

## دراسة تحسين بعض الخواص الميكانيكية للسمنت البورتلاندي العراقي بأضافة مخلفات صناعية

هادي عطية كريم\* , حامد ستار متعب\* , ضياء حنتوش عودة\*  
و حسين صاحب حسن\*

تاريخ الاستلام: 2011/4/12

تاريخ القبول: 2011/9/8

### الخلاصة

أضيفت نسب مختلفة من خبث الحديد الذي يمكن اعتباره من النفايات الصلبة ومن مخلفات مصانع الحديد وكذلك أطيان البوكسايت الى السمنت العراقي البورتلاندي لغرض تحسين خواصه في هذا البحث تم استعمال خبث الحديد الذي يشكل نسبة في مكونات الخلطات الإسمنتية ما بين (3-15%) وزنا . وأضيفت بذلك نسب من البوكسايت تتراوح نسبتها (2-10%) وزنا إلى الخبث مجتمعة .

أظهرت النتائج التي تم التوصل إليها إن مقاومة الانضغاطية ومقاومة الصدمة بعد 28 يوم من تاريخ تحضير النماذج قد زادت مع زيادة نسبة الخبث حتى (9%) ثم تناقصت أما في حالة استعمال الخبث والبوكسايت مجتمعه نلاحظ إن مقاومة الانضغاط والصدمة تقل مع زيادة نسب الخبث والبوكسايت .

## Study To Improve Some Mechanical Properties of Iraqi Portland Cement By Adding The Industrial Waste

### Abstract

Added different percentages of iron slag ,which can be considered solid waste plants as well as iron and bauxite clays to Iraq Portland cement to improve its properties. 3- 15 wt % of slag added to the cement and 2-10 wt % of bauxite added to the slag accumulating .

The obtained results showed that ,the compressive and impact strength after 28 days from the date of preparation of samples has increased with the increase in the percentages of slag content until (9%) , and then decrease their by increasing Slag contents while in case , slag and bauxite were used to gother , we noted that , the compressive and impact strength were decreased by increasing slag and bauxite percentages .

### المقدمة

بوجود الماء مما يجعلها قادرة على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض وتماسك هذه المكونات مع حديد التسليح وله قوة ميكانيكية عالية وقوة تحمل كبيرة نوعاً ما ويعتبر من أهم وأفضل المواد الرابطة والتي تتصلب بوجود الماء .  
الاسمنت البورتلاندي

تعتبر صناعة الاسمنت من الدعائم الأساسية للتنمية الاقتصادية فهو من أهم المواد المستعملة في صناعة البناء والاعمال الانشائية كالسدود والقناطر كما يستخدم في عدة صناعات هامة مثل صناعة الاعمدة والمواسير الاسمنتية والبلاط والطابوق الاسمنتي . والاسمنت مادة ناعمة رمادية اللون تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية

المرغوب فيها . أما الطرق المتبعة في  
صناعة الاسمنت فهي الطريقة الجافة

والطريقة الرطبة والطريقة النصف جافة  
والطريقة النصف رطبة . ويتوقف اختيار  
الطريقة على أساس عدد من العوامل التقنية  
والاقتصادية كدرجة تركيز الانتاج  
وأستهلاك الوقود والطاقة والقوى العاملة

[1]

### أنواع الاسمنت

هنالك أنواع عديدة من الاسمنت  
تختلف من ناحية التركيب ولكنها تشترك  
جميعاً في خاصية التصلب التي يتميز بها  
الاسمنت بدون أستعمال الحرارة [2] وهي :

أ- الاسمنت البورتلاندي العادي :  
يستعمل في المنشآت الخرسانية من أعمدة  
وأرضيات وأسقف ويستعمل في البلاط  
وانشاء الطرق والمطارات وهو اكثر  
الانواع انتشاراً واستعمالاً .

ب- الاسمنت البورتلاندي سريع التصلد  
وفيه نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم كبيرة  
فهو يختلف عن النوع الاول في درجة  
نعومته الكبيرة . ويستعمل في المنشآت  
الخرسانية التي يتطلب انشاؤها الحصول  
على قوة تحمل مناسبة في وقت مبكر او  
سرعة الانجاز وفي صناعة الخرسانات  
الجاهزة .

