليوركلاندي و 15 جزر
من المادة المشبعة .
حيث سيحضر اختبار الافران العاليه كمادة مشبعة .

اختبار افران مادة صينه 15 + 100 Cement portland + (20-8) اسمنت لوفينان

الاستخدام :-

1) يستعمل الاسمنت القوي لجزر اهلاك البضوح على المشآت الصهار لبنائهم
للسوائك كالسود والسرديت والخراتان وغيرها .

2) لاهلاك الاعضار الانشائية المتفجرة حيث ان انواع الاسمنت ليوركلاندي
لوجودها لا تفعل لهذا الغرض بسبب اكثارها عنه الجفاف .

هناك نوع اخر من الاسمنت القوي يعرف بالاسمنت القوي ذو الطاقة العاليه
ويضع من هذا كلنكر الاسمنت ليوركلاندي وكلنكر الاسمنت الالوفينان والجينه
بنسبه 65 : 20 : 15 كان لتوالي والعمود شائع من تكوين سلفو
الوفينان الكالسيوم التي تصل من خلال 2-3 يوم بعد عملية الصب . يمتاز
هذا الاسمنت بكونه سريع التجهد والتصلب ، حيث تصل مقاومته الكاحوالي
 7 N/mm^2 (6) ساعات و 50 N/mm^2 على 28 يوم .
اذاً لذلك فانه يمتاز بمقاومته العاليه لتأثير الكبريتات .

توزيع

المركبة (سيليكا + أكسيد الحديد + أكسيد الكبريت + سيليكا) وكميات قليلة من الماء (سيليكا)

٢- الاسمنت الالوميني Aluminous Cement

يصنع الاسمنت الالوميني من صهر الحجر الجيري أو الحجر الجيري الطباشيري واليوكاسيت
الى درجة السيلولة ثم يطين كلتاه الاسمنت الالوميني ذو اللون الرمادي لداكتا
الكان يقل نوصته بين $\frac{2250}{97}$ - 3200 .

يتميز هذا الاسمنت بلونه الغامق وسرعة قطبه وباعطائه عملاً كبيراً جداً من ليوم
الاول وكذلك بمقاومته الجيدة لتأثير الاحماض الخفيفة والكريات لكنه يتأثر
بالكلوريات . وكذلك توليد كميات من الحرارة العالية عند التبريد .

الاستخدام :-

- ١) يعمل هذا الاسمنت على تبريد الاجزاء الباردة .
- ٢) عند الكعبه على الحصول على عمال عمل جيد .
- ٣) في المئات الجريه بسبب مقاومته لتأثير الكريات .

الأسبوع الحادي عشر -

الركام

تصنيف الركام

طرق أخذ العينات

معدن الحبيبات

المسحط الطمي للحبيبات

قوة تحمل الركام (المقاومة)

ركام الخرسانة concrete aggregate

الركام: هو مجموعة جسيمات ذات معامات متباينة حبيبية وقوية ومقاومة زاحل وتتفصل مع بعضها البعض. وتكفل نسبة (65-80) % من حجم الخرسانة.

اذن هذا تأثير كبير على الخرسانة وخواصها. بصورة عامة تكون الركام من جسيمات صخرية متدرجة الحجم منها جسيمات صغيرة كالرمل (sand) والافرن كبيرة كالحصى (Gravel)، فالركام يظن للدلالة الخرسانة استقراريةها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانحلال، كما ويقلل الركام التغيرات الحجمية الناتجة عن تمدد وتقلص عجينة الاسمنت اذ من تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف. وبهذا فان الركام يعطى للخرسانة متانة افضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها.

يتضح مما ورد اعلاه بان خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكلي الخرسانة.

