



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والانشاءات
فرع البناء وإدارة المشاريع

مقارنة بين نتائج الفحوصات الفيزيائية لأنواع مختلفة من السمنت البورتلاندي باستخدام رمل قياسي وآخر أعتيادي

مشروع سنوي مقدم الى

الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاءات فرع البناء وإدارة المشاريع

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في

علوم هندسة البناء والانشاءات

من قبل

ضحى سمير محسن

بإشراف

م. أسراء يونس

1431هـ

أ.د. شاكر أحمد المشهداني

2010 م

بناء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سُبْحَانَكَ لَا إِلَهَ إِلَّا مَا عَلَّمْنَا إِنَّكَ أَنْتَ

الْعَلِيمُ

حَسْبُكَ اللَّهُ الْعَلِيمُ الْعَظِيمُ

شكر و تقدير

الحمد لله الذي لا يبلغ مدحه القائلون ولا يحصى نعمه العادون
ولا يؤدي حقه المجتهدون حمداً يكون لحقه قضاء ولشكره أداء .

أتقدم بالشكر والتقدير

إلى كل من علمني حرفاً" منذ دخولي المدرسة حتى وصولي هذه المرحلة .
وخصوصاً الأستاذ الدكتور خاتر أحمد صالح مشرفني في المشروع والأستاذة
إسراء يونس لما أبدياه لي من مساعدة وتوجيه وإرشاد وإلى كل من ساعدني
من أساتذة مختبر الخرسانة .

فلهم مني جزيل الشكر والتقدير والامتنان

ومن الله التوفيق .

الأهداء

الى الامي الذي علم المتعلمين

الى اليتيم الذي بعثه الامل في نفوس البائسين

الى حبيبنا ونور قلوبنا.....

ابو القاسم محمد الامين (صلى الله عليه واله وسلم)

الى صاحب القلب الكبير

الى من احطاني وينتظر مني العطاء

الى من غرس في نفسي الامل

الى الذي غمرني بكرمه وذرعه عرق لاصل الى ما انا عليه

والذي العزيز

الى بلسم الشفاء والؤلؤ المكنون الى من تحت اقدامها جنات وعيون الى لب
قلبي وريحانة حياتي الى من رضاها غايتي وسعادتها امنيتي الى من حنانها
وطيبتها لا يوصف في الكون

والدتي

الى الذي احيا لأجلهم ويزيدون سعادتي الى من حبهم يجري في عروقي ويلهم
بذكراهم قلبي الى من عاشوا معي في الحياة حلوها ومرها

اخوتي

الى من اثاروا درج مستقبلي و علموني بناء حياتي واعطوني خلاصة علمهم الى

من اضاوا لي دربي

اساتذتي

الى كل قلب خفق حبا" ووفاء" لي اهدي ثمرة جهودي .

فهرست الجداول والاشكال

الصفحة	رقم الجدول أو الشكل
11	الشكل (1-2) المقارنة بين اماهة المركبين C_3S, C_2S
18	جدول (1-3) النتائج الكيميائية للسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات
19	جدول (2-3) النتائج الكيميائية للسمنت البورتلاندي الاعتيادي
20	جدول (3-3) التحليل المنخلي للرمل القياسي
21	الشكل (1-3) منحنى التحليل المنخلي للرمل القياسي
22	الشكل (2-3) متسلسلة المناخل المستخدمة في التحليل المنخلي للرمل
22	الشكل (3-3) الميزان الحساس المستخدم
23	الجدول (4-3) النتائج المستحصلة من التحليل المنخلي للرمل الاعتيادي المستخدم
23	الجدول (5-3) الخواص الاخرى للرمل القياسي
23	شكل (4-3) منحنى التحليل المنخلي للرمل الاعتيادي
25	الشكل (5-3) جهاز فيكات والاجزاء A, B, C
28	الشكل (6-3) نموذج السمنت داخل جهاز (Le-chatelier) المستخدم في التجربة
30	الشكل (7-3) ماكينة الاهتزاز المستخدمة
31	الشكل (3-8 أ) الملاط المخلوط قبل اضافة الماء
31	الشكل (3-8 ب) الملاط بعد اضافة الماء

الفهرست

الصفحة	المحتويات
1	المحتويات
2-3	فهرست الجداول والاشكال
	الفصل الاول
4-5	1-1 التمهيد
5	2-1 رمل اوتاوا
6	3-1 اهمية وهدف المشروع
6	4-1 محتويات المشروع
	الفصل الثاني
7	1-2 تمهيد
7-8	2-2 مركبات السمنت وتأثيرها على خواص السمنت
9-12	3-2 أمأهة السمنت
14-13	4-2 انواع السمنت البورتلاندي
14-16	5-2 البحوث السابقة
	الفصل الثالث
17	1-3 تمهيد
17-21	2-3 المواد المستخدمة
21-33	3-3 الاجهزة والفحوصات المستخدمة وطريقة الفحص
	الفصل الرابع
34	1-4 تمهيد
34-41	2-4 مناقشة النتائج
	الفصل الخامس
42	1-5 تمهيد
42-43	2-5 الاستنتاجات
44	3-5 مقترحات لبحوث مستقبلية
45-46	المصادر

32	الشكل (3-8 ج) الملاط بعد اخراجه من ماكينة الاهتزاز
33	الشكل (3-8 ء) مكعبات الملاط بعد انتهاء فترة المعالجة وقبل الفحص
33	الشكل (3-8 هـ) مكعب الملاط داخل جهاز فحص مقاومة الانضغاط
36	الشكل (1-4) نتائج الفحوصات الفيزيائية لنموذجي السمنت البورتلاندي الاعتيادي
36	الشكل (2-4) نتائج الفحوصات الفيزيائية لنموذجي السمنت البورتلاندي المقاوم
37	الشكل (3-4) معدل نتائج مقاومة الانضغاط لنموذجي السمنت البورتلاندي الاعتيادي بأستخدام رمل قياسي وآخر اعتيادي
37	الشكل (4-4) معدل نتائج مقاومة الانضغاط لنموذجي السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح بأستخدام رمل قياسي وآخر اعتيادي
38	الشكل (1-4) زمن التجمد الابتدائي والنهائي لنماذج السمنت المستخدمة
40	الشكل (2-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع طاسلوحة
40	الشكل (3-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع كبيسة
41	الشكل (4-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع جسر
41	الشكل (5-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع قائم

الفصل الاول

الفصل الأول

المقدمة

1.1: التمهيد

يتملك مادة السمنت خواص تلاحقية وتماسكية عند خلطها مع الماء وتعرضه للاماهة بمرور الزمن تجعلها قادرة على ربط الاجزاء المعدنية مع بعضها البعض في وحدة كاملة مترابطة تستخدم بكثرة في قطاع التشييد.⁽¹⁾

ان معرفة المواد السمنتية واستعمالها يرجع الى الآف السنين فقد ارتبط ذلك بنشوء الحضارات القديمة وازدهارها حيث كانت تستخدم كمادة لاصقة لتثبيت الحجر والطابوق لاجراض البناء والتشييد اما السمنت الحالي فقد مضى على استخدامه حوالي قرنين من الزمن .

وقد تم انتاج أول سمنت بورتلاندي عام 1840 من قبل باركر الذي سماه بالسمنت الالماني وقد تميز بليوننة معدنية، وقد انتج من احجار في اعلى جزيرة شيببي (Sheppy) الواقعة في مصب نهر التايمز وقد استعملت الاحجار في صناعة السمنت البورتلاندي بعد حرقها وسحقها.

ان المواد السمنتية على شكل مونة او خرسانة تعتبر جذابة للاستعمال كمادة انشائية لانها رخيصة الثمن وذات ديمومة ولها مقاومة انضغاط مناسبة وجساءة ملائمة للاستعمالات الانشائية بالاضافة الى ذلك فانها في الحالة الطرية تكون سهلة التشكيل في القوالب مما يجعل بالامكان تصنيع الاشكال المعقدة. اما نواقصها فتعود الى خواصها القصيفة من ضعف لمقاومة الشد والصدمات وسرعة تأثرها بحركة الرطوبة. وتعد الخرسانة من المواد الاساسية في تنفيذ المشاريع الانشائية حيث يتم انتاجها بكمية ضخمة يومياً في مختلف انحاء العالم نظراً لما تتميز به عن بقية المواد ولهذا كان من الضروري الاهتمام بطرق واساليب انتاجها لضمان انتاج خرسانة بالكمية والجودة المطلوبة من الواضح ان الخرسانة قد اصبحت من اكثر المواد البنائية

انتشاراً ويتوقع ان تبقى كذلك لسنوات قادمة

ان العوامل المسببة لهذا الانتشار كثيرة منها: (2)

- ا- توفر المواد الأولية في مختلف مواقع الاعمال او قريباً منها وسهولة ايصالها ونقلها.
- ب- خواصها الهندسية المتعددة والجيدة بشكل عام ودوامها الطويل وهذا يسهل من امكانية تعدد استخدامات المادة لعدة اغراض .
- ج- امكانية التحكم في الخواص الهندسية ونتاج الخرسانة حسب ما هو مطلوب لكل حاله وهذا يعني حرية الانتقاء ونتاج المادة المناسبة للحاجة.
- د- الكلفة الاقتصادية المناسبة وخاصة في بلدنا.
- هـ- توفر الايدي العاملة للعمل بهذه المادة.
- و- ازدياد الخبرة المحلية لاستخدام هذه المادة.

1-2 رمل أوتاوا:

رمل مشتق من شرق اوردوفيكي بالقرب من أوتاوا عاصمة كندا ولاية ابلتوي، يعتبر رمل أوتاوا رمل قياسي لانه يتصف بكون حجم حبيباته موحد عابر من المنخل رقم (850 مايكرون) ومستقر على منخل رقم (600 مايكرون) وتكون حبيباته غير ملوثة بالطين او مركبات الحديد وغيرها من او الشوائب. (2)

قام بعض الجيولوجيين بتطبيق عدد من التجارب على هذا النوع من الرمل وتأكدوا من استقراره وثباته وتم استخدامه في العديد من الفحوصات ومنها (المقاومة، محتوى الهواء، قوة تلاصق بين سطح الرمل السمنت والتجارب الجيوكيميائية ومن التطبيقات العملية البناء بالحجر، تصنيع الزجاج والقوالب.