ج- الاسمنت الالوميني :

وهو الاسمنت الذي يحتوي على نسبة  
عالية من اوكسيد الالمنيوم وهو مقاوم  
للكبريتات

ولمياه البحر والأحماض وهو مصحوب  
بأرتفاع درجة حرارة ويستعمل في تبطين  
افران الصهر والقبو والأرضيات للأفران  
وفي الخرسانة المقاومة للحرارة وفي  
تبطين اوعية التفاعلات الكيماوية  
والمداخن .

د- الاسمنت البورتلاندي الابيض :

يستعمل في صناعة البلاط وبياض  
واجهات المنازل والموزائيك والرخام  
والحجر الصناعي وله جميع خصائص

يعرف الاسمنت البورتلاندي بأنه المادة  
الناتجة من طحن الكلنكر والذي ينتج من  
حرق خليط من المواد الجيرية والمواد  
الطينية بنسب معينة وبدرجة حرارة معينة  
مع خلطه بالجبس

المواد الخام المستخدمة في صناعة الاسمنت  
يتكون الاسمنت من المواد التالية :-

أ- المواد الجيرية : والتي تقوم بالامداد  
بأوكسيد الكالسيوم ومن أمثلتها الحجر  
الجيري والطباشيري .

ب- المواد الطفيلية أو الطينات (shale &  
clay) : والتي تتكون من أوكسيد الالمنيوم  
وأوكسيد السليكون وهي أساساً مكونة من  
سليكات الالمنيوم المائية

ج- مواد أخرى : تضاف لضبط تركيب  
الخليط مثلاً يضاف الرمل أحياناً للوصول  
بالسليكا إلى النسبة المطلوبة وكذلك بعض  
مصادر الحديد مثل بايرايت الحديد  
(pyrite) للحصول على أوكسيد الحديد  
وأحياناً يستعمل البوكسايت للحصول على  
أوكسيد الالمنيوم .

د- الجبس : ويضاف بنسبة 2 - 3  
% ويطحن مع الكلنكر وفائدته تأخير زمن  
التصلب للأسمنت وفي حالة زيادة الجبس  
عن النسبة المعلومة فإنه يضعف من قوة  
الاسمنت .

### صناعة الاسمنت

تشمل عملية إنتاج الاسمنت على إستخراج  
الخامات الطبيعية التي يتألف منها وخلطها  
ببعض المواد ونفايات الصناعة كالرماد  
وخبث المعادن والصخور والرمل وغيرها  
، ثم تكسيرها وطحنها لتصبح خليط  
متجانس بالقوام المطلوب ثم يحرق الخليط  
بدرجة حرارة تتراوح بين 1450 -  
1550 م<sup>0</sup> ثم يطحن الناتج ( الكلنكر )  
حتى يصبح مسحوق ناعم مع إضافة كمية  
قليلة نسبياً من مواد منشطة أو فعالة  
كالجص لحين الوصول إلى الصفات

يوجد في العراق في منطقة الصحراء الغربية قريباً من وادي الحسينيات عند التقاءه بوادي حوران ويتواجد في خسفات مندثرة ذو اشكال بيضوية او دائرية وتنتشر بشكل منفرد او بشكل مجاميع ويبلغ سمك نطاق البوكسايت الى حوالي (1-30م) ومعدنياً يتكون اساساً من البوهمايت يليه الجبسايت

## 2- الخبث (Slag)

هو ناتج جانبي يتكون من صهر المعادن ويمكن التعبير عنه بمزيج من أكاسيد المعادن، ويمكن أن يحتوي على كبريتيد المعدن، والية الخبث بصورة عامة تتكون من إزالة مخلفات المعادن المصهورة والذي يمكن استخدامه في السيطرة على حرارة الأنصهار وتنظيم عملية الأكسدة الثانوية للسائل المعدني النهائي الناتج من عملية الصب [5].

في الطبيعة خامات المعادن مثل الحديد، النحاس، الرصاص، الألمنيوم توجد بصورة غير نقية ممزوجة ضمن سليكات المعادن الأخرى، خلال عملية الصهر عندما يعرض الخام الى درجة حرارة عالية هذه الشوائب تنفصل من منصهر المعدن ويمكن أزلتها، هذه المكونات المتجمعة المزلة تدعى بالخبث، في كثير من عمليات الصهر الأكاسيد هي التي تتحكم في كيميائية الخبث.