حين اختيار الركام لغرضه الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة الى ثلاثة متطلبات :-

الاولى: (اعتقادية) الخليل، من الخواص المهمة للركام هو تدرج جسيباته ولغرضها الحصول على هيكل خرساني كثيف يجب ان يكون تدرج ركام الخرسانة مناسباً وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم (Fine aggregate) والركام الخشن (Coarse aggregate) في الخليل. بالاضافة لذلك يكون التدرج كاملاً مهماً مما يسهل على قابلية التسقيط الخرسانة الطرية، فبعد تحديد كمية الركام الموجودة في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية التسقيط الخليل اكثر عند ما يكون التدرج مناسباً وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليل اقل والتي بدورها تؤدي الى زيادة مقاومة الخرسانة لنتيجة وهي المتطلب الثاني الخاص بالمقاومة الكافية للدقة المتطلبة.

اما بالنسبة لاعتقادية الخليل هناك امر اخر مهم وهو كلما كانت كمية الركام اكثر وذلك يكون الركام ارضيات الاسمنت.

اما بالنسبة للمتطلب الثالث وهو لغرضها الحصول على خرسانة صلبة يجب ان يفكر ركامها بعدم تأثره بفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والانحلال

اللافتة: يجب ان يكون الركام خالي من المواد الكيماوية والصلب اذ هي مواد سامة تؤثر على اداء الخرسانة ايضا الاصبحت المتفاعل مع الماء والركام ٠٢

والتي تؤدي الى تشكل الركام كما ويجب ان لا يحدث تفاعل ضار بين معادن الركام ومركبات الاسمنت ما اضيافة الى ضرورة خلو الركام من المواد غير النقية والتي تؤثر كالمقاومة وثبات (Soundness) بحسب الاسمنت.

2- General classification of aggregate الركام العام

1- تصنيف حبيبات الركام بالنسبة للمقاسات -

تتراوح مقاس (size) الركام المتعمل في الخرسانة بين بضع سنترات الى جرد من الالف من السنترا ما وقد يختلف المقاس الاقصى (max. size) المتعمل فعليا في الخلطات الخرسانية المختلفة ولكن يهودت عافة يتفق ان خليلا خرساني حبيبات ذات مقاسات مختلفة ما يعرف التوزيع الحجمي لحبيبات الركام بالترتيب (grading) وتكون تقسيم الركام بالنسبة للمقاسات كالآتي :-

٢- الركام الخشن او الحصى (Gravel)

تصنف الركام الخشنا عموما الحبيبات التي يتخطى حجمها (95 - 100) % من وزنها على المتعمل مقاس (5 mm) ولا يزيد عما يمر فيها حبيبات المتعمل مما لنسب المسموح بها في حدود التدرج المذكورة في المواصفات القياسية. وتشر المواصفات القياسية الرقمة رقم 45 والمخاضة بركام المصادر الطبيعية المتعمل في الخرسانة وفي البناء بان يكون الركام الخشنا احد الانواع التالية :-

حصى غير مكسر : ركام خشنا تابع من الترتيب الطبيعية لانواعها مما للخرس
حصى مكسر او حجر مكسر : ركام خشنا يتبع من تكبير الحصى او الحجر الصلب
حصى مكسر جزئيا : ركام خشنا يتكون ما خليلا حصى مكسر وخرس
مكسر

ب- الركام الناعم أو الرمل (sand) :-

تتضمن الركام الناعم مجموعة الحبيبات التي لم يعظمها (95 - 100) % من وزنها عند المنخل قياسي (5 mm) ولا يزيد عما يختص منها على هذا المنخل من نسبة يسمح بها في حدود التسرع المذكور في المواصفات القياسية. ويحور عادة تغير القياس الإردني لحبيبات الرمل (0.075 mm) أو أقل قليلاً منه.

وتشير المواصفات العراقية رقم 45 بأن يكون الركام ناعماً جداً لا تراخي له.

- رمل طبيعي : ركام ناعم ينتج عن التعرية الطبيعية لارتواض من الحجر.

- رمل الحجر المكسر أو رمل الحصى المكسر : ركام ناعم ينتج عن تكسير الحجر الجبل أو الحصى.