1-3 أهمية وهدف المشروع :

ان الهدف الرئيسي من المشروع هو معرفة مركبات السمنت الكيميائية وتأثيرها على الفحوصات الفيزيائية للسمنت وذلك باستخدام رمل عادي وآخر قياسي ولأنواع مختلفة من السمنت المتوفرة في الاسواق العراقية المحلية حيث لوحظ تفاوت لا يستهان به في نتائج فحوصات السمنت القياسية لنفس النوع من السمنت وهذا ما يستحق الدراسة للوقوف على بعض من هذه الاسباب من خلال هذا المشروع.

1-4 محتويات المشروع :-

لقد تم استعراض هذا المشروع من خلال خمسة فصول يشمل الفصل الاول على مقدمة مختصرة عن تأريخ السمنت وتأريخ استخدامه كماده رابطة والهدف من المشروع. يتضمن الفصل الثاني دراسة تأثير المكونات الكيميائية للسمنت على الفحوصات الفيزيائية واستعراض مركبات السمنت الكيميائية. اضافة الى المصادر المستخدمة في البحث. اما الفصل الثالث فقد تم خلاله توضيح الاعمال المختبرية والمواد المستخدمة ومواصفاتها والاجهزة وطرق الفحص. في حين تم استعراض النتائج المستحصلة من الفحوصات المختبرية مع مناقشة هذه النتائج في الفصل الرابع. واخيرا" تم ذكر عدد من الاستنتاجات من هذا العمل وبعض التوصيات الخاصة بالمشروع وذلك في الفصل الخامس.

الفصل الثاني

الفصل الثاني

السمنت البورتلاندي وخواصه

2-1 تمهيد:

لقد اكتشف هذا النوع من السمنت من قبل البناء الاتكليزي جوزيف اسبين (Joseph Aspdin) في عام 1824 وذلك بحرق خليط من الطين والحجر الجيري الصلب المسحوق ناعماً في فرن الى ان يتم توليد غاز ثاني اوكسيد الكربون حيث تكون درجات الحرارة اقل من تلك اللازمة لانتاج الكلنكر. وقد انشأ اول مصنع لانتاج السمنت البورتلاندي في عام 1825. وفي عام 1845 تم صنع نموذج اولي من السمنت الحديث من قبل اسحق جونسون (Issac Johnson) الذي قام بحرق خليط من الطين والحجر الجيري الطباشيري الى درجة الحرارة التي يتكون عندها الكلنكر وبذلك تم الحصول على التفاعلات الكيماوية اللازمة لتكوين المركبات السمنتية .⁽¹⁾

2-2 مركبات السمنت وتأثيرها على خواص السمنت :

يتغير خواص السمنت اثناء التميأ بتغير تركيبه الكيماوي ودرجة نعومته، لذا بالامكان اختيار نسب مختلفة من المواد الأولية وحسب الحاجة. وبالنظر للاحتياجات المختلفة فقد وجدت الانواع المتعددة من السمنت بحيث يتميز كل منها ببعض المواصفات الخاصة التي تميزه عن الانواع الاخرى. ومن ابرز انواع السمنت الشائعة الاستخدام هي :⁽¹⁾

السمنت البورتلاندي الاعتيادي ، السمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات بكافة أنواعه والسمنت السريع التصلب وبجميع انواعه 'والسمنت المعدل 'والسمنت المنخفض الحرارة .اضافة الى انواع خاصة اخرى كالسمنت الابيض و السمنت التمددي والسمنت الالوميني وغيرها

تتكون المواد الأولية المستعملة في صناعة السمنت بصوره رئيسية من الجير والسليكا والالومينا واوكسيد الحديد،تتفاعل هذه المركبات مع بعضها البعض داخل الفرن وبدرجات حرارة الحرق

العالية التي تصل الى حوالي 1500 درجة مئوية لتكون مركبات أكثر تعقيداً وكمية قليلة من جبر غير متحد بسبب عدم توفر الوقت الكافي لاتحاده مع باقي المركبات تستمر هذه التفاعلات الكيميائية في داخل الفرن الى ان يتم التوصل الى حالة التوازن الكيميائي ليكون ناتج الحرق النهائي هو "الكلنكر" "Klinker" الذي يحتوي على عدة مركبات رئيسية و ثانوية هي التي تؤثر على منتج السمنت لاحقاً. إضافة الى ذلك فأن سرعة تبريد الكلنكر تؤثر على درجة تبلوره وعلى كمية المواد الغير المتبلورة الموجوده فيه والتي تسمى بالزجاج حيث ان خواص هذه المواد الغير متبلورة تختلف بدرجة كبيرة عن خواص المركبات المتبلورة والمتواجدة في السمنت اثناء صناعته .

ان المركبات الرئيسية للسمنت البورتلاندي هي : (3)

- سليكات ثلاثي الكالسيوم $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ويرمز له (C_3S) .
- سليكات ثنائي الكالسيوم $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ويرمز له (C_2S) .
- ألومينات ثلاثي الكالسيوم $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ويرمز له (C_3A) .
- ألومينات حديد رباعي الكالسيوم $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ويرمز له (C_4AF) .

اما المركبات الثانوية المتواجدة في السمنت فهي عديدة واهمها:

- أوكسيد الصوديوم Na_2O
- أوكسيد البوتاسيوم K_2O
- ثالث أوكسيد الكبريت SO_3
- المغنيسيا MgO

ومن الجدير بالذكر انها تصف بالثانوية لنسبتها المحددة في السمنت الا ان تأثيرها غير ثانوي وضار.

2-3 أماهة السمنت:-

عندما يخلط السمنت البورتلاندي مع الماء ينتج عن ذلك سلسلة من التفاعلات الكيميائية والتي بموجبها تكون عجينة السمنت مادة رابطة حيث انه بوجود الماء تكون مجموعة السيليكيات (C_3S, C_2S) ومجموعة الألومينات (C_3A, C_4AF) مركبات جديدة وهذا ما يطلق عليه بعملية الأماهة (Hydration Process) وبمرور الوقت تتعرض عجينة السمنت الى التجمد والتصلب تتحول نواتج الأماهة الى كتلة متينة وصلبة تعرف بعجينة السمنت المتصلبة. وهناك نوعين من تفاعل مركبات الاسمنت مع الماء ⁽¹⁾

النوع الاول: والذي يعتبر التفاعل الحقيقي لعملية الأماهة وهو الاضافة المباشرة للماء الى السمنت.

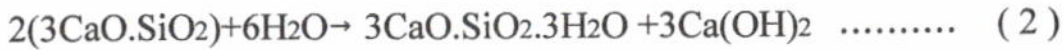
النوع الثاني: هو التحلل بالماء (hydrolysis). ومع ذلك فأن مصطلح عملية الأماهة يستعمل لكل تفاعلات السمنت مع الماء سواء كانت اماهة حقيقية او تحلل بالماء. ان طبيعة التحلل بالماء يمكن توضيحها من خلال المعادلة التالية التي تتضمن اماهة المركب سليكات ثلاثي الكالسيوم (3 Cao.Sio_2).



2-3-1 اماهة المركبات السليكية (C_2S, C_3S):-

ان سليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S وسليكات ثنائي الكالسيوم C_2S هي المركبات السمنتية الرئيسية وان السلوك الفيزيائي للسمنت اثناء عملية الأماهة يعتمد و يماثل سلوك هذين المركبين. وتعزى المقاومة النهائية لهيكل عجينة السمنت المتصلبة بصورة رئيسية الى سليكات الكالسيوم المتميئة (hydrated calcium silicate)، وبما ان مركبات سليكات الكالسيوم تكون حوالي 75% من وزن السمنت الاعتيادي فمن المتوقع ان تشكل هذه المركبات و/او هدراتها الجزء

الاعظم من عجينة السمنت في اي مرحلة من مراحل عملية الاماهة.حيث عند مزج سليكات ثلاثي الكالسيوم (C_3S) المسحوقة ناعماً" مع الماء تبدأ عملية الاماهة بسرعة وتتكون ايونات من الجير والسليكا في المحلول بنسبة جزيئية 1:3 مماثلة للمركب الغير المتمياً كما وان تركيز الجير يزداد بصورة منتظمة في المحلول بينما يقل تركيز السليكا وتظهر حالاً" بلورات من هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ مع جل سليكات الكالسيوم المائية ومن المعلوم بان عملية الاماهة لهذا المركب تستغرق سنة واحدة او اكثر وعندما تحصل اماهة كلية يمكن التعبير عن التفاعل بصورة تقريبية بالمعادلة التالية:



ولكن هذه المعادلة البسيطة لا تعكس تعقيدات التفاعل مع السمنت اذ ان نسبة الجير الى السليكا للنواتج المتكونة مباشرة اثناء الخلط في عجينة السمنت هي (3) علماً بان هذه النواتج تتجمع بشكل طبقة خارجية على سطوح المركب C_3S مسببة تاخر التفاعل وبعد مرور عدة ساعات ينحل هذا الناتج البدائي مما يؤدي الى تسريع عملية الاماهة وتكوين الناتج الثاني من جل سليكات الكالسيوم المائية والذي تكون فيه نسبة الجير الى السليكا مساوية الى (1.5) او اقل ويرمز له $CSH I$ ويتبع هذا ناتج ثالث مستقر يرمز له $CSH II$. اما تفاعل المركب C_2S فيكون ابطاً من تفاعل المركب C_3S وكمية هيدروكسيد الكالسيوم المتكونة نتيجة لاماهته تكون اقل، فان الجل المتكون من سليكات ثنائي الكالسيوم المائية مماثل لذلك الناتج من المركب C_3S عدا ان هناك فرق في مسلك التفاعلات الكيميائية لهذين المركبين 'ففي عجينة المركب C_2S تكون نسبة الجير الى السليكا للناتج البدائي المتكون بشكل طبقة سطحية مقاربة الى (2) وبعد مرور 12 ساعة يتحول الناتج البدائي الى ناتج حاوي على نسبة قليلة من الجير يرمز له $CSH I$ اذ تهبط نسبة الجير الى السليكا فيه الى اقل قيمة وبحدود (1.1 - 1.2) وبعد ذلك يتكون الناتج

النهائي المستقر ويرمز له CSH II.

