The Impact of Degree of Finesse Sand on the Density and Compressive Strength of Thrmeston

تأثير درجة نعومة الرمل على الكثافة ومقاومة الانضغاط للثرمستون

م.م. مهند مهدي صالح
دبلوم عالي هندسة المواد / المعهد التقني كربلاء
mwalawied@yahoo.com/ 07801341181

الخلاصة:

تعتبر الخرسانة الخفيفة (الثرمستون) من المواد الشائعة الاستخدام في بناء القواطع في مختلف أنواع الأبنية والمنشآت الحديثة. يتكون هذا النوع من الخرسانة من خلط نسب مختلفة من السمنت والنورة والرمل ومسحوق الألمنيوم.

تضمن البحث دراسة تأثير درجة نعومة الرمل المستخدم كماده أولية في انتاج الثرمستون على كثافته ومقاومته للانضغاط ، حيث تم استخدام ستة درجات نعومة للرمل هي (48,52,58,60,64,68)% لتكوين ستة خلطات ثرمستونية ، ومنها تم تحضير (36) نموذج على شكل مكعب بأبعاد (100×100×100) ملم^3، ستة نماذج لكل درجة نعومة.

فحوصات مختبرية خاصة اجريت على المكعبات الثرمستونية فأعطت كثافه تراوحت ما بين(0.692–0.759) غم/سم^3 ومقاومته انضغاط تراوحت بين(0.40 –8.21) نيوتن/ملم^2 .

بينت النتائج بان كثافة الثرمستون لا تتأثر بدرجة نعومة الرمل ولكن كان التأثير كبير على مقاومة الانضغاط ، حيث كانت العلاقة طردية ، كلما زادة درجة نعومة الرمل زادت مقاومة الانضغاط.

Abstract:

The light weigh concrete (Thermiston) have wide uses in the recent building and structures . Mixing (Cement , lime , Sand) together with Aluminum powder have been create the thermiston material.

This paper study to find out the impact of the fineness of sand on both of the density and the compressive strength for the thermiston material . this study was used six degree of sand (48 , 52 , 58 , 60 , 64 , 68) to get (36) samples which crated a cubical shape (100×100×100) mm^3 ، six samples from each degree.

The laboratory examination indicated that the density is between (0.69 - 0.75) g /cm^3 and the compressive strength is between (0.40 - 8.21) N /mm^2 .

The final results ensured that There is no effect for the finesse of sand on thermistons density , but there is effect on compressive strength , whenever more finesse degree of sand more compressive strength.

المقدمة:

توصل العالم السويدي بريكسون عام 1923 إلى طريقة جديدة لإنتاج الخرسانة الخفيفة وذلك بإضافة مسحوق الألمنيوم إلى الخلطة الخرسانية مستخدما الضغط الجوي الاعتيادي في تصلبها، ولكنها لم تحقق نتائج جيدة ، لكن العالم الألماني ميشيل تمكن من تطوير الطريقة الأخيرة حيث تمكن من إنتاج خرسانة خفيفة لها جميع المزايا عند استخدام مسحوق الألمنيوم والسمنت والنورة مع الرمل ومعاملة الخليط تحت ضغط (14) جو وبدرجة حرارة مقدارها (190) درجة مئوية ، لاقى هذا الإنتاج إقبالا في معظم الدول الأوربية لما احتواه من مميزات أعطته القدرة الكافية لمنافسة المواد البنائية والإنشائية الأخرى[1]. كتل الخراسانة الخلوية(الثرمستون) هي كتل بنائية موادها الأساسية (سمنت ، رمل ، نورة) تخلط بنسب مختلفة مع إضافة عامل رغوي كيماوي (مسحوق الألمنيوم) لغرض توليد غاز الهيدروجين الذي يكون مسؤول عن تكوين الهيكل الخلوي (المسامات) عند تحرره نتيجة التفاعلات الكيميائية داخل الخلطة الخرسانية ، ويتم بعد ذلك تعريض المنتج إلى بخار مشبع وضغط عالي داخل أفران خاصة لإكمال عملية الإنضاج[2] . تتميز الكتل الخراسانية الخلوية(الثرمستون) بخفة الوزن وسهولة العمل واعتدال الكلفة فضلا عن قوة التحمل ومقاومتها للحرائق وعدم التأثر بالعوامل الطبيعية وجودة العزل الحراري والصوتي, كما إنها تلاءم الظروف المناخية في العراق التي تتميز بحدة التقلب والتفاوت الشديد بدرجات الحرارة صيفا و شتاءا وليلا ونهارا[3].