على أن المادة التي تتراوح مقاس حبيباتها بين (0.002 - 0.06 mm) تعرف بالفين (silt) والمادة التي يكون مقاس حبيباتها أصغر من (0.002 mm) تعرف بالطين (clay).

د- الركام السائل all-in or pit run aggregate :-

هو خليط من الركام الخشن والركام الناعم

هـ- تصنيف الركام شبيه إلى عشأه - ١ -

الركام طبيعي : ناتج بفعل التعرية الطبيعية

صناعي : ناتج وفق بعض العمليات الصناعية.

١- الركام الطبيعي ٢-

ان كل حبيبات الركام (الطبيعية نشأ اجلا من الكتل الصخرية الكبيرة التي قد تتجزأ بفجورة طبيعية بفعل العمليات الجوية والتآكل (abrasion) او قد تسحق صناعيا ، لذا فان بعض خواص الركام تعتمد كلياً على خواص الصخور الاصليّة كالتركيب الكيميائي والتركيب المعدني والوزن النوعي والصلادة والمقاومة والاستقرار الكيميائي وعظام الهيكل واللون وما الى ذلك .
ومن ناحية ثانية هناك بعض من خواص الركام غير موجودة في الصخور الاصليّة مثل مقاسد الحبيبات وشكل الحبيبات وملكها السطحي (surface texture) والامتصاص وتلك هذه الخواص تؤثر بدرجة كبيرة على خواص الخرسانة الطرية والمدبلة .

ومن المعروف بان الصخور التي نشأ عنها الركام الطبيعي هو ذلك طبيعي ما عجمية مع المعادن او من حالات قليلة متكونة مما معدن واحد مرتبطة بقوة وبشكل دائم بواسطة قوون التماسك وتنقسم حسب شكلها الحيولوجي الى ثلاثة انواع :-

- ٢- الصخور النارية او البركانية -
- ب- الصخور الرسوبية
- ج- الصخور المتحولة

٣- الركام الصناعي (Artificial aggregate) :-

يُعمل الركام الناتج صناعياً ما يأتي :-

٢- ركام منتج وفقاً لعمليات معينة كالمعالجة الحرارية وذلك للحصول على مواد متعددة وخفيفة الوزن مثل معالجة الطين بالحرارة بحيث تمدده لانماج الركام الخفيف (lightweight agg.)

ب- استعمال المواد المتكونة كنتاج عرض من بعض الصناعات كركام حبيبات الافران العالية (مخلقات صناعية غير معهودة لاصحة اثناء عملية صناعة كوك الحديد الزهر) ، وركام مخلقات العنم الناتج من حرق العنم في محطات توليد الطاقة .

٣- تصنيف الركام نسبة إلى جهاتها الصخور :-

يتم تصنيف الركام إلى جزأين طبيعياً بفعل العوامل الجوية أو الميكانيكية نسبة إلى جهاتها الصخور إلى عدة مجاميع **صخرية** تتغير بنجارتها من شدة وهناك جدول بين تصنيف الركام المتكون طبيعياً إلى عدة مجاميع من الصخور بموجب المواصفات القياسية البريطانية (B. 5812: 1967). ص ١٥٦

طرق أخذ نماذج (عينات) الركام Sampling of aggregate :-

إن العينة المستعملة لبعض الخواص المختلفة للركام يجب أن تمثل بوفرة صفة التجزئة المأخوذة منها، ولا يجوز أخذ عينة لبعض خاصية معينة للركام من قبة أو قاعدة جملة الركام (bulk of aggregate) وذلك لأن القسم الأعلى من مخلوط جملة الركام يحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الصغيرة بينما تكون نسبة الحبيبات الكبيرة هي قاعدة مخلوط جملة الركام أكثر فالعينة المستعملة يجب أن تمثل معدلاً لخواص الركام ويزاد عن العينة التمثيلية.