والمعادلة الآتية تعبر عن هذا التفاعل :

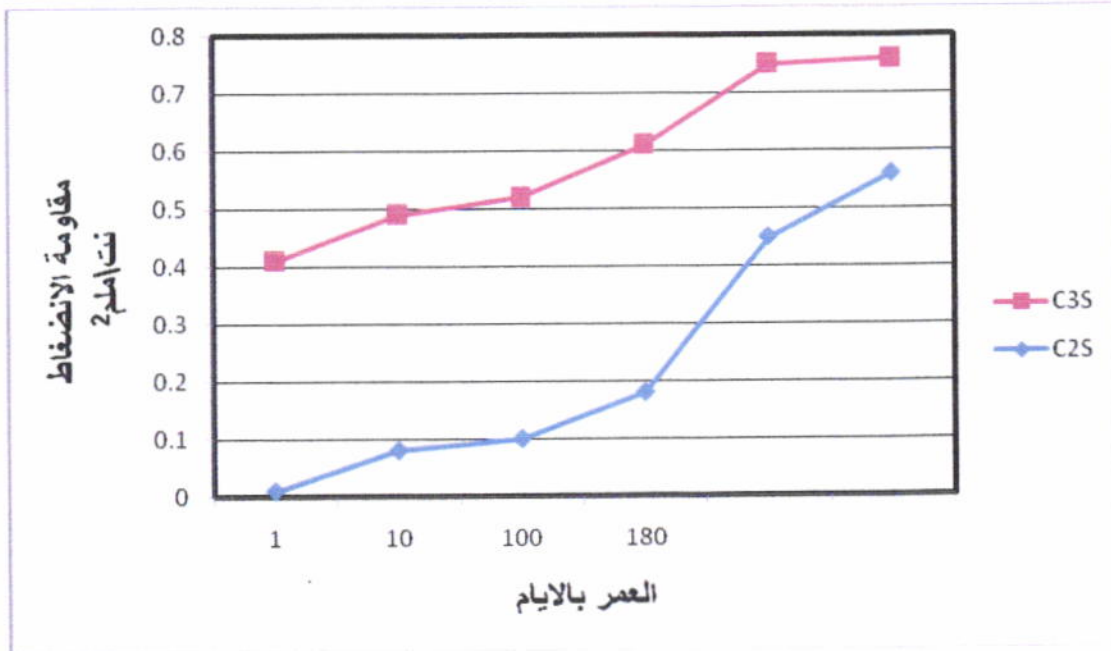


هنالك اختلاف كبير بمعدل سرعة الاماهة لكل من المركبين ($\text{C}_3\text{S}, \text{C}_2\text{S}$) بحالتيهما الخاصة وحسب ما موضح في الشكل (1-2) الذي يبين اماهة المركبين $\text{C}_2\text{S}, \text{C}_3\text{S}$. ان تركيب سليكات الكالسيوم $\text{C}_3\text{S}, \text{C}_2\text{S}$ بصورة تقريبية بعد اكتمال عملية الاماهة $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$, وبالرغم من ان المركبين $\text{C}_2\text{S}, \text{C}_3\text{S}$ يحتاجان الى كمية مماثلة من الماء لعملية الاماهة الا ان قابلية انتاج C_3S لهيدروكسيد الكالسيوم يفوق ضعف انتاج C_2S له وحسب ما مبين في المعادلات التالية :

اماهة المركب C_3S :



اماهة المركب C_2S :



الشكل رقم (1-2) المقارنة بين اماهة المركبين C_3S و C_2S ⁽¹⁾

2-3-2 اماهة المركبات الالومينية (C4AF,C3A) :

ان كمية C3A الموجودة في معظم انواع السمنت قليلة مقارنة مع باقي المركبات ولكن سلوكها وعلاقة هيكلها مع باقي المركبات يجعلها ذات اهمية ⁽¹⁾. ان تفاعل المركب C3A منفردا مع الماء يكون شديدا جدا ومصحوبا بانبعث كمية كبيرة من الحرارة مكونا بلورات صفائحية سداسية من الومينات الكالسيوم المائية وفي السمنت البورتلاندي يؤدي هذا النوع من التفاعل الى حدوث التجمد الفجائي (Flash Setting) ولكن وجود الجبس الذي يضاف الى الكلنكر قبل عملية طحن السمنت يعمل كمؤخر لتفاعل C3A مع الماء اذ يتفاعل معها مكونا سلفو الومينات الكالسيوم الغير الذائبة حول حبيبات C3A وبذلك يؤخر تفاعلها مع الماء متيجا وقتا كافيا لاماهة C3S والذي يكون تفاعلها ابطأ من C3A. تستمر تفاعلات الجبس مع C3A الى ان يتم استنفاد الجبس او استنفاد C3A بينما تستمر سليكات ثلاثي الكالسيوم في الاماهة. فاذا تم استنفاد C3A قبل الجبس فان الجبس الفائض يتمدد ليكون عاملا مساعدا في تمزق وتلف كتلة عجينة السمنت .

اما اذا تم استنفاد الجبس اولا فان الومينات ثلاثي الكالسيوم المتبقية تبدأ في الاماهة حيث يتم تحولها الى الحالة الثابتة والمستقرة C3AH6 في داخل كتلة عجينة السمنت المتصلبة كما في المعادلة التالية ويتم ترسيب البلورات المائية في وسط المنتجات المتكونة من اماهة سليكات ثلاثي الكالسيوم.



اما عن اماهة المركب C4AF ⁽²⁾ فهو مادة خاملة لا تتفاعل مع الماء ولا تضيف الى التحمل المبكر او المتأخر للعجينة السمنتية وانما تضاف الى السمنت ك (FLUX) (يقلل من مدة الانصهار).

2-4 انواع السمنت البورتلاندي :

تتلخص انواع السمنت البورتلاندي الشائعة الاستخدام بما يلي : (1)

2-4-1 السمنت البورتلاندي الاعتيادي (Type I):

يستعمل بصورة واسعة في معظم المنشآت الخرسانية الغير معرضة لاملاح الكبريتات في التربة او المياه الجوفية ويحدد المواصفة البريطاني B.S. 1987 (4) والمواصفات القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 (5) متطلبات التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية لهذا النوع من السمنت.

2-4-2 السمنت البورتلاندي السريع التصلب : (Type III) يشابه السمنت البورتلاندي

الاعتيادي كثيرا الا انه يطور المقاومة بصورة اسرع من السمنت الاعتيادي بسبب نعومته العالية والتحكم في نسبة المركب C_2S , C_3S وان هناك عدة انواع لهذا السمنت تتعلق بتأثر زمن التجمد من عدمه ومقدار اكتساب المقاومة ويمكن معرفة تفاصيل اكثر ذلك بالرجوع الى المصدر (1) .

2-4-3 السمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة:

يستعمل هذا النوع من السمنت في الكتل الخرسانية الضخمة مثل السدود، ويحتوي على نسبة اقل من سلكات ثلاثي الكالسيوم C_3S والومينات ثلاثي الالمنيوم C_3A وعلى نسبة اعلى من سليكات ثنائي الكالسيوم C_2S مقارنة مع السمنت البورتلاندي الاعتيادي .

2-4-4 السمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات : (Type V) يشابه السمنت البورتلاندي

الاعتيادي عدا انه يحتوي على نسبة اقل من الومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A وذلك لان هذا المركب يعتبر اكثر المركبات في السمنت قابلية للتأثير بالكبريتات.

2-4-5 السمنت التمديدي : (2)

ينتج عن استعمال هذا النوع من السمنت تمدد مفيد في الفقرات المبكرة وزيادة حجم عجينة السمنت بدون تلف هيكلها . يتكون هذا السمنت من خليط من السمنت البورتلاندي وعامل تمديدي ومادة مثبتة ، ويتم الحصول على العامل التمديدي من حرق خليط من الجبس البوكسيت والحجر الجيري الطباشيري إذ تتكون كبريتات الكالسيوم والومينات الكالسيوم المائية بوجود الماء تتفاعل هذه المركبات لتكون سلفو الومينات الكالسيوم المائية المعروفة بالاترنكايت حيث يرافقها تمدد عجينة السمنت.

وهناك أنواع أخرى من السمنت البورتلاندي منها:

أ- السمنت البورتلاندي - خبث الافران العالية

ب- السمنت البورتلاندي الابيض

ج- السمنت البورتلاندي البوزولاني - والبوزولانا

ان معظم هذه الانواع ذات استخدامات خاصة وتستخدم لغرض التحكم ببعض خواص الخرسانة المنتجة كحرارة الاماهة او المسامية او اللون وغيرها.

2-5 البحوث السابقة :-

لما للخرسانة من اهمية كبيرة في البناء وفي مختلف انحاء العالم فقد تركزت ابحاث الكثير من الباحثين عن هذه المادة ومن جوانب عديدة وهنا نستعرض بعض منها لما له علاقة بموضوع المشروع :

فقد أكد (Powers) ⁽⁶⁾: بان القوة الحقيقية لعجينة السمنت يمكن ان تنشأ من نوعين من الربط

هي : (1) قوة التجاذب الفيزيائية من نوع (Vander vals) بين السطوح الصلبة المنفصلة

بمسامات الجل الصغيرة (2) قوة الربط الكيماوية في مناطق التماس بين سطوح جسيمات الجل. كما لاحظ (Noble) ⁽⁷⁾ بان مقاومة الانضغاط للخرسانة تنخفض بشكل عام بمقدار (14.7%) عند زيادة نسبة ماء الخليط الى السمنت (w/c) من (0.7- 0.9) وقد استعمل الباحث رمل ذو معامل النعومة (3.5) ونسبة اسمنت / ركام (4:1) واكد ان العلاقة بين نسبة w/c ومقاومة الانضغاط غير ثابتة وتعتمد على عدة عوامل، وذكر الباحث (scholer) ⁽⁸⁾ وآخرون بان مقاومة التلاصق بين عجينة السمنت والركام تعتمد على كثير من العوامل ومنها درجة رص الخرسانة ودرجة التداخل الميكانيكي فالركام ذو ملمس السطحي الناعم يؤدي الى ظهور تشققات بمقدار اجهاد اقل مما لو استعمل ركام ذو ملمس سطحي خشن وهذا يؤدي الى تغيير ملموس في مقاومة انضغاط الخرسانة.