للخبث استخدامات اقتصادية حيث يستعمل في إزالة الشوائب وحماية بطانة الأفران من التهري كذلك يمكن معالجة الخبث لفصل أية معادن أخرى قد تكون موجودة فيه، كذلك يستخدم في خطوط السكك الحديدية وكسماذ وكمادة أساسية في الطرق، ومادة رخيصة ومثينة في تخشين منحدرات المصدات البحرية، ويستعمل أيضاً في الكتل الخرسانية بالاتحاد مع الأسمنت البورتلاندي كجزء رابط للأسمنت حيث يتفاعل مع الماء لأبراز الخواص الأسمنتية ويحسن من قوة التحمل والأنضغاطية لفترة طويلة والمتانة للكتل

الاسمنت البورتلاندي العادي مع امتيازه باللون الابيض له ذلك لان له خامات خاصة مثل الكاؤولين .

ه- الاسمنت البورتلاندي الحديدي :

ويصنع هذا النوع من خلط خام الاسمنت البورتلاندي العادي مع خبث الأفران العالية ثم إضافة الجبس بالنسبة المطلوبة ويطحن الجميع لدرجة نعومة كبيرة .

و- الاسمنت البورتلاندي المقاوم لمياه البحر :

ويسمى سياترا اوالمقاوم للكبريتات (الملوحة) ويصنع بخلط الحجر الجيري بالرمال مع إضافة بايريت الحديد مع إضافة الجبس بالنسبة المطلوبة ويستعمل في المنشآت الخرسانية المعرضة لمياه البحر والارصفة والموانئ وحواجز الامواج والاحواض الجافة .

ز- الاسمنت البورتلاندي للخرانات :

ويمتاز هذا الاسمنت بعدم توليد حرارة مرتفعة اثناء عملية التصلب وله اهمية كبيرة في جميع المنشآت التي يقتضي فيها الامر الى صب كتل ضخمة من الخرسانة مثل الخرسانات والسدود حيث لا ترتفع درجة الحرارة وبالتالي لا يحدث شروخ او تشققات في الكتل اثناء صبها

## المضافات الى الاسمنت

### 1- البوكسايت

من أهم المصادر لإنتاج خام الألمنيوم ويحتوي على كمية كبيرة من Gibbsite  $Al(OH)_3$  وال Boehmite- $AlO(OH)$  وال Diaspore- $AlO(OH)$  وتكون سوية مع أكاسيد الحديد ال Goethite و Hematite وكذلك معدن الكاؤولينيات ( kaolinite ) وكمية قليلة من أوكسيد

التيتانيوم  $TiO_2$  [3]

يتواجد البوكسايت بشكل شريط سطحي قريب من سطح الأرض، و 95% من البوكسايت يحول الى هيدروكسيد الألمنيوم ومنه الى خام الألمنيوم ويصنف نوعياً طبقاً لتطبيقه التجاري المقصود [4].

2- جهاز Tinus olsen H50 KT لتحديد القوة الأنضغاطية للنماذج .  
3- جهاز Xju 22 لقياس مقاومة الصدمة وحسب المواصفة القياسية - ISO 180 . 82

### 3- طريقة العمل:-

#### 1 - عملية الطحن ( Milling )

تم إجراء عملية الطحن لكل من البوكسايت وخبث الحديد بأستخدام الطاحونة كرات سيراميكية ( FRITSCH ) للحصول على مسحوق ناعم .

2 - تم اختيار نسب معينة من المواد المضافة للأسمنت :- حيث أخذت نسب تتراوح بين (3-15%) نسبة وزنية من خبث الحديد بدون إضافة البوكسايت .

تم اختيار نفس النسب أعلاه من الخبث وإضافة نسب معينة من البوكسايت بنسبة تتراوح بين (2-10%) نسبة وزنية .

تم تحديد نسبة الماء المضاف الى الأسمنت وكانت النسبة 15% نسبة وزنية .

#### 3 - عملية المزج ( Mixing )

للحصول على مسحوق متجانس لكل خلطة من مزيج (الأسمنت/البوكسايت/الخبث) مزجت في حاوية بورسلينية بأستخدام الكرات السيراميكية ولمدة 4 ساعات .

#### 4 - عملية الكبس (Compaction)

النماذج شكلت بأستعمال مكبس يدوي والمادة الرابطة هي الماء وبأستخدام قالب بقطر 3 سم وبضغط 5 طن .

#### 5 - التجفيف (Drying)

تمت عملية تجفيف النماذج بالظروف الاعتيادية وتركت لتجف لمدة 28 يوم .