يهدف البحث إلى إنتاج خرسانة خفيفة لها مقاومة انضغاط جيده يمكن استخدامها في تصنيع الوحدات البنائية مع التركيز على الجانب الاقتصادي في إنتاج هذا النوع من الخرسانة من مواد متوفرة محليا.

وقد تمت دراسة الخرسانة الخفيفة (الثرمستون) من قبل عدد من الباحثين . ففي سنة 2007 ,احمد ايدن و زروق شرف الدين[1] ، درسوا تأثير رمل السليكا على مكونات خلطة الثرمستون ووجدوا أن درجة النعومة للرمل تقلل من درجة التبلور وتزيد من مقاومة الانضغاط .

وفي سنة 2006 ، كالجري و البرتا[2]، وجدوا ان كثافة الخرسانة الخلوية هي بحدود (25)% من كثافة التربة و(20)% من كثافة الخرسانة العادية ، لذلك يمكن ان تستخدم للحد من التحميل على انضغاط التربة ، وتشكل هيئة صلبة قائمة بذاتها تكون مستقرة اكثر من التربة العادية، ويكون تأثيرها اقل أثناء وقوع الزلازل على الهياكل المجاورة لها.

سندوهاروفا و روسيكوفا[4] ، سنة 2007 ، درسوا تأثير شكل الفراغات(porosity) في الخرسانة الخلوية والتي عملت من مواد مختلفة وتم اختبار الخواص الميكانيكية والفيزيائية لها وتضمنت الكثافة و قوة الانضغاط والتوصيل الحراري.

وفي سنة 2012 ، كرشنا بهافاني [5] ، بحث في عدة خواص فيزيائية للخرسانة الخلوية ومنها مقاومة الانضغاط ، للمقارنة بين الثرمستون والكتل الطينية المعاملة بالحرارة ، ووجد ان مقاومة الانضغاط للثرمستون هي (35)كغم/سم^3 بينما (30) كغم/سم^3 للكتل الطينية.

1- المواد الأولية لصناعة الثرمستون ومواصفاتها:

إن المواد الأولية المستعملة لإنتاج كتل الخرسانة الخلوية الخفيفة (الثرمستون) هي[6]:-

1-1- السمنت:

يستعمل السمنت البورتلاندي المطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم (5) الخاصة بالسمنت البورتلاندي ويكون ذو نعومة عالية و ثبات زمن التماسك الأولي. كما هو معروف ان مادة السمنت لها خواص تلاصقيه ، و من خلال هذه الخاصية تتمكن من ربط الأجزاء أو المكونات الأخرى للخلطة الخرسانية بكتلة صلبة . والتفاعل الكيميائي بين الماء والسمنت هو الذي يعطي الخواص التلاصقية لعجينة السمنت الناتجة من التفاعل ، ومكونات السمنت الأساسية هي أربعة :-

- سليكات ثنائي الكالسيوم – C_2S ($2CaO.SIO_2$)
- سليكات ثلاثي الكالسيوم – C_3S ($3CaO.SIO_2$)
- الومينات ثلاثي الكالسيوم – C_3A ($3CaO.AL_2O_3$)
- الومينات حديد رباعي الكالسيوم – C_4AF ($4CaO.AL_2O_3.Fe_2O_3$)

ومقاومة السمنت مسؤول عنها بصورة رئيسية مكونات سليكات ثنائي الكالسيوم و سليكات ثلاثي الكالسيوم ومكونات سليكات ثلاثي الكالسيوم تشارك بدرجة كبيره في المقاومه المبكرة [6].

1-2- النورة:

تكون مطابقا للصنف (د-2) من المواصفة القياسية العراقية رقم (808)الخاصة بالجير المستعمل في البناء وفي إنتاج المواد البنائية على أن لا تقل نعومتها عن (90%) المار من منخل (90) ماكرون وزمن إطفاءها (10-30) دقيقة وحرارة إطفائها تتراوح بين (75-68) م$^\circ$، تتميز النورة بالون الأبيض وبدرجات مختلفة من النصاعة اعتمادا على نقاوتها الكيميائية ، يتزايد بياض النورة مع زيادة نقاوتها وتكون ذات رائحة خاصة من الصعب تعريفها ومقاربتها إلى رائحة التربة الأرضية[8] .