ولقد وجد الباحث (connermen) ⁽⁹⁾ بانه كلما زادت خشونة حبيبات الرمل المتدرج زادت مقاومة انضغاط الخرسانة بسبب حاجته الى كمية ماء اقل من الرمل الناعم وان نقصان نسبة (w/c) سيؤدي الى تحسن مقاومة الانضغاط وباقي الخواص الميكانيكية والفيزيائية للخرسانة.

ولاحظ (Lechatelier) ⁽¹⁰⁾ ولاول مرة ان نواتج عملية الاماهة للسمنت تكون متشابهة كيميائيا كنواتج عملية الاماهة لكل مركب على انفراد تحت ظروف مماثلة. وقد ورد تأكيد ذلك بعد فترة من قبل عدد من الباحثين ومنهم (Bogue) ⁽¹¹⁾ مع التحديد بان نواتج التفاعل قد تؤثر بعضها على بعض او قد تتفاعل هي الاخرى مع المركبات الموجودة في المجموعة.

ولقد ابدى الباحثون (Remond) ⁽¹²⁾ و (Klieger) ⁽¹³⁾ و (William Lerch) ⁽¹⁴⁾ انطباعهم حول فعالية السمنت في الخرسانة والتي تعتمد على نوعية السمنت وعلى الخواص

الفيزيائية والكيميائية لكل نوع من انواع السمنت في الخلطة الخرسانية. وان غنى الخلطة الخرسانية بالسمنت تعتمد على خواص الخلطة الخرسانية المطلوبة وعلى (جودة نوعية الركام). اما العالم (Alcxandar) ⁽¹⁵⁾ فقد اثبت ان مقاومة اصرة مونة السمنت مع الركام تعتمد على عوامل عديدة تتعلق بخواص الركام المستخدم وكذلك محتوى الماء المستخدم في الخلطة.

الفصل الثالث

الفصل الثالث

الاعمال المختبرية

3-1 تمهيد :

يتضمن هذا الفصل المواد المستخدمة وكذلك تفاصيل الادوات والاجهزة المستخدمة في الاعمال المختبرية وطريقة تهيئة النماذج وتم مراعاة استخدام كافة المواد المتوفرة في الاسواق المحلية ومراعاة تدقيق صلاحية المواد وفقا للمواصفات العراقية المعتمدة في نظام التشييد.

3-2 المواد المستخدمة:

3-2-1 السمنت :

استعمل 4 انواع من السمنت المتوفر في الاسواق المحلية وهي :

أ- السمنت البورتلاندي الاعتيادي

اولا- السمنت البورتلاندي الاعتيادي (معمل طاسلوجة)

ثانيا- السمنت البورتلاندي الاعتيادي (معمل كبيسة)

ب- السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح الكبريتية.

اولا- السمنت البورتلاندي المقاوم (معمل جسر).

ثانيا- السمنت البورتلاندي المقاوم (معمل قائم).

تم اجراء جميع الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لهذه الانواع الاربعة من السمنت والتي

تشمل:

فحص الثبات وزمن التجمد الابتدائي و النهائي ومقاومة الانضغاط للاعمار (3 ايام، 7 ايام) للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية العراقية (رقم 5 لسنة 1984) ⁽⁵⁾ وقد تم خزن كافة انواع السمنت داخل المختبر في اكياس تم اغلاقها باحكام لغرض وقاية السمنت من الرطوبة ومنع تكتل حبيباته مع بعضها. والجدول رقم (1-3) (2-3) تبين النتائج للفحوصات الكيميائية للانواع الاربعة من الاسمنت المستخدمة في المشروع.

جدول رقم (1-3) النتائج الكيميائية للسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات

النسب المئوية للمكونات الاسمنتية		الأكاسيد
قائم	جسر	
21.92	21.13	SiO_2
4.09	4.40	Al_2O_3
5.40	4.89	Fe_2O_3
64.61	62.82	CaO
3.20	3.28	MgO
2.32	2.34	SO_3
1.44	2.65	L.O.I
0.27	1.28	IR
0.85	1.31	L.S.R
21.63	21.40	C_2S
51.62	54.93	C_2S
16.43	14.88	C_4AF
1.71	3.4	C_3A

جدول (2-3) النتائج الكيميائية للسمنت البورتلاندي الاعتيادي

الاكاسيد	النسب المئوية للمكونات الاسمنتية	
	كبيسة	طاسلوجة
SiO_2	21.9	20.24
Al_2O_3	5.3	4.55
Fe_2O_3	3.1	3.11
CaO	62.4	62.51
MgO	3.28	3.41
SO_3	2.3	2.21
L.O.I	1.6	2.0
IR	0.38	1.01
L.S.R	1.00	1.01
C_2S	31.86	13.262
C_3S	40.99	59.34
C_4Af	9.433	9.464
C_3A	6.8	9.1

2-2-3 الركام الناعم:

استعمل الركام الناعم المستخرج من منطقة الاخضر والمبين تدرجه في الجدول رقم (3-3)، وقد تبين بانه هذا الركام ومن خلال التحليل المنخلي بانه ضمن منطقة التدرج الثانية وهو مطابق للمواصفات القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984⁽⁵⁾. والشكل (4-3) يبين منحنى التحليل المنخلي للرمال المستخدم .

3-2-3 الرمل القياسي:

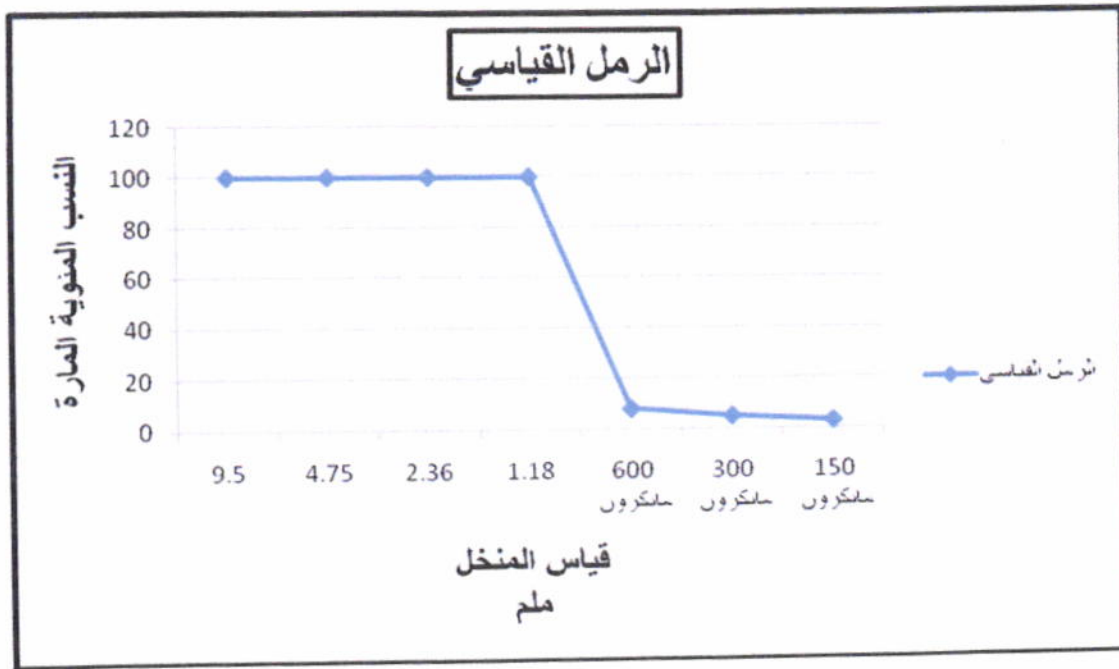
يجب توفر المتطلبات التالية في الرمل القياسي المستخدم في الفحوصات : (2)

1. ان يكون مغسولاً ومجففاً
2. ان لايزيد مايفقده بالغسل بحامض الهيدروكلوريك الساخن عن 0.25% ولغرض التأكد من ذلك يوزن 2غم من الرمل المجفف بدرجة 100°C لمدة ساعة ويضاف اليه 20 ملي لتر ماء مقطر ويسخن فوق حمام مائي ولمدة ساعة ثم يرشح ويغسل جيداً بالماء الساخن ويجفف ثم يحرق في جفنه خزفية مغطاة وبعدها يبرد ويوزن.
3. ان يمر من منخل مقاس 850 مايكرون للمواصفات البريطانية وان لا يزيد مقدار مايمر من منخل مقاس 600 مايكرون للمواصفات المذكورة عن 10%.

وقد تم استخدام الرمل القياسي المجهز من شركة المسح الجيولوجي وتم التأكد من انه مطابق للمواصفات فيزيائياً. والجدول رقم (3-3) يبين نتائج التحليل المنخلي للرمل القياسي والشكل (1-3) يبين منحنى التحليل المنخلي للرمل القياسي

الجدول (3-3) التحليل المنخلي للرمل القياسي

النسبة المئوية المارة للمنوعج %	مقاس المنخل
100	9.5
100	4.75
100	2.36
100	1.18
8	600 مايكرون
5	300 مايكرون
3	150 مايكرون



الشكل (1-3) منحنى التحليل المنخلي للرمال القياسي

4-2-2 الماء:

تم استخدام ماء الشرب الاعتيادي في جميع الخلطات وكذلك لمعالجة النماذج.