#### النتائج والمناقشة:-

أجريت عدة تجارب بإضافة نسب محددة من خبث الحديد والبوكسايت

لدراسة تأثير هذه الاضافات على خواص الاسمنت البورتلاندي .

وتعتبر مقاومة الانضغاط من أهم الخواص الاسمنتية ولهذه الصفة ارتباط وثيق بالبنية

الخرسانية , وبوجود الخبث في الأسمنت البورتلاندي تكون الكتل الخرسانية أقل عرضة لتأثير القواعد والأحماض والكبريتات [6] .

#### هدف البحث

يهدف البحث الى تحسين خواص السمنت العراقي (البورتلاندي) بإضافة نسب مختلفة من أطيان البوكسايت العراقي المستخرج من منطقة الحسينيات في الرمادي والخبث الناتج من مخلفات مصانع الحديد كنتاج عرضي الى مكونات السمنت العراقي علما بأن هذه المضافات متوفرة محليا .

ومن ثم دراسة تأثيرها على الخواص الميكانيكية مثل مقاومة الصدمة والأنضغاطية .

#### المواد الأولية وطريقة العمل:-

##### 1- المواد الأولية

أ- الأسمنت :- أستخدم أسمنت بورتلاندي عراقي والمجهز من الشركة الشمالية لصناعة الأسمنت وكان معدل الحجم الحبيبي المستخدم (  $1.834 \mu m$  ) وكما موضح في الشكل رقم (1) والتحليل الكيماوي كما موضح في الجدول رقم (1)

ب- البوكسايت :- أستخدم بوكسايت مجهز من الشركة العامة للمسح الحيولوجي والتعدين وكان معدل الحجم الحبيبي (  $2.866 \mu m$  ) وكما موضح في الشكل رقم (2) والتحليل الكيماوي كما موضح في الجدول رقم (2)

ج- خبث الحديد :- أستخدم خبث الحديد (Slag) والمجهز من قبل شركة الصمود العامة وكان معدل الحجم الحبيبي (  $1.442$  ) وكما موضح في الشكل رقم (3)

##### 2- الأجهزة المستخدمة:-

1- جهاز Shimadzu-SALD-2101 لقياس الحجم الحبيبي للأسمنت والبوكسايت وخبث-الحديد .

الى زيادة في سرعة التصلب. وكذلك زيادة نسبة السيليكا الموجودة في البوكسايت تجعل الاسمنت يتصلب ببطئ لذا تضعف متانته . يوضح الشكل (5) العلاقة بين نسب الاضافات الاسمنتية ومقاومة الصدمة , حيث يلاحظ زيادة في مقاومة الصدمة بزيادة نسب الخبث والبوكسايت الى نقطة معينة ثم تقل مقاومة الصدمة بزيادة النسب , وتفسير ذلك ربما يعود الى نفس الاسباب المذكورة سابقا .

#### الاستنتاجات والتوصيات

##### 1- الاستنتاجات

توصلنا من خلال البحث والتجارب التي قمنا فيها على نماذج الاسمنت أنه يمكن تحسين خواص الاسمنت البورتلاندي Aleva, G.J.J (1990): Lateritic Bauxites. Developments in Economic Geology 27, Elsevier Sci. Publ. 624p. ISBN 0-444-988 [6] Roy, D.M. (1982). "Hydration, structure, and properties of blast furnace slag cement, mortars, and concrete". ACI Journal Proceedings 79(6).

المجهرية للأسمنت ولها تأثير على الخواص الاخرى كالمرونة والنفذية [6]. تكون مقاومة الاجسام السيراميكية وبضمنها الاسمنت على الضغط اكبر من مقاومتها على الشد نتيجة الانتشار السريع لشق بسيط ضمن الخلط الاسمنتية في حين يستلزم العديد من الشقوق المتحددة ليحصل الانكسار تحت تأثير الضغط .

في هذا البحث تم دراسة تأثير تغيير نسب الاضافات الاسمنتية على خواصه الميكانيكية مثل الانضغاط ومقاومة الصدمة . ومن خلال دراسة المتغيرات ( نسب خبث الحديد والبوكسايت ) على خواص الاسمنت (الانضغاطية ومقاومة الصدمة ) لوحظ تكون علاقة غير خطية والجدول رقم (3) يوضح النواتج العملية للبحث .