1-3- الرمل:

يستعمل رمل بتدرج مناسب اقل من (3) ملم ولا يقل محتوى السليكا فيه عن (80%) وزنا ولا تزيد نسبة الطين فيه على (10%) حجما[7] وقد تم جلبة من مقلع الرزازة في كربلاء بعد فحص عينات منه في مختبر شركة كربلاء للثرمستون.

1-4- الماء:

يستعمل ماء صالح لعمل الخرسانة الخفيفة ومطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم (1441) الخاصة بالماء المستخدم في صنع الخرسانة[7].

1-5- عامل رغوي كيميائي :

مسحوق معدني ذو شد سطحي فعال(مسحوق الألمنيوم) يعمل على توليد فجوات غازية مغلقة (Porosity) في الثرمستون نتيجة تحرر غاز الهيدروجين من التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلطة الخرسانية[7].

1-6- مواد كيميائية: مسحوق الغسيل

2- تصنيف الكتل الخرسانية:

تصنف الكتل الخراسانية الخفيفة طبقا للمواصفات القياسية العراقية(1441)[7] إلى درجات حسب كثافتها كما في جدول رقم (1).

جدول رقم(1)الخواص الفيزيائية للمكعبات الخراسانية الخلوية

الصنف	الكثافة كغم/م^3	قوة تحمل الضغط(حد أدنى) نيوتن/ملم^2 مكعب(100×100×100)ملم
0.4	450-351	1
0.5	550-451	2
0.6	750-651	3
0.7	0 -651 75	4
0.8	850-751	6

3- الخواص الفيزيائية :-

تصنف الخواص الفيزياوية لمادة الثرمستون كما في ادناه .

3-1- خفة الوزن: يتميز الثرمستون بخفة وزنة حيث تبلغ كثافته (900-400) كم/م^3, جدول رقم (2) يبين مقارنة بين وزن الثرمستون وبعض المواد المستخدمة في البناء[3].

جدول (2) مقارنة بين وزن الثرمستون وبعض المواد المستخدمة في البناء.

التسلسل	المواد	الكثافة كغم/م^3
1	الكونكريت العادي	2300
2	الطابوق الجيري	1700
3	الثرمستون	700
4	الخشب	600
5	الطابوق الفخاري	1400

3-2- العزل الحراري والصوتي : يتميز الثرمستون بقابلية جيدة للعزل الحراري والصوتي لوجود الفقاعات الهوائية في كتلته[3] .

3-3- قابلية امتصاص الماء : يحتاج الثرمستون إلى (90) يوما ليتغلغل إلى مسافة 24 سم منة[3] .

3-4- تحمل درجات الحرارة العالية[3].

3-5- مقاومة التعفن[3]: (لوجود مادة النورة في الثرمستون).

4- طريقة العمل وتحضير العينات:

تم إجراء البحث في شركة كربلاء للثرمستون وعلى نفس الخلطة الخرسانية للمنتج اليومي للمعمل وأخذت عينات من عدة خلطات خرسانية باختلاف درجة نعومة الرمل المستخدم ، وتمت دراسة تأثير درجة نعومة الرمل المستخدم على مقاومة الانضغاط وكذلك الكثافة لكتلة الثرمستون المنتجة ، وأجريت الفحوصات في مختبرات الشركة.

4-1- تحضير العينات:

- يخلط 60 % رمل بتدرج اقل من (3) ملم مع 40 % ماء ويطحن داخل طاحونة للرمل (Ball mill) ولمدة 15 دقيقة للحصول على مزيج (رمل + ماء) ، بعدها نفحص درجة نعومته وكما موضح في الفقرة (5-2-1).
- يخلط 3000 لتر من مزيج الرمل والماء مع 500 كغم من السمنت و 600 كغم من النورة الحية ولمدة ستة دقائق بخلاطات خاصة لهذا الغرض.
- بعدها يضاف إليها (1400)غم من مسحوق الألمنيوم و(200)غم من مسحوق الغسيل ويخلط المكون لمدة (1) دقيقة.