لتم جمع هذه العينة من عدة كميات صغيرة تؤخذ من مناطق مختلفة من جملة الركام لإتقان عن (10) مناطق. جميع تكون نسبة الحبيبات الصغيرة والكبيرة في العينة مطابقة بقدر المستطاع لتلك الموجودة في جملة الركام.

كما لا يجوز أن يقل وزن العينة الناتجة عن القمم الموجودة في الجدول التالي للحبيبات ذات المقاسات المختلفة وذلك بموجب المواصفات القياسية البريطانية (B. 5812: 1967) والمواصفات القياسية العراقية رقم (29).

(جدول الحد الأدنى لوزن العينات المستعملة لأغراضها لبعضها)

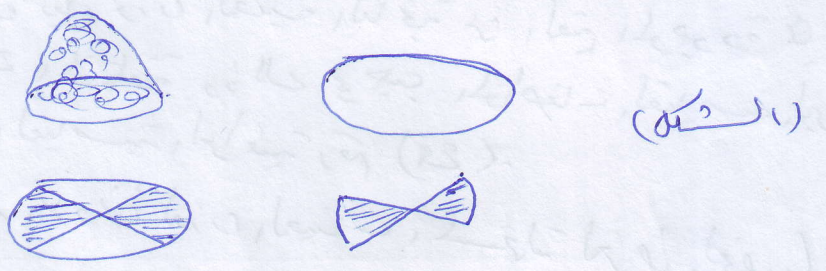
الحد الأدنى لمقاس الحبيبات الموجودة في العينة بـ (mm)	الحد الأدنى لوزن العينة للتجزئة (Kg)
25 mm	50 kg
أصغر من 25 mm و أكبر 5 mm	25 kg
5 mm وأصغر	13 kg

يُخرج من الجول اقله ان العينة الرئيسية (main sample) كبيرة نوعاً ما لا يمكن عند استعمال ركاز ذو قوام كبير ولذلك يجب تقليل وزن العينة قبل العجن. وفي جميع مراحل التقليل يكون من الضروري لنا تدوين ان العينة اجتمعت نحو ارجحها لتتوزع اي ان عينة العجن الكافية تقلل خواص مماثلة للعينة الرئيسية اي جملة الركاز.

هناك طريقتين لتقليل حجم العينة كلاهما تتطابقان تقسيم لعينة الى جزئين متساويين وهما :-

٢- التقسيم الرباعي (Quartering) :-

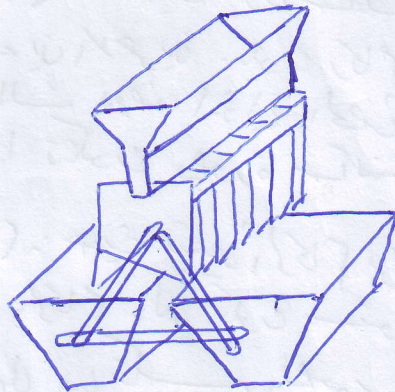
تتبع هذه الطريقة خلال العينة الرئيسية بصورة جيدة وفي حالة الركاز المتكسر يتم كطيه وذلك لتجنب الانغزال (Segregation). يجمع العينة كالكيسية مخروطة ثم تقلب لتكوين مخروط جديد حيث تكرر هذه العملية مرتين. وذلك لتضارب كل سطح المخروط وبذلك سيتم سقوط الحبيبات (ذات المقاسات المختلفة) وتوزيعها بصورة متساوية حول محيط المخروط. بعد ذلك يولى المخروط النهائي كالكيسية قرص مسطح (كما هو مبين في الشكل) لسهولة تدويره الى ان يتم نشر المادة بشكل واحد ثم يقسم الى اربعة اقسام ويجمع الجزأين الاضداد الى مخروط بطريقة مماثلة ويتم كويته وابعاد الربيع المتقابلين وتكرر هذه العملية الى ان يتم الحصول على الكمية المطلوبة من العينة.