يبين الشكل رقم ( 4 ) العلاقة بين نسب الاضافات الاسمنتية وقابلية الانضغاط, وكذلك من ملاحظة الشكل نجد ان قيمة مقاومة الأنضغاط تبدأ بالزيادة, حتى تصل الى قيمتها العليا عند نسبة 9% من خبث الحديد . ثم تبدأ بالانخفاض وسبب ذلك يعود الى زيادة نسبة خبث الحديد والذي يتحد مع الكالسيوم الموجود في خلطة الاسمنت مكونا مركبات لا تتصلب , ومن هذه المركبات فيريت الكالسيوم وكذلك نلاحظ من الشكل أعلاه عند إضافة الحديد والبوكسايت معا وينسب معلومة . مقاومة الانضغاط تقل مع زيادة نسب الاضافة والسبب هو ربما زيادة نسبة أكسيد الالمنيوم والذي بدوره يؤدي

جدول رقم (1) يوضح التحليل الكيماوي للسمنت

Oxides composition	Content %
CaO	62.5
SiO <sub>2</sub>	21.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.3
MgO	3
SO <sub>3</sub>	2.4
Loss on Ignition(L.O.I)	1.2
Insoluble material	1.3
Lime Saturation Factor (L.S.F)	0.9

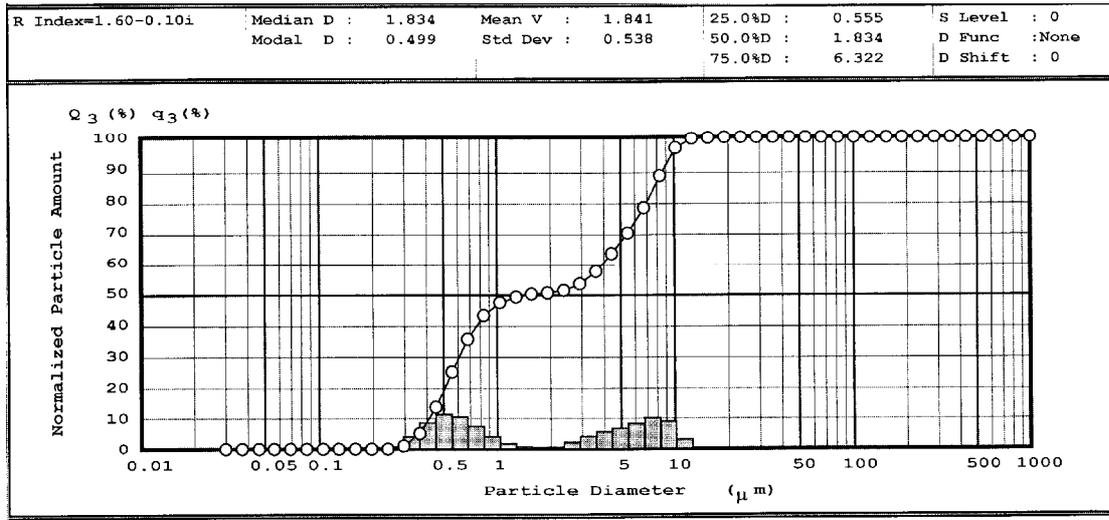
جدول رقم ( 2 ) يوضح التحليل الكيماوي للبوكسائيت

التحاليل الكيماوية %							
L.O.I	SO <sub>3</sub>	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
15	0.3	0.1	0.5 - 3	1 - 3.2	0.9 - 2	47- 67	9 - 24