- يصب المزيج في قوالب كبيرة خاصة ويترك لمدة (3 - 2.5) ساعة ليحدث تفاعلا كيميائيا بين النورة والماء ومسحوق الألمنيوم , ينتج عنه تكون الهيكل الخلوي(porosity) نتيجة لتحرر غاز الهيدروجين داخل العجينة الخرسانية مما يؤدي إلى زيادة كبيرة بالحجم وانخفاض بالكثافة كما في المعادلة[6].

$$3Ca(OH)2+2Al+6H2O\rightarrow 3CaO.Al2O3.6H2O+3H2\uparrow$$

- يتم تقطيع المصبوبة على شكل كتل بالأبعاد(59×24×18)سم بواسطة مكائن قطع خاصة .
- تنقل المصبوبات المقطعة إلى الأفران البخارية(high pressure steam auto clave) والتي تكون بدرجة حرارة(200) م° وبضغط (12) جو ولمدة (11) ساعة لتخضع لعملية تصلب نهائية حيث يحصل تفاعل بين النورة والرمل والماء وهذا الاتحاد يعطي مركبات إسمنتية وكما في المعادلة[6].

$$Ca(OH)2 + 2H2O + SiO2 \rightarrow CaO.2SiO.3H2O$$

5- طريقة الفحص للعينات :

حسب المواصفات القياسية العراقية رقم(1441)[7] تم اختيار كتلة ثرمستون قياس (59×24×18) سم من كل خلطة خرسانية ولكل درجة نعومة رمل {ستة درجات نعومة هي(68،64،60،58،52،48)%}، تم تقطيع كل كتلة إلى ستة مكعبات بقياس (100×100×100) ملم^3 ، وبعدها تجفف في فرن كهربائي ، تجرى عليها فحوصات الكثافة و مقاومة الانضغاط ، وبذلك نحصل على (36) نموذج وفحص ، تم ادراج نتائج الفحوصات في الجداول من(8-3) ، وبعدها نحسب معدل نتائج الفحوصات وادرجت في جدول رقم (9).

5-1- الأجهزة المستخدمة:

5-1-1- الفرن الكهربائي(Electrical Furnace) : تصل درجة حرارته أكثر من (200) م° وكما في شكل رقم (1) .

شكل رقم(1) المكعبات داخل الفرن للتجفيف

5-1-2- جهاز فحص مقاومة الانضغاط : هو جهاز كهربائي هيدروليكي ذو فكين احدهما ثابت والأخر متحرك نحو الأعلى لتسليط قوة ضغط على المكعب وكما في شكل رقم (2 و 3) .

شكل رقم (2) جهاز فحص الانضغاط

شكل رقم (3) جهاز فحص الانضغاط

5-1-3- ميزان حساس: تم استخدام ميزان حساس ذو الكفتين لقياس أوزان العينات في الاختبارات.
5-1-4- جهاز المناخل: لحساب درجة نعومة الرمل.
5-1-5- أجهزة أخرى: مثل القدمة الفكية لقياس أبعاد المكعبات والمنشار الكهربائي لتقطيع الكتل.

5-2-1- فحص درجة(رقم) نعومة الرمل :

تؤخذ كمية (100)غم من مزيج (رمل + ماء) الخارج من الطاحونة وتجفيفه في فرن كهربائي بدرجة حرارة (100) م° ، بعدها يتم نخلها بواسطة جهاز المناخل الهزاز بمنخل (0.088 مل) وحسب المواصفات القياسية العراقية رقم (1441) ثم بواسطة الفرشة حتى نصل الى مرحلة عدم نزول اية كمية من المنخل , يتم وزن كمية المزيج الخارج من المنخل واحتساب درجة النعومة حسب المعادلة التالية[7]:

$$x = \frac{a}{b} \times 100$$

حيث ان:
X = درجة النعومة %
a = وزن الخارج من المنخل (غم)
b = وزن العينة (100) غم
وأدرجت النتائج في جدول رقم (9).