3-3 الاجهزة والمعدات المستخدمة وطريقة الفحص:

1-3-3 فحص التحليل المنخلي:

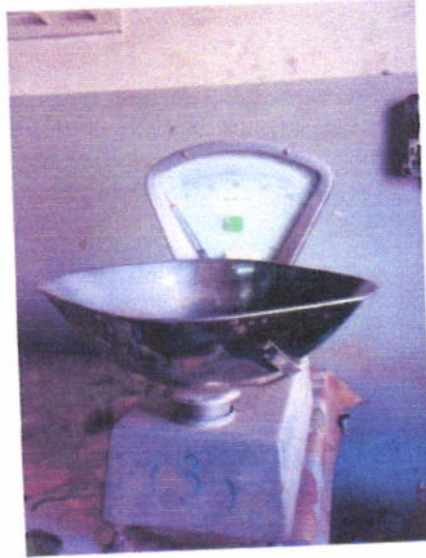
يستعمل التحليل المنخلي عادة لتصنيف الركام نسبة الى مقاس حبيباته وتطلق تسمية التحليل المنخلي للركام عادة على عملية تقسيم النموذج الى اجزاء يتكون كل منها من حبيبات متماثلة المقاس وعادة كل جزء يتضمن حبيبات ذات مقاسات معينة بحدود فتحات مناخل الفحص القياسية المتسلسلة .

الاجهزة والادوات المستخدمة:

- مناخل اختبار مطابقة للمواصفات العراقية

- ميزان دقيق الى حد 0.1 % من وزن العينة. الشكل (2-3) ' (3-3) يبينان الميزان الحساس و متسلسلة المناخل.

- فرن كهربائي لاستخدامه لتسخين النموذج درجة حرارته $5 \pm 105^{\circ} \text{C}$.



الشكل (3-3) الميزان الحساس المستخدم



الشكل رقم (2-3) متسلسلة المناخل المستخدمة في التحليل المنخلي للرمل

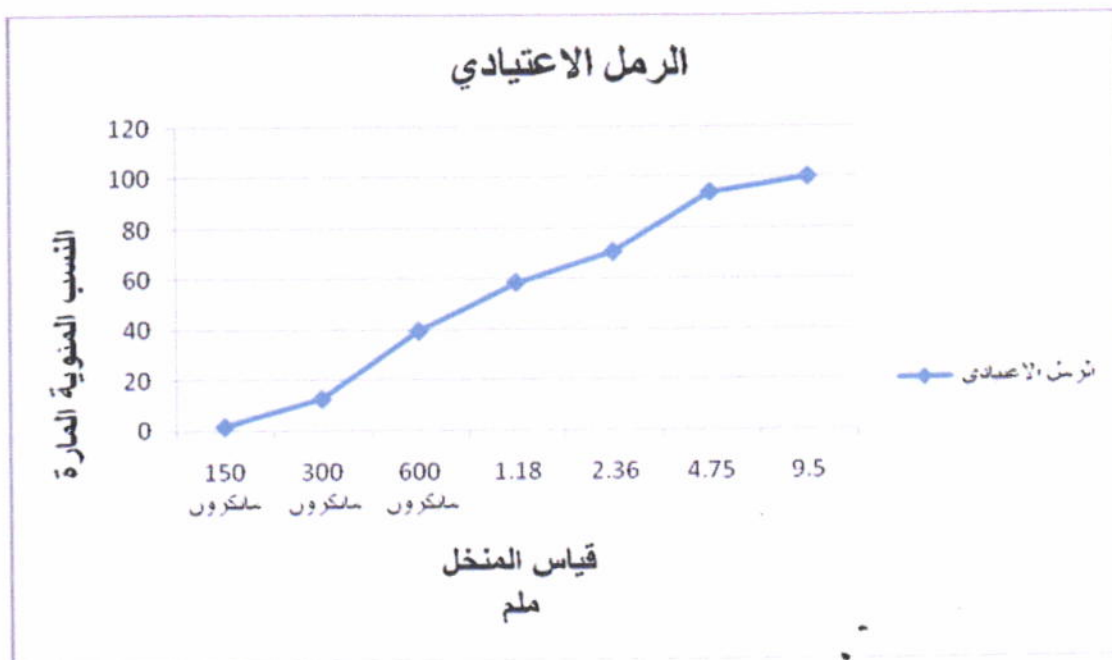
الجدول (4-3) النتائج المستحصلة من التحليل المنخلي للرمال الاعتيادي المستخدم

قياس المنخل mm	النسب المئوية المارة للمنموذج %	منطقة تدرج (1) %	منطقة تدرج (2) %	منطقة تدرج (3) %	منطقة تدرج (4) %
9.5	100	100	100	100	100
4.75	94	100-90	100-90	100-90	100-95
2.36	76.6	65-60	100-75	100-85	100-95
1.18	58.6	70-30	90-55	100-75	100-90
0.6	39.5	34-15	59-35	79-60	100-80
0.3	12.6	20-5	20-5	30-8	40-12
0.15	1.6	10-0	10-0	10-0	15-0

والنموذج ناجح وضمن منطقة التدرج الثاني .

الجدول رقم (5-3) يبين الخواص الاخرى للرمال الاعتيادي

0.18	%SO ₂
2.2	المواد الناعمة %



الشكل (3-4) منحنى التحليل المنخلي للرمال الاعتيادي

2-3-3 فحوصات السمنت:

أ- تعيين القوام القياسي لعجينة السمنت:

أولاً - الغرض:

تعيين كمية الماء اللازمة للحصول على عجينة السمنت ذات القوام القياسي والتي تستعمل في

فحوصات تحديد الوقت اللازم للتجمد وثبات السمنت.

ثانياً - المواصفات:

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات العراقية رقم 1984 / 5 . (5)

ثالثاً - الاجهزة والادوات:

يستخدم في هذا الفحص جهاز فيكات المبين في الشكل (3-5) مع استخدام طرف اسطواني (A)

قطر 10 مم بدلاً من الابرة (B).

رابعاً - اسلوب العمل:

ان كمية المادة اللازمة للحصول على عجينة سمنت ذات قوام قياسي هي الكمية التي تعطي

عجينة تسمح للطرف الاسطواني بالنفوذ الى نقطة تبعد (5-7) مم عن قاعدة قالب فيكات وعندما تفحص عجينة السمنت بالطريقة التالية:

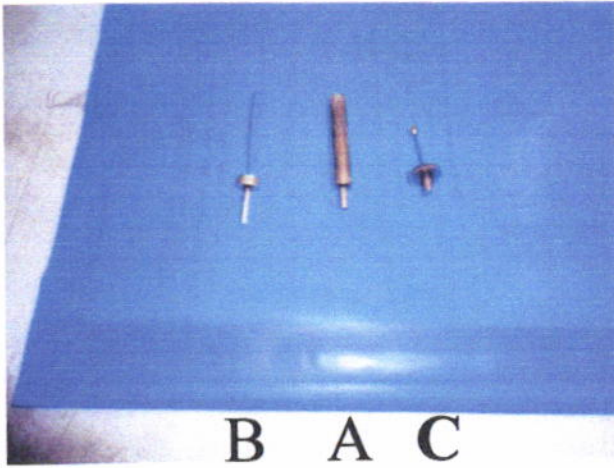
(1) تحضر كمية من السمنت وزنها 400غم وتخلط مع كمية مناسبة من الماء وتقدر كنسبة مئوية من وزن السمنت الجاف ولمدة $4 \pm \frac{1}{4}$ دقيقة، ومدة الخلط هذه هي الفترة المحصورة بين بدأ اضافة الماء الى السمنت الجاف وحتى ملئ قالب جهاز فيكات بعجينة السمنت الناتجة.

(2) يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح مستوي غير مسامي بعجينة السمنت ملئاً تماماً وبطبقة واحدة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بالسرعة الممكنة.

(3) يوضع قالب فيكات المملوء بعجينة السمنت تحت القضيب الحامل للطرف الاسطواني بجهاز فيكات ثم يدلى الطرف حال ملئ القالب ببطئ الى انه يمس سطح عجينة السمنت حينئذ يترك حراً لينفذ فيها.

(4) يحدد مقدار نفاذ الطرف الاسطواني في عجينة السمنت بتعيين المسافة بين حافته السفلى وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدرج الموجود في الجهاز.

(5) يعاد عمل عجائن تجريبية باستعمال نسب مختلفة من الماء لحين الحصول على كمية الماء التي تعطي عجينة سمنت ذات قوام قياسي وتقدر هذه الكمية لنسبة من وزن السمنت الجاف والتي تشترط المواصفة العراقية بأنه تكون درجة حرارة الغرفة والسمنت والماء في حدود $20 \pm 2^\circ\text{C}$ عند اجراء هذا الاختبار.



الشكل رقم (3-5) جهاز فيكات والاجزاء (A) و (B) و (C) .

ب- تعيين زمن التجمد الابتدائي والنهائي:

اولاً - الغرض من التجربة

تعيين الزمن اللازم للتجمد الابتدائي (Initial setting) والنهائي (Final setting) للسمنت والتأكد من مطابقته للمواصفات المعتمدة.

ثانياً - المواصفات:

اعتمدت في هذا الاختبار المواصفة العراقية (5/ 1984)⁽⁵⁾

ثالثاً - الاجهزة المستخدمة:

يستخدم في هذا الفحص جهاز فيكات المبين في الشكل (3-5) مع مراعاة استخدام الجزء (C) بدلاً من الابرة (B) عند تعيين زمن التجمد النهائي

رابعاً - اسلوب العمل:

تم استخدام انواع سمنت مختلفة (المستخدمة في المشروع) لغرض تحديد زمن التجمد الابتدائي والنهائي لكل نوع وكما يأتي :

(1) توزن 400غم من السمنت وتخلط مع الكمية اللازمة من الماء للحصول على عجينة ذات قوام قياسى.

(2) يملأ قالب فيكات الموضوع على لوح غير مسامى بعجينة السمنت ملئاً تاماً وبطبقة واحدة ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالب بالسرعة الممكنة وتشتط الموامفة المذكورة اعلاه بأنه يحفظ النموذج طوال فترة الخلط بدرجة $20 \pm 2^\circ$ م وبمحيط رطوبته النسبية لا تقل عن 90%.