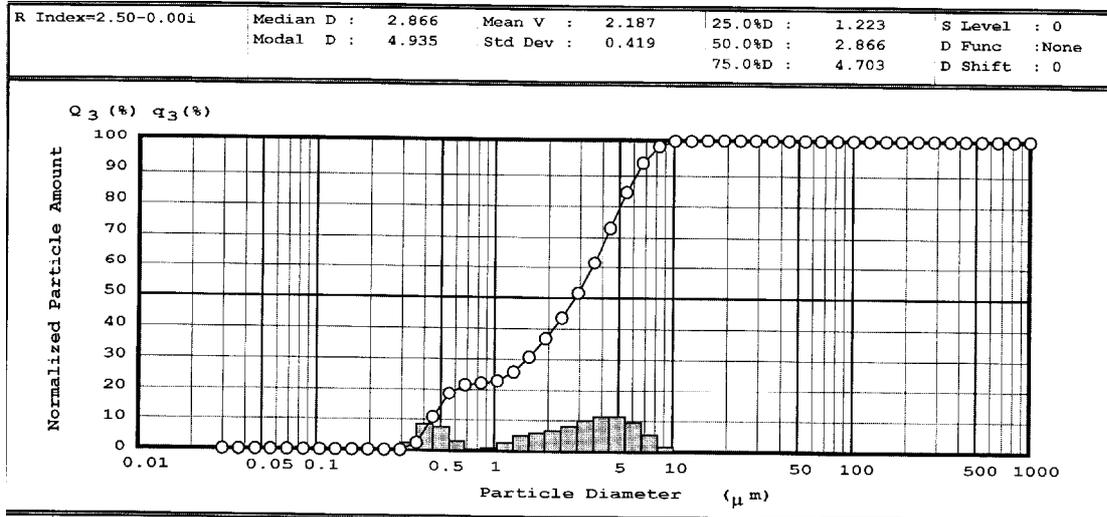
الجدول ( 3 ) يبين نسب المضافات ونتائج الفحوصات

مقاومة الصدمة (N/m <sup>2</sup> )	مقاومة الانضغاط (Mpa)	نسبة الاسمنت (%)	نسبة ألبوكسائيت (%)	نسبة خبث الحديد (%)	قم النموذج
	23	100	0	0	1
1071.4	41.46	97	0	3	2
1241.8	51.6	94	0	6	3
1354.3	55.5	91	0	9	4
1169.3	41.5	88	0	12	5
754.4	24.13	85	0	15	6

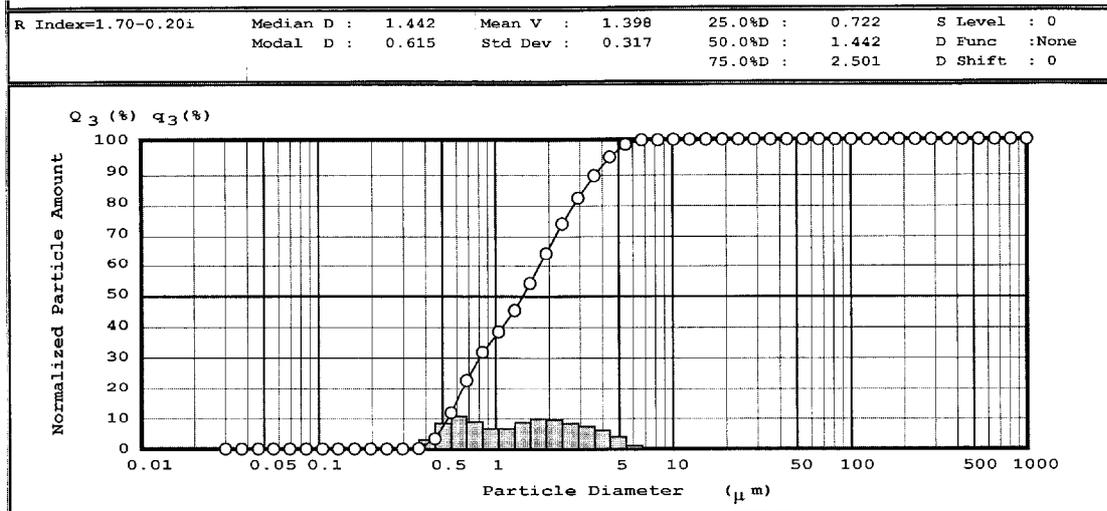
1024.4	42.08	95	2	3	7
1111.2	39.5	90	4	6	8
964.9	36.9	85	6	9	9
762.6	32.4	80	8	12	10
712.7	24.3	75	10	15	11