ب- التقسيم النصفى (Riffling) :-

يوجب هذه الطريقة تقسيم العينة إلى نصفين باستخدام الجهاز المبين بالمثل والمخروف (بقاسم العينات) اذ يكون عن صدوف مخوف عدد من التقسيمات العمودية المتوازنة مع صدوفين آخرين يوضعان على جانبيه وذلك لغرضها تجسيم العينة المتسمة.

تتم تفرغ العينة الرئيسية عن العرض، لكي لصدوف قاسم العينات وبذلك يتم تقسيم إلى جزئين ويتم جمعها في الصدوفين الكائنين على جهتي صدوف قاسم العينات وبعد ذلك يهدل احد الجزئين ويقسم الجزء الاخر بطريقة مماثلة وتكرر عملية التقسيم العينة إلى $\frac{1}{4}$ ثم إلى $\frac{1}{8}$ وذلك الى ان يتم الحصول على لون المطلوب.



شكل جهاز قاسم العينات

خواص الركام :-

شكل حبيبات الركام

shape of aggregate

يمكن وصف شكل حبيبات الركام بالتعبير التالية :-

٢- الاستدارة أو التكور (Roundness) : تعبر الاستدارة كميًا من اللحمة النسبية (Relative sharpness) أو تزوي (angularity) حافات وزوايا حبيبات الركام.

وتعقد استدارة الحبيبات بدرجة كبيرة على قوة التحمل والاهلية ومقاومتها للتآكل وعلى مقدار الاحتكاك الذي تتعرض له الحبيبات، اما بالنسبة للركام المكسر فان شكل الحبيبات يعتمد على طبيعة المواد الاصلية وعلى نوع الكسارة المستخدمة حجم الناتج ونسبة الاختطار (نسبة حجم المادة المحفوفة في الكسارة الى حجم الناتج النهائي المكسر).

وتقسم حبيبات الركام نسبة الى الاستدارة وذلك يوجب الجرافات البريطانية كالآتي :-

١- عدد rounded : حيث تكون الجسيمات بشكل كروي تقريبا ويكون الركام
 بهذا الشكل نتيجة الصقل بفعل الماء أو الاحتكاك
 المتكرر تكون الركام جود جيدة ، ان كالمية
 الحصن المنيع أو من سواحل البحار أو الرمل
 المتكون بالاحتكاك والدرجة بفعل الربيع عن هذا النوع .

٢- غير المنتظم (Irregular) : حيث تكون الجسيمات اقل كروية من بلودر
 بسبب عدم تكامل التكوين الطبيعية سابقا تتميز الجسيمات
 بكثافة قدوة ، ان معظم انواع الحصن المنيع والصل الطينيين
 هي من هذا الصنف .

٣- رقائق أو قرص (flaky) : حيث يكون سمك الركام قليلا بالنسبة إلى
 البعدين الآخرين . يكون ركام الصخور الطبيعية بلاسة
 وكذلك بعض انواع الحصن المنيع من هذا النوع
 عندما تتكون بظورة سائلة على مياه سريعة الجريان .

٤- ذو زوايا (angular) : حيث تتميز الركام بزوايا واضحة عند التقاء
 سطوح الركام ، لكي تكون مستوية تقريبا . ان الركام
 المستعمل عند تكبير الصخور أو الحصى أو الطابوق ما
 هذا الصنف .