(3) يوضع قالب فيكات المملؤ بعجينة السمنت القياسية تحت ابرة الجهاز (B) ثم تخفض الابرة بهدوء حتى تلامس سطح عجينة السمنت وتترك مرة لتتخذ في العجينة تحت تأثير وزنها ووزن المعامل معاً (300غم).

(4) تكرر عملية انفاذ الابرة في العجينة، بين فترة واخرى، وفي مواضع مختلفة منها الى ان تتخذ الابرة الى المسافة لالتزيد عن 5 ملم من قاعدة قالب فيكات وبذلك يكون الزمن اللازم للتجمد الابتدائى هو الفترة المحصورة بين وقت اضافة الماء الى السمنت الجاف ووقت نفاذ ابرة جهاز فيكات في عجينة السمنت لمسافة لالتزيد عن 5 ملم تقريباً من قاعدة قالب فيكات.

(5) لغرض تعيين زمن التجمد النهائي تستبدل الابرة (B) بالجزء (C) المكون من الابرة مع جزء اضافى نو مقطع دائرى مثبت حولها،

ويدلى هذا الجزء ببطئ الى ان يمسس سطح عجينة السمنت وحينئذ يترك حراً لينفذ في العجينة تحت تأثير الوزن الكلى مع الجزء (C).

(6) تكرر عملية انفاذ الجزء (C) بين فترة وأخرى وفي مواضع مختلفة من سطح العجينة الى ان تترك الابرة أثراً على سطح العجينة بينما لا يظهر الأثر للجزء المثبت حولها وبذلك يكون

الزمن اللازم للتجمد النهائي هو الفترة المحصورة بين لحظة اضافة الماء الى السمنت الجاف ولحظة ترك الابرة أثراً على سطح العجينة دون ان يظهر الاثر الدائري المثبت حولها.

ج- تعيين ثبات السمنت:-

اولاً - طريقة الفحص :

تستعمل طريقة (Le - chatelier) لفحص الثبات وذلك بقياس التمدد باستعمال الجهاز المبين في الشكل (3-6) والذي يتكون من اسطوانة ذات شق طولي، مصنوعة من النحاس او اي معدن آخر مناسب ومثبت على كل من جانبي شق الاسطوانة مؤثر لغرض قياس مقدار تمدد عجينة السمنت.

ثانياً - المواصفات:-

أعتمدت في هذا الاختبار المواصفة العراقية رقم 1984/5.⁽⁵⁾

الاجهزة والملحقات:

(1) يستخدم في هذا الاختبار جهاز (Le-chatelier) المبين في الشكل (3-6) على ان

لايزيد عرض الشق الطولي عن 0.50 ملم.

(2) ميزان حساس، لوح زجاجي لخلط السمنت مع الماء، اسطوانة لقياس الماء، مالج الخلط

القياسي 210 غم تقريباً.

(3) حمام مائي قادر على رفع درجة حرارة الماء تدريجياً على درجة الغليان.



الشكل رقم (3-6) نموذج السمنت داخل جهاز (Le-chatelier) المستخدم في التجربة

اسلوب العمل:-

(1) تحضر كمية من السمنت وزنها 200 غم تقريباً وتخلط مع كمية الماء اللازمة للحصول

على عجينة سمنت ذات قوام قياسي.

(2) يملأ قالب (Le-chatelier) الموضوع على لوح زجاجي صغير بعجينة السمنت القياسية

مع الانتباه الى ان نهايتي الشق منطقتين على بعضهما عند القيام بهذه العملية ثم يغطى

القالب بلوح زجاجي آخر ويوضع فوقه ثقل صغير.

(3) يغمر القالب المثبت بين اللوحين الزجاجيين مع النقل بعد ذلك مباشرة بماء درجة حرارته

20 ± 2 ويترك لمدة 24 ساعة

(4) يرفع القالب من الماء وتقاس المسافة بين نهايتي مؤشريه بعد رفع الثقل وإزالة ألواح

الزجاج عنه.

(5) يغمر القالب ثانية في ماء درجة حرارته (20 ± 2) وترفع درجة حرارة الماء الى درجة

الغليان خلال مدة تتراوح بين 25-30 دقيقة ويستمر بالغليان لمدة ساعة واحدة.

(6) يحسب مقدار تمدد السمنت من الفرق بين القرائتين للمسافة بين نهايتي مؤشري القالب .

٤- مقاومة الانضغاط للسمنت:-

اولاً - الغرض من التجربة:

يشمل هذا الفحص تعيين مقاومة الانضغاط للسمنت باستعمال مكعبات من الملاط طول الضلع الداخلي 70 ± 0.1 ملم. مرصوصة بماكنة للاهتزاز القياسية الموضحة في الشكل (7-3) والتي سرعة اهتزازها 1200 ± 400 ذنبية في الدقيقة.

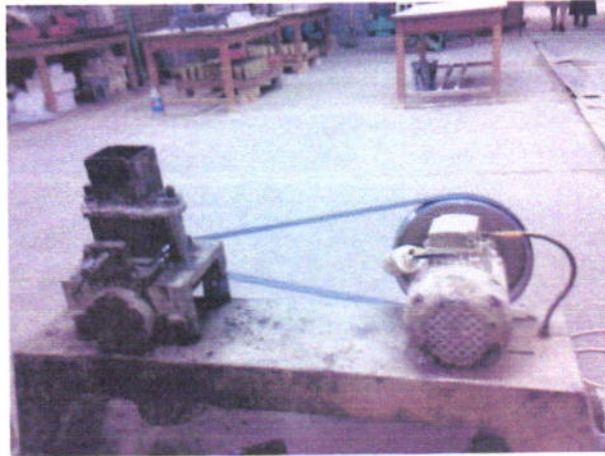
ثانياً - المواصفات:

اعتمدت في هذا الفحص المواصفات البريطانية (B.S.12:1984) لمقاومة السمنت.

ثالثاً - الاجهزة والملحقات:-

(1) ماكنة اهتزاز:-

ويجب ان يكون وزن جزء الماكينة المرتكز على محاور الاهتزاز بما في ذلك وزن القالب، ماسكات القالب، قادوس التفريغ والمكعب والاجزاء الاخرى 30 كغم تقريباً.



الشكل (7-3) ماكنة الاهتزاز المستخدمة

(2) القوالب "المكعبات":-

ويجب ان يتوفر فيها عدة شروط منها:-

ان يكون زوايا القالب قائمة (90 ± 1)، وان يكون القالب مصنوعاً من مادة غير مسامية ومصنوع من معدن غير قابل للتأثير بمونة السمنت وان تكون قاعدته مرتكزة.

لاتسمح بتسرب اثناء عملية الملى.

(3) ميزان حساس، اسطوانة لقياس الماء، سطح مستوي غير مسامي لخلط المواد، ومالج الخلط القياسي.

(4) ماكينة فحص الانضغاط تخضع لمتطلبات المواصفة البريطانية (B.S.1881, part 4).

رابعاً - تهيئة وفحص النماذج:-

(1) تحضر الكميات اللازمة لعمل المكعبات المطلوبة من الملاط (مونة) السمنت كل على

أفراد بنسبة جزء واحد من السمنت الى ثلاثة اجزاء من الرمل وزناً، حيث تستعمل

الاوزان التالية لعمل مكعب واحد من المونة:

سمنت	200 غم
رمل	600 غم
ماء (أي ما يعادل 10% من وزن السمنت والرمل معاً).	80 غم

(2) تظلى مناصر القالب وسطوح اتصاله بالقاعدة بطبقة رقيقة من زيت تشكيل القالب لمنع

ترسب الماء خلالها اثناء عملية رص الملاط كما وتظلى الواجه الداخلية للقالب بعد

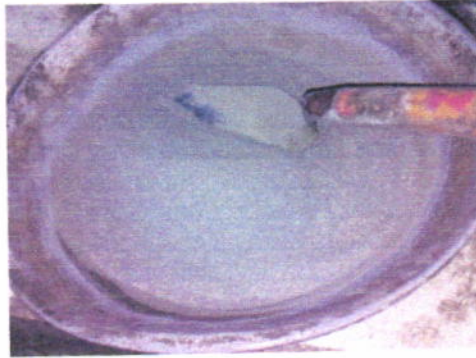
تجميعها بطبقة رقيقة من نفس الزيت ايضاً ثم يثبت القالب في ماكينة الاهتزاز تثبيتاً محكماً.

(3) تخلط المواد (السمنت والرمل) بحالتها الجافة بالمالج على سطح مستو غير مسامي لمدة

دقيقة واحدة الشكل (3-8 أ) ثم يضاف إليها ماء ويخلط المزيج لمدة 4 دقائق أخرى

الشكل (3-8 ب) ، ويراعى أن تكون كافة أدوات الخلط نظيفة وان تكون درجة حرارة

المواد وغرفة الفحص بحدود 20 ± 2 °م.



الشكل رقم (3-8 ب) الملاط بعد اضافة الماء

الشكل رقم (3-8 أ) الملاط المخلوط

قبل اضافة الماء

(4) يفرغ الخليط مباشرة بعد إكمال عملية الخلط في القالب بواسطة قادوس التفريغ مثبت

في أعلى القالب ثم يرص الملاط لمدة دقيقتين على ماكينة الاهتزاز.

(5) يرفع القالب مباشرة بعد عملية الاهتزاز الشكل (3-8 ج) ويوضع في جو لا تقل

رطوبته النسبية عن 90% ولغرض تقليل التبخر يغطى السطح العلوي للقالب بصفيحة

غير مسامية (مثل المطاط والفولاذ) ويترك لمدة $24 \pm 1/2$ ساعة.



الشكل رقم (3-8 ج) الملاط بعد اخراجه من ماكينة الهزاز.

(6) تفصل المكعبات عن القوالب $24 \pm 1/2$ ساعة وتوضع عليها علامات لتمييزها وتغمر

مباشرة في ماء نظيف درجة حرارته 20 ± 2 °م وتترك فيه لحين موعد فحصها

على ان يجدد الماء كل سبعة ايام .