5-2-2- قياس الكثافة : (test density)

تم ايجاد الكثافة للخلطات الخرسانية في حالتها الجافة في الفرن عن طريق قياس ابعاد ووزن نموذج الفحص باستخدام قدمة قياس(Vernier) وميزان حساس، وقد استخدمت نماذج مكعبات بأبعاد (100×100×100) ملم^3 لفحص مقاومة الانضغاط قبل تكسيرها في احتساب الكثافة ، واجريت حسب المواصفات العراقية(1441) وبواقع ستة نماذج لكل درجة نعومة رمل ثابتة في كل خلطة ، وأدرجت النتائج في الجداول من (8 - 3) وتم قياس الكثافة حسب المعادلة أدناه[7] :

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}} \text{ غم/سم}^3$$

حيث ان:
الوزن: للمكعب الجاف
الحجم: الأبعاد للمكعب الجاف
الحجم = (الطول× العرض × الارتفاع) ملم^3

5-2-3- فحص الانضغاط[5] : (compressing test)

تم وضع المكعبات داخل جهاز الفحص بعد تنعيم السطوح المعرضة للضغط وجعلها متوازية ، وتسليط حمل بشكل عمودي و منتظم على النموذج بنفس اتجاه التحميل في البناء مع تسجيل الحمل عند الفشل ونستخرج مقاومة الانضغاط من حاصل قسمة الحمل على مساحة الوجه المعرض للحمل بأبعاد (100×100) ملم^2، وقد طبقة المعادلة التالية.

$$\text{مقاومة الانضغاط} = \frac{\text{القوة المسلطة}}{\text{المساحة}} \text{ كغم/ملم}^2$$

حيث ان:
القوة المسلطة : تقاس بكيلو غرام .
المساحة: مساحة وجه المكعب وتقاس ملم^2

5-3- نتائج الفحوصات:

نتائج الفحوصات التي أجريت على ستة وثلاثون مكعب ثرمستون والتي أخذت من ستة خلطات خرسانية تم إدراجها في ستة جداول من(8- 3) وكل جدول يتضمن نتائج فحوصات ستة مكعبات مقطوعة من كتلة ثرمستون وبدرجة نعومة رمل محددة وكما في أدناه :

جدول رقم (3) نتائج فحوصات نموذج رقم (1) درجة نعومة الرمل(48)%

رقم المكعب	الوزن الرطب gm	الوزن بعد التجفيف 72 ساعة	الأبعاد الجافة Mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	910	711	101×100.94×101.5	10245	1034	0.687	4.99
2	894	707	99.92×100.3×100.8	10110	1010	0.7	4.49
3	880	702	101.66×100×101.26	10126	1029	0.687	4.22
4	925	740	99.8×101.1×101.72	10283	1026	0.721	4.40
5	890	700	×100.36×99.72 101.34	10007	1014	0.690	4.20
6	876	686	100.76×99.5×100.8	10029	1010	0.679	4.15
Ave						0.694	4.40

رقم(4) نتائج فحوصات نموذج رقم (2) درجة نعومة الرمل(52)

رقم المكعب	الوزن الرطب gm	الوزن بعد التجفيف 72ساعة	الأبعاد الجافة mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	866	750	101.2×100.6×101.48	10208	1033	0.726	5.62
2	872	762	102.1×100.38×101.26	10158	1037	0.734	5.99
3	800	718	100.3×100.3×100.44	10074	1010	0.710	4.47
4	886	759	101×100.68×101.94	10263	1036	0.732	6.72
5	839	700	101.1×100.6×101.3	10190	1030	0.679	5.22
6	808	710	102.2×101.64×99.3	10092	1031	0.688	7.94
Ave						0.711	5.98

جدول رقم(5) نتائج فحوصات نموذج رقم(3) درجة نعومة الرمل (58)

رقم المكعب	الوزن الرطب gm	الوزن بعد التجفيف 72 ساعة	الأبعاد الجافة Mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	813	756	102×102×99	10098	1029	0.733	6.709
2	818	772	102×101×102	10302	1050	0.735	5.941
3	810	752	102×101×103	10403	1061	0.708	5.498
4	809	717	103×100×102	10200	1050	0.710	7.156
5	855	814	103×103×102	10404	1071	0.752	7.920
6	863	779	103×101×101	10201	1050	0.741	6.332
Ave						0.730	6.592

جدول رقم(6) نتائج فحوصات نموذج رقم(4) درجة نعومة الرمل (60)

رقم المكعب	الوزن الرطب Gm	الوزن بعد التجفيف 72ساعة	الأبعاد الجافة Mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	855	814	103×103×102	10508	1082	0.752	7.841
2	813	756	102×102×99	10098	1029	0.734	7.774
3	809	747	103×100×102.7	10270	1957	0.706	7.108
4	863	779	103×101×101	10201	1050	0.741	6.816
5	818	772	102×101×102	10302	1050	0.735	6.940
6	894	784	102×101×103	10403	1061	0.738	6.969
Ave						0.734	7.241