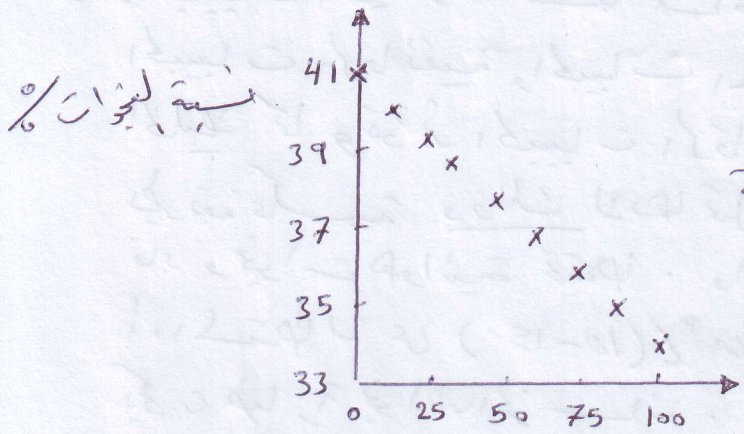
٥- مستطالة (elongated) : حيث يكون طول الركام أكبر بظورة
 مستمرة عما لبعدين الآخرين ، يتواجد هذا الصنف
 بين الركام ذو الزوايا .

ان الحدة أو مقدار الاستدارة لجسيمات ركام معين صفة مهمة لانها تؤثر
 على سهولة استعمال خليط الركام والاسمنت وكذلك تؤثر على ثبات ذلك
 الخليط .

وليعرف رقم الحدة (angularity number) بـ 67 ناقصا النسبة المئوية
 للحجم المطلب لركام موزون في وعاء معين وهو هو بالطريقة القياسية
 وتتراوح قيمة رقم الحدة من 0 ← 12 .

حيث كلما كان رقم الحدة اقل كلما كانت حدة الركام أكثر . لقد وجد ان اقل
 حدة (أكثر استدارة) على ركام معين تكون نسبة الخواص فيه 33% .
 ان الرقم 67 على المعادلة يمثل الحجم المطلب لأكثر الحصن استدارة وبذلك
 فان رقم الحدة يمثل مقدار زيادة النسبة المئوية للخواص عن 33% .

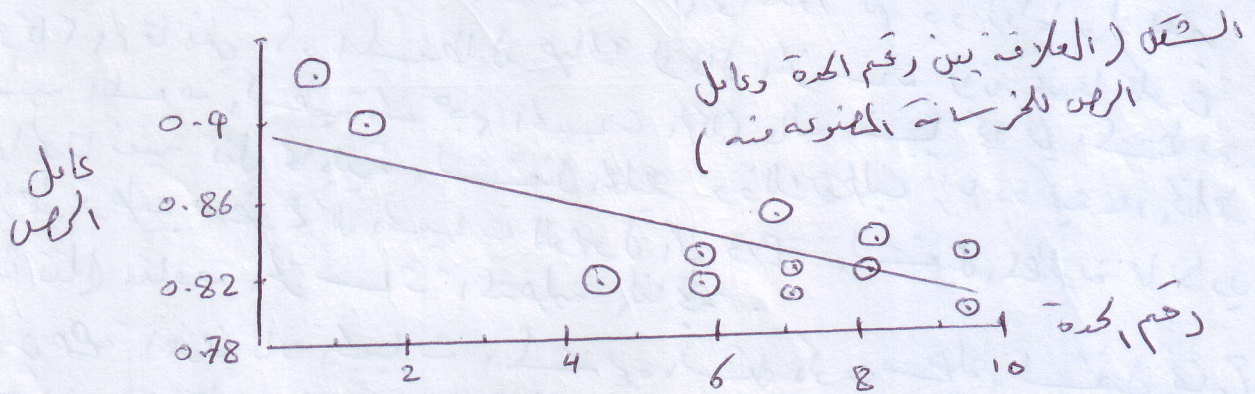
والدليل الذي يؤكد على الاحتقاد النسبية المئوية للعيونات على شكل الحبيبات يمكن الحصول عليه من الشكل التالي :-



شكل (تأثير حدة الركام على نسبة الليغوات)