(7) ترفع المكعبات من الماء عند حلول موعد فحصها الشكل (3-8ء) ويزال الماء الزائد

رأية نتوءات سطحية بسيطة من اسطحها وتفحص مباشرةً ثلاثة مكعبات لتعين مقاومة

الانضغاط بعد ثلاثة ايام وثلاثة مكعبات أخرى بعد 7 ايام وثلاثة مكعبات بعد 28 يوم

على ان تحسب المدة من نهاية عملية رص الملاط، ويراعى عدم استعمال السطح الغير

الملمس لاجه القالب عند الفحص وباستعمال صفائح فولاذية لتسليط الضغط على

ماكنة على سطح النموذج كما ويلزم ان يستند احد سطحي جهاز الفحص على مسند

كروي لضبط عملية التحميل تلقائياً.



الشكل (3-8ء) مكعبات الملاط بعد انتهاء فترة المعالجة و قبل الفحص

(8) يتم تحميل المكعب تدريجياً وبانتظام وقياس الحمل الذي تفشل عنده المكعبات الشكل

(3-8هـ) .



الشكل (3-8هـ) مكعب الملاط داخل جهاز فحص مقاومة الانضغاط

الفصل الرابع

الفصل الرابع

"النتائج والمناقشة"

1-4 تمهيد

يتضمن هذا الفصل استعراض نتائج فحوصات كافة انواع السمنت المستخدمة في المشروع الكيماوية والفيزيائية ومناقشتها. حيث تم استخدام اربعة انواع من السمنت وكذلك تم استخدام رمل عادي ورمل قياسي اثناء تهيئة عجينة السمنت لاجراء الفحوصات الفيزيائية عليها.

2-4 : مناقشة النتائج

1-2-4 الفحوصات الفيزيائية :-

تشمل الخواص الفيزيائية زمن التجمد الابتدائي والنهائي و الثبات وفحص مقاومة الانضغاط وللأعمار (28,7,3) يوم والنتائج المبينة في الجداول من (1-4) الى (4-4) توضح كافة نتائج الفحص وتبين الاشكال من (1-4) الى (4-4) تلك النتائج ببيانها لمعرفة مدى تأثير استخدام الرمل القياسي من عدمه على الفحوصات الفيزيائية القياسية لكافة انواع السمنت المستخدم .

تأثير نوع السمنت المستخدم على زمن التجمد والثبات ومقاومة الانضغاط :

يتضح من النتائج التي تم الحصول عليها في الجداول (1-4)، (2-4) بان السمنت من نوع طاسلوجة هو صاحب اقل زمن للتجمد واذا ما قارنا بين هذه النتائج والنتائج الكيماوية لأنواع السمنت المستخدم في المشروع نجد ان نسبة المركب C_3A في هذا النوع من السمنت اعلى من نسبته في بقية الانواع المستخدمة من السمنت وبما ان هذا المركب يعتبر هو اسرع مركبات السمنت في الاماهة فان هذا يدل على تطابق النتائج الكيماوية والفيزيائية ،

وبعد سمنت طاسلوجة العادي يأتي السمنت نوع جسر المقاوم ثم سمنت كبيسة واخيرا " سمنت نوع قائم المقاوم والشكل (4-1) يبين النتائج كعلاقة بيانية. اما بالنسبة لفحص الثبات فإن العوامل الرئيسية التي تسبب عدم ثبات السمنت هي وجود المغنيسيا الحرة (MgO) والجير الحر (CaO) حيث كلما زادت نسبة هذين المركبين في السمنت ادت الى عدم ثباته ' وعند المقارنة بين نتائج هذا الفحص للأنواع المختلفة من السمنت نجد بان السمنت نوع طاسلوجة العادي والسمنت نوع جسر المقاوم لهما نفس القيمة في فحص الثبات والسمنت كبيسة العادي وقائم المقاوم لهما نفس قيمة الثبات وهذا التشابه يبرره التقارب الكبير في النسب المئوية للمركبين (MgO) و (CaO) .

اما عن نتائج فحص مقاومة الانضغاط باستخدام الرمل القياسي المبينة في الجداول (3-4)' (4-4) فان السمنت نوع جسر المقاوم هو صاحب اعلى مقاومة للانضغاط وذلك بعمر (3) ايام ثم يليه سمنت طاسلوجة العادي وبعده سمنت كبيسة العادي واخيرا " سمنت قائم المقاوم . وعند اجراء الفحص للعمر (7) ايام نجد ان السمنت جسر المقاوم يكون ذو اعلى مقاومة انضغاط في هذا العمر وبعده يأتي سمنت طاسلوجة العادي ثم سمنت كبيسة وسمنت قائم المقاوم

1- تأثير استخدام الرمل القياسي من عدمه على نتائج فحوصات مقاومة الانضغاط :

تظهر النتائج المبينة في الجداول (3-4) , (4-4) و الاشكال من (2-4) الى (4-5) الفرق بين نتائج مقاومة الانضغاط للاعمار المختلفة وذلك باستخدام الرمل القياسي والاعتيادي ولانواع السمنت المختلفة المستخدمة في المشروع ونجد نسب النقصان في النتائج تتراوح بين (13-48.5)٪ وان لهذا الاختلاف عوامل كثيرة منها : شكل الركام الناعم الذي يؤثر على كمية الماء اللازمة للخليط ويمكن توضيح ذلك بصورة غير مباشرة من النسبة المئوية للفجوات في الرمل حيث ان زيادة نسبة الفجوات في الرمل الاعتيادي يؤدي الى زيادة

محتوى الماء اللازم للخليط ومن المعروف ان زيادة ماء الخلط يقلل من مقاومة الانضغاط . ويؤثر الملمس السطحي لحبيبات الرمل الى حد ما على مقاومة الخرسانة وقابلية تشغيلها فكلما كان الملمس خشنا كلما زادت قوة التلاصق بين الحبيبات الرمل وعجينة السمنت . اما الحبيبات ذات الملمس الناعم (حبيبات الرمل القياسي) فانها تحسن قابلية تشغيل الخرسانة حيث انها تقلل من الاحتكاك الداخلي بين اجزاء الخليط اثناء عملية الخلط .

جدول رقم (4-1) نتائج الفحوصات الفيزيائية لنموذجي السمنت البورتلاندي الاعتيادي

الخواص الفيزيائية	طاسلوجة	كبيسة	متطلبات المواصفة العراقية 45 لسنة 1984
زمن لتجميد الابتدائي (min)	133	145	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن التجميد النهائي (hr)	2.85	3.25	لا يزيد عن 10 ساعة
الثبات (mm)	0.5	1	لا يزيد عن 10 ملم

جدول رقم (4-2) نتائج الفحوصات الفيزيائية لنموذجي السمنت البورتلاندي المقاوم

الخواص الفيزيائية	جسر	قائم	متطلبات المواصفة العراقية 45 لسنة 1984
زمن لتجميد الابتدائي (min)	137	171	لا يقل عن 45 دقيقة
زمن التجميد النهائي (hr)	3	3.42	لا يزيد عن 10 ساعة
الثبات (mm)	0.5	1	لا يزيد عن 10 ملم

جدول رقم (3-4) معدل نتائج مقاومة الانضغاط لنموذجي السمنت البورتلاندي الاعتيادي

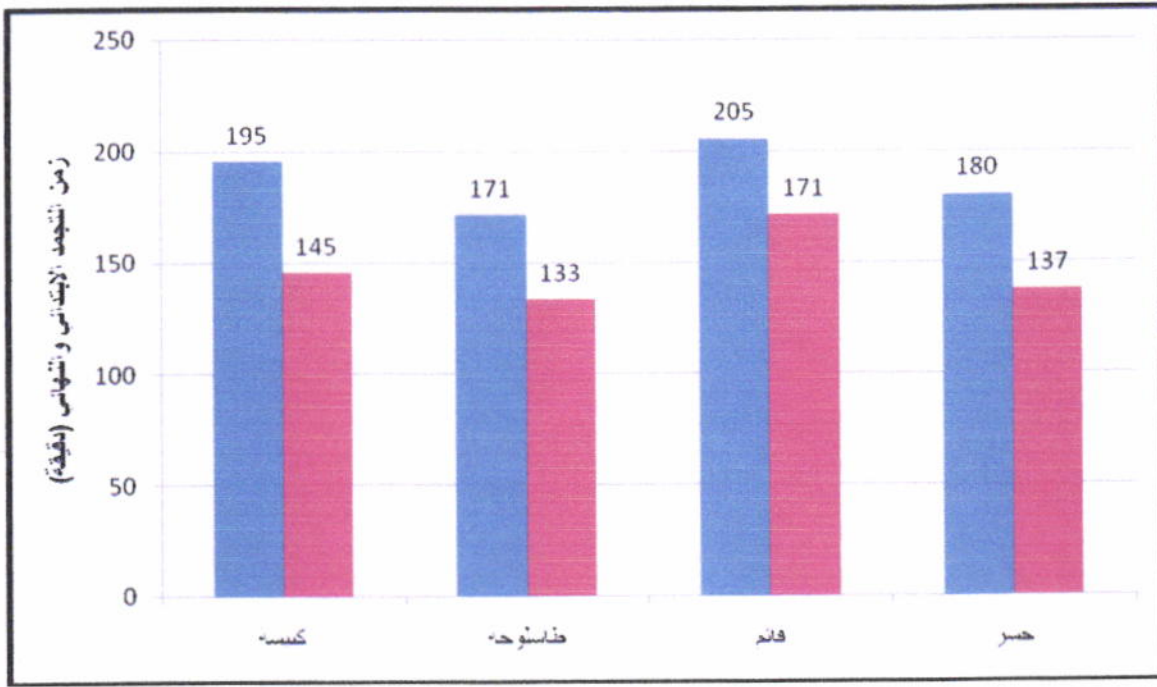
باستخدام رمل قياسي واخر اعتيادي

نوع الاسمنت		طاسلوجة		كبسة	
نوع الرمل		رمل	رمل قياسي	رمل اعتيادي	رمل قياسي
		اعتيادي			
مقاومة الانضغاط		19.06	31	18.04	26
لعمر 3 ايام نت/ملم ²					
مقاومة الانضغاط		27.6	34.42	24.1	30.7
لعمر 7 ايام نت/ملم ²					
مقاومة الانضغاط		34	38.6	30.9	36.5
لعمر 28 يوم نت/ملم ²					