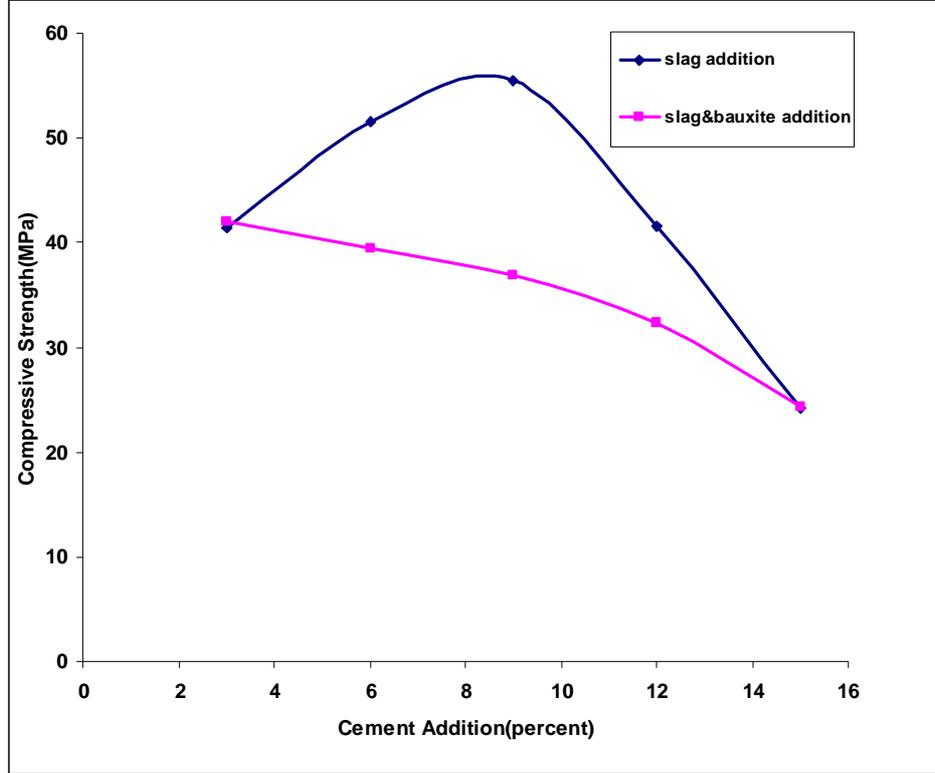
شكل رقم (1) يبين الحجم الحبيبي للسمنت



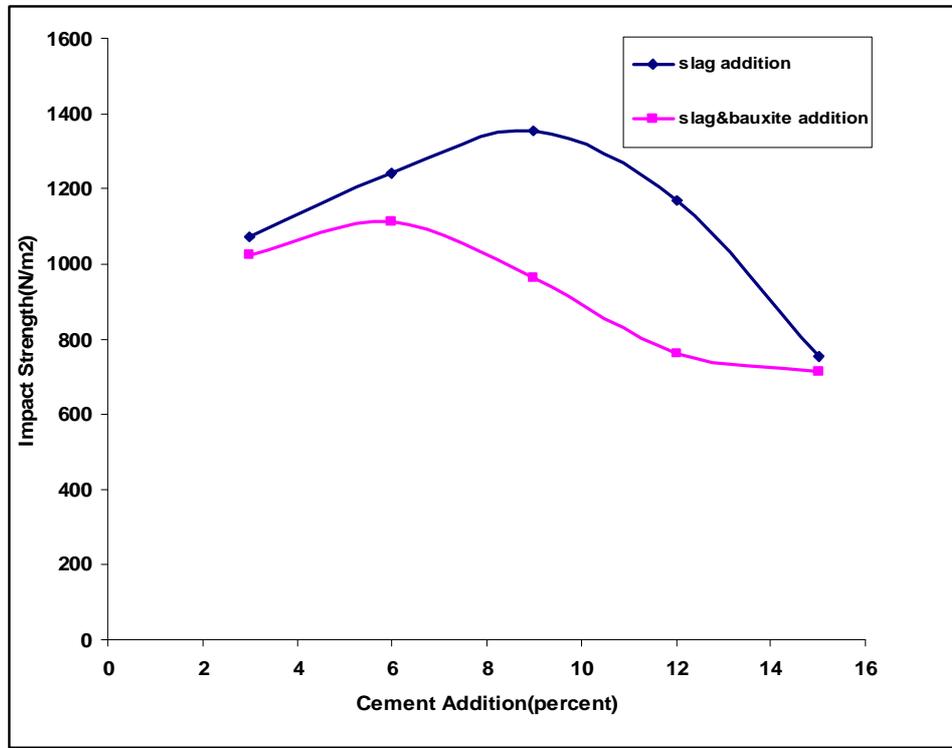
شكل رقم (2) يبين الحجم الحبيبي للبوكسائيت



شكل رقم (3) يبين الحجم الحبيبي للخبث



شكل رقم (4) يمثل العلاقة بين نسبة الخبث والبوكسايت ومقاومة الانضغاط



شكل رقم (5) يمثل العلاقة بين نسبة الخبث والبوكسايت ومقاومة الصدمة