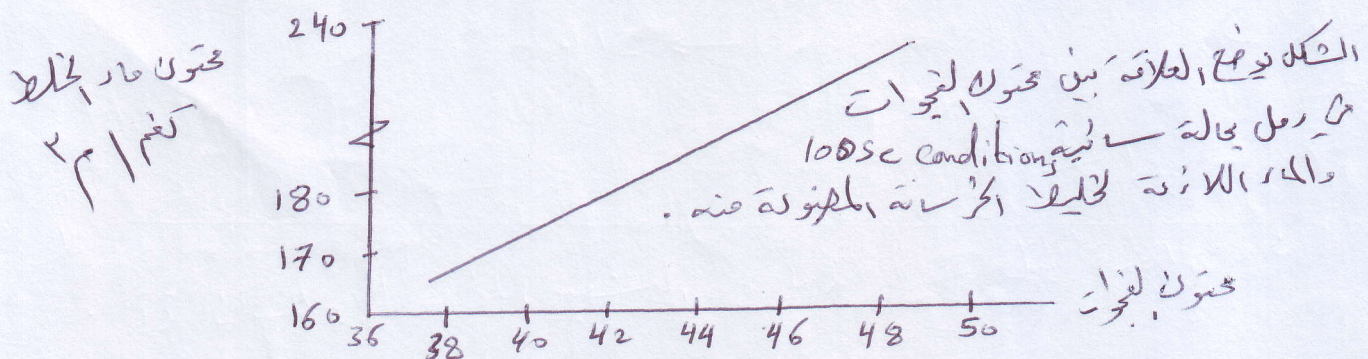
النسبة المئوية لليغوات الركام المصدر

ويؤثر شكل الركام الحشن (الحصى) تأثيراً كبيراً على قابلية التشغيل للحرسات. والشكل التالي المستعمل من نتائج بحوث (كايلانس) Kaplan's يوضح العلاقة بين حدة الركام الحشن وعامل الرص (Compacting Factor) للخرسانة المصنوعة منه حيث يبين ان زيادة رقم الحدة عند الحد الأدنى إلى الحد الأعلى يقلل عامل الرص بحوالي 0.09.



الشكل (العلاقة بين رقم الحدة وعامل الرص للخرسانة المصنوعة منه)

أما شكل الركام الناعم (الرمال) فيؤثر على كمية المواد اللازعة للتحليل. يمكن توضيح ذلك بصورة غير مباشرة من النسبة المئوية للعيونات على رمل بحالة سائبة حيث ان زيادة نسبة العيون على الرمل يؤدي الى زيادة ليغوات المواد اللازعة للتحليل كما هو موضح بالشكل التالي :-



الشكل يوضح العلاقة بين محتوى ليغوات على رمل بحالة سائبة 100Sc Conditions والمواد اللازعة للتحليل الخرسانة المصنوعة منه.

ب - الكروية (Sphericity) - الكروية هي دالة لشيء المساحة السطحية للجسيمات
 التي حجمها ونقته ايضاً على نوع اجهزة التكسير فضلاً عن كسر الركام صناعياً .
 كما والجسيمات التي تكون نسبة مساحتها السطحية إلى حجمها عالية مثل
 الجسيمات الرقائقية والجسيمات المستطالة تقلل عن قابلية التفتت
 الخليل كما وتؤثر الجسيمات الرقائقية على قسامة الحزب *durability of concrete*
 بطريقة عكسية وذلك لانها تميل للتوجه في عتوب واحد مع تكبير
 عار ومجوات هوائية تحتها . واذا زادت نسبة الجسيمات الرقائقية
 أو المستطالة عن (10-15) % مما وزن الركام الحشن فان تأثيرها
 يكون ضاراً نحو اقل الحزب .

ان وزن الجسيمات الرقائقية كنسبة من وزن السقودج الكلي يعرف بمعامل
الترقق (Flakiness index)

اذا معامل الاستطالة (elongated index) يمكن تعريفه بنفس الطريقة
 (مخوصات الترقق والاستطالة مفيدة لتقدير نام عمال الركام) .