جدول رقم (4-4) معدل نتائج مقاومة الانضغاط لنموذجي السمنت البورتلاندي المقاوم للاملاح

وباستخدام رمل قياسي واخر اعتيادي

نوع الاسمنت		جسر		مقاوم	
نوع الرمل		رمل	رمل قياسي	رمل اعتيادي	رمل قياسي
		اعتيادي			
مقاومة الانضغاط		17.92	28	17.72	22.66
لعمر 3 ايام نت/ملم ²					
مقاومة الانضغاط		24.27	34.62	23.83	28.9
لعمر 7 ايام نت/ملم ²					
مقاومة الانضغاط		26.42	39.2	25.5	36.63
لعمر 28 يوم نت/ملم ²					



شكل (4-1) زمن التجمد الابتدائي والنهائي لنماذج السمنت المستخدمة

2-2-4 الفحوصات الكيميائية :

تم اجراء الفحوصات الكيميائية في مختبرات الجامعة التكنولوجية وتم اجراء المقارنة بين أنواع السمنت المختلفة وفق مايلي :

أ- نسبة C_3A : حيث أن وجود هذا المركب غير مرغوب فيه وذلك لمشاركته القليلة في اعطاء المقاومة وتحدد بالثلاث ايام الاولى ، وانه يؤثر على حرارة الاماهة وسرعة التجمد . ونلاحظ بان السمنت طاسلوجة العادي يحتوي على اعلى نسبة من هذا المركب لذلك ستؤدي نسبة هذا المركب على مقاومته المبكرة ، في حين ان سمنت قائم المقاوم يحتوي على اقل نسبة من هذا المركب ولذلك فمن المتوقع ان تكون مقاومته المبكرة اقل والمستقبلية اعلى.

ب- نسبة C_2S, C_3S : حيث كلما كانت نسبة هذين المركبين عالية في السمنت دلت

على جودة هذا النوع من السمنت وذلك لان هذين المركبين مسؤولين عن اعطاء المقاومة

النهائية للسمنت .

ونلاحظ من الجدول (1-3) (2-3) بأن السمنت نوع جسر يحتوي على اعلى نسبة من هذين المركبين ولذلك ستكون المقاومة بالاعمار المتأخرة (بعد 3 ايام) اعلى من بقية انواع السمنت المستخدمة في المشروع في حين السمنت كبيسة العادي هو ذو اقل نسبة من هذين المركبين لذلك من المتوقع ان تكون المقاومة المتأخرة اقل .

ج- نسبة المواد غير الذائبة (I.R) : حيث كلما قل مقدار المخلفات غير الذائبة يكون السمنت من النوع الجيد وذلك لانها تعبر عن مدى اكتمال التفاعلات الكيميائية داخل الفرن .ومن الجدول (1-3) (2-3) يتضح لنا بأن سمنت جسر يحتوي على اعلى نسبة من هذا المركب وهذا يدل على اكتمال تفاعلات هذا النوع من السمنت بنسبة اعلى من بقية انواع السمنت المستخدمة بينما يكون السمنت قائم هو صاحب النسبة الاقل من هذا المركب .

د- نسبة لفقدان بالحرق (L.O.I) : يعبر عن مقدار الكربنة وعن عملية الاماهة التي تحدث للجير الحر (free lime) والمغنيسيا الحرة (free magnesia) الموجودين في السمنت بسبب الخزن لفترة طويلة او لتعرضه للظروف الجوية .ومن الجدول (1-3) (2-3) يتضح بان نسب هذا المركب كانت متقاربة وهذا بسبب ان السمنت المستخدم لم يخزن لفترة طويلة ولم يتعرض الى الظروف الجوية عدا ظروف المختبر الطبيعية .

هـ- نسبة CaO, MgO :تؤثر على ثبات السمنت حيث ان زيادة هذين المركبين في السمنت تسبب عدم ثباته ، وعند مقارنة نتاج الجدول (1-3) (2-3) يتضح بان النسب المئوية لهذا المركب تكون متقاربة وهذا ما يفسر التقارب في قيم الثبات للانواع الاربعة من السمنت المستخدمة في المشروع .



الشكل (2-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع

طاسلوجة



الشكل (3-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع

كبيسة



الشكل (4-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع



الشكل (5-4) تأثير استخدام الرمل القياسي والاعتيادي على مقاومة الانضغاط للسمنت نوع

قائم

الفصل الخامس

الفصل الخامس

الاستنتاجات والمقترحات

5-1 تمهيد :

ان لموضوع فحوصات السمنت اهمية كبيرة وخاصة كونها المادة الانشائية الرئيسية في الاعمال الخرسانية ،ومن خلال هذا البحث تم التوصل الى بعض الاستنتاجات فيما يتعلق بتأثير استخدام الرمل القياسي من عدمه على نتائج الفحوصات الميكانيكية القياسية للسمنت وكذلك تم اقتراح بعض البحوث المستقبلية في هذا المجال .

5-2 الاستنتاجات :

من خلال الجانب العملي لهذا المشروع الذي تم فيه استخدام اربعة انواع من السمنت :

- سمنت بورتلاندي اعتيادي (معمل طاسلوجة)
- سمنت بورتلاندي اعتيادي (معمل كبيسة)
- سمنت بورتلاندي مقاوم للاملاح الكبريتية (معمل جسر)
- سمنت بورتلاندي مقاوم للاملاح الكبريتية (معمل قائم)

ونوع واحد من الرمل الاعتيادي (منطقة التدرج الثاني) اضافة الى الرمل القياسي واجرينا

الفحوصات على عجينة السمنت القياسية . يمكن استنتاج الاتي :

- ا- ان للرمل القياسي تأثير ملموس على نتائج مقاومة الانضغاط لعجينة السمنت عند مقارنته باستخدام الرمل الاعتيادي كبديل له .

ب- ان استخدام الرمل الاعتيادي بدلاً من الرمل القياسي في عجينة السمنت نوع طاسلوجة

العادي ادى الى انخفاض مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم بنسبة 13.5 % .

ج- ان استخدام الرمل الاعتيادي بدلاً من الرمل القياسي في عجينة السمنت نوع كبيسة العادي ادى الى انخفاض مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم بنسبة 18.2 % .

ء- ان استخدام الرمل الاعتيادي بدلاً من الرمل القياسي في عجينة السمنت نوع جسر المقاوم ادى الى انخفاض مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم بنسبة 48.37 % .

هـ- ان استخدام الرمل الاعتيادي بدلاً من الرمل القياسي في عجينة السمنت نوع قائم المقاوم ادى الى انخفاض مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم بنسبة 43.65 % .

و- ان للمركبات الكيماوية للسمنت تاثير واضح على نتائج فحوصات السمنت الكيماوية والفيزيائية وكالاتي :

اولاً : ان الزيادة في نسبة المركبات C_2S , C_3S ادى الى زيادة المقاومة بعمر 28 يوم للعجينة السمنتية .

ثانياً : ان زيادة نسبة المركب C_3A ادى الى زيادة مقاومة عجينة السمنت المبكرة .

ثالثاً : ان الزيادة في نسبة المواد غير الذائبة I.R تعبر جودة السمنت لانها تمثل مدى اكتمال التفاعلات الكيماوية داخل الفرن .

رابعاً : ان الزيادة في نسبة فقدان بالحرق L.O.I يعبر عن مقدار الكربنة وعن عملية الاماهة التي تحدث للجير الحر والمغنيسيا الحرة ويعبر عن جودة السمنت .

خامساً : ان الزيادة في نسبة المغنيسيا MgO والجير الحر CaO تسبب عدم ثباته .

3-5 مقترحات البحوث السابقة

لغرض استكمال هذا الموضوع من كافة جوانبه هناك مقترحات لبعض البحوث المستقبلية

اهمها :

- أ - استخدام انواع اخرى من السمنت المحلي المتوفر في الاسواق .
- ب - استخدام تدرجات مختلفة من الرمل ومقارنتها مع الرمل القياسي .

المصادر والبحوث السابقة :

- (1) د. مؤيد بنوري خلف / هناع عبد يوسف / كتاب ميكانيكا الخرسانة 1984
- (2) مشروع التخرج للطالب احمد صبحي عبد الرضا " دراسة عملية للمقارنة بين انواع السمنت المستخدم في الاسواق العربية , 2009 .
- (3) أي . أم . نيفل اخواص الخرسانة \ الطبعة العربية \ 1985
- (4) المواصفة القياسية البريطانية B.S 1987 .
- (5) المواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984 "الاسمنت البورتلاندي " للتقييس والسيطرة النوعية .
- (6) Powers: Powers and Brown yard "studies on the physical properties of hardened cement" proc .Act ,vol. 43 ,1947
- (7) Noble : Noble.B.M."the effect of aggregate and other variables on the elastic properties of concrete" proc .ASTM ,34th.annual meeting ,vol.31,
- (8) Scholer Scholer.C.F. " the role of mortar – aggregate bond in the strength of concrete ",Record No .210 ,Highway research bord , p.108 ,1967
- (9) Conner man Connerman H.B., "Fine aggregate in concrete " proc . ASTM ,Vol.24 ,part 2 ,1929 ,p.754-73. part 1,1931,p 401.
- (10) Lechatelier : the "chemistry of Cement and Concrete " 1970 (11) Bogue : "Properties of concrete " 1978
- (12) Remond J.Schutz . "setting Time of Concrete Controlled by the use of Admixtures " , Journal of the American Concrete Institute ,proc. ,vol. 50 ,No1,1959
- (13) William Lerch : "Hot cement and Hot Weather Concrete test ".Portland Cement Association , Chicago, 1955 .

- (14) Alcxandar :A/c Alexander A.M. Aggregate –Cement bond ,Cement paste strength ,and strength of Concrete “,proc, of an Int. cof.,London ,Sept . 1965 ,p 59-81
- (15) Paul Klieger .”Effect of Mixing and Curing Temperature on Concrete Strength “.Journal of the American Concrete Institute ,vol. 30 ,No. 6 ,June 1958 .