عما تقدم ان افضل الامتثال هي غير المنتظم والمدور ثم ذو زوايا ولا يعتبر
 الركام الرقائق أو المستطال ضاراً لانها الحزبنة لانه عندما تكون
 نسبة المساحة السطحية إلى حجم الجسيمات الركام عالية نسبياً كما في المستطالة
 والرقائقية تقل قابلية التفتت الخليل وذلك يتطلب زيادة كمية عار الخليل
 لغرض ترطيب سطوح كل الجسيمات للوصول إلى درجة التفتت المطلوبة مما يؤدي
 إلى تقليل مقاومة الحزبنة المتطلبية النهائية .

ومن جهة اخرى فان الجسيمات المسدرة التي تكون هامة التفتت يحتاج
 ان يكون ~~م~~ اقل ما الامسحت لعلها معها السطحية اعلا الجسيمات
 غير المنتظمة والزوايا فتكون هامة التفتت .

الملمس السطحي لجسيمات الركام - Surface Texture of agg.

يؤثر الملمس السطحي لجسيمات الركام على الحد من انتشار الماء في الخرسانة وقابلية تشققها فلما كان الملمس خشناً كلما زادت قوة التماس بين جسيمات الركام وكجسنة الاسمنت اما الجسيمات ذات الملمس الناعم فانها تحت قابلية تشقق الخرسانة حيث انها تقلل من الاحتكاك الداخلي بين اجزاء الخلط أثناء عملية الخلط.

تقسم سطح الركام من حيث البنية الى عدة انواع هي - ازيادة بالانعم ثم الاخشن - زجاجي (glassy) - املس (smooth) - حبيبي (granular) - خشن (rough) - بلوري (crystalline) - وحلوي مسامي (honeycombed and porous).

ملاحظة :- الركام المسامي كالطابوق او الحجر الرملي يعبر عن فئة لعمال الخرسانة استنادا الى تأثير الملمس على قابلية تشقق الخرسانة وعلى الربط بين حبيبات الاسمنت و سطح الركام.

مقاومة الركام - strength of aggregate

من الواضح ان مقاومة الانضغاط للخرسانة لا تعتمد على مقاومة الركام، لداخلها تكون فيها ومن الصعب قياس مقاومة سحق (crushing strength) للركام بمفرده ولكن يمكن الحصول على المعلومات المطلوبة من خواص غير مباشرة على سبيل المثال مقاومة السحق لتنازع الصخر المحفرة او ايجاد قيمة السحق (crushing value) للركام او بتقدير سلوك الركام في الخرسانة وبالاهم اذا ظهر في عينة خرسانية فكلما تزداد من جسيمات الركام المكسرة فتكون جسيمة مقاومة الركام اقل من مقاومة الانضغاط الفعلية للخرسانة الحاوية على الركام المعنى. وما للواضح ان ركام من هذا النوع يمكن استعماله ففلا من خرسانة ذات مقاومة واهلية.

ان مقاومة ومرونة الركام تعتمد على تركيبه الهيكلي وملكه السطحي وبنية.

لذا فان المقاومة العالمية للركام قد تسبب من ضعف في المكونات الحزبية أو قد تكون هذه المكونات قوية ولكنها ضعيفة الترابية مع بعضها البعض ومن المعروف ان تأثير الركام على مقاومة الخرسانة يعتمد على اصنافه وخصائصه فاسمك اضافة الى مقاومته الميكانيكية.

مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن (20/40) تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم (10/20) وذلك لضعف الترابية بين الركام الخشن والخرسانة. كما ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة. وقد اشارت بعض الدراسات الى ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة. وقد اشارت بعض الدراسات الى ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة.

مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة. وقد اشارت بعض الدراسات الى ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة. وقد اشارت بعض الدراسات الى ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة.

مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة. وقد اشارت بعض الدراسات الى ان مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الخشن تكون اقل من مقاومة الخرسانة المسلحة بالركام الناعم في حالة تعرضها للقوى المتكررة.