جدول رقم(7) نتائج فحوصات نموذج رقم(5) درجة النعومة الرمل (64)

رقم المكعب	الوزن الرطب gm	التجفيف بعد72 ساعة	الأبعاد الجافة Mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	865	765	100.3×100.6×100.68	10128	1015	0.753	7.19
2	844	765	100.5×100.46×100.54	10094	1014	0.754	6.44
3	908	781	101.38×100.8×100.62	10142	1027	0.760	8.14
4	909	785	101.22×101.1×101.1	10222	1034	0.759	8.35
5	902	770	100.24×100×100.84	10084	1010	0.762	6.28
6	897	771	100.38×101.20×100.7	10190	1022	0.754	8.43
Ave						0.757	7.47

جدول رقم (8) نتائج فحوصات نموذج رقم (6) درجة نعومة الرمل (68)

رقم المكعب	الوزن الرطب gm	التجفيف بعد72 ساعة	الأبعاد الجافة Mm	المساحة mm^2	الحجم mm^3	الكثافة gm/mm^3	مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	908	791	101.38×100.8×100.62	10142	1028	0.769	8.38
2	909	785	101.22×101.1×101.1	10221	1034	0.759	8.53
3	897	781	100.38×101.2×100.7	10190	1022	0.764	8.57
4	888	773	100.67×100.69×100.74	10143	1021	0.757	7.62
5	865	765	100.3×100.6×100.68	10128	1015	0.753	7.69
6	844	765	100.50×100.46×100.54	10100	1015	0.753	8.48
Ave						0.759	8.21

- بعد إجراء الفحوصات المختبرية على (36) مكعبا تم اخذ معدل نتائج الفحوصات للكثافة ومقاومة التحمل من الجداول (8 – 3)[7] وأدرجت في جدول رقم (9):

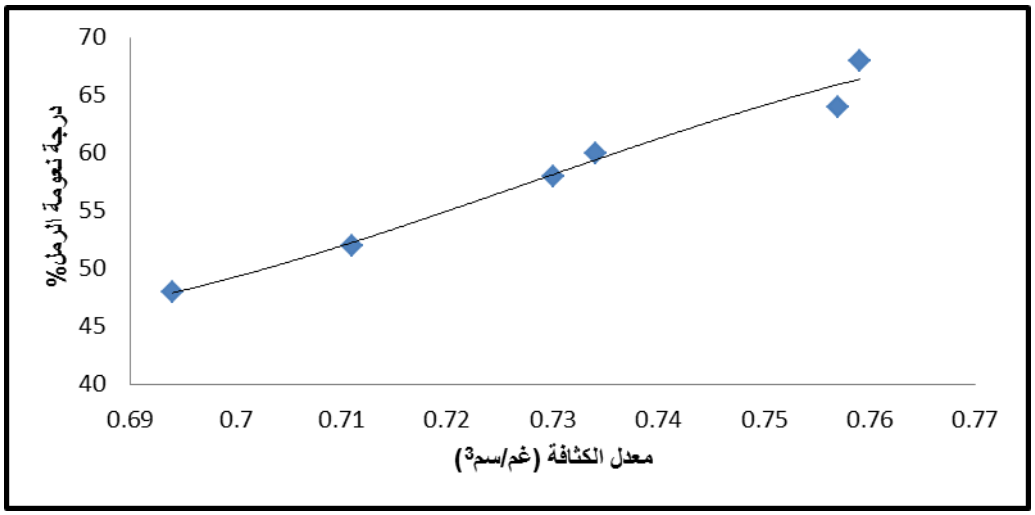
جدول رقم(9) معدل نتائج فحوصات درجة النعومة للرمل والكثافة ومقاومة الانضغاط

رقم النموذج	درجة نعومة الرمل %	معدل الكثافة gm/mm^3	معدل مقاومة الانضغاط N/mm^2
1	48	0.692	4.40
2	52	0.711	5.98
3	58	0.730	6.89
4	60	0.734	7.24
5	64	0.757	7.47
6	68	0.759	8.21

6- المناقشة والاستنتاجات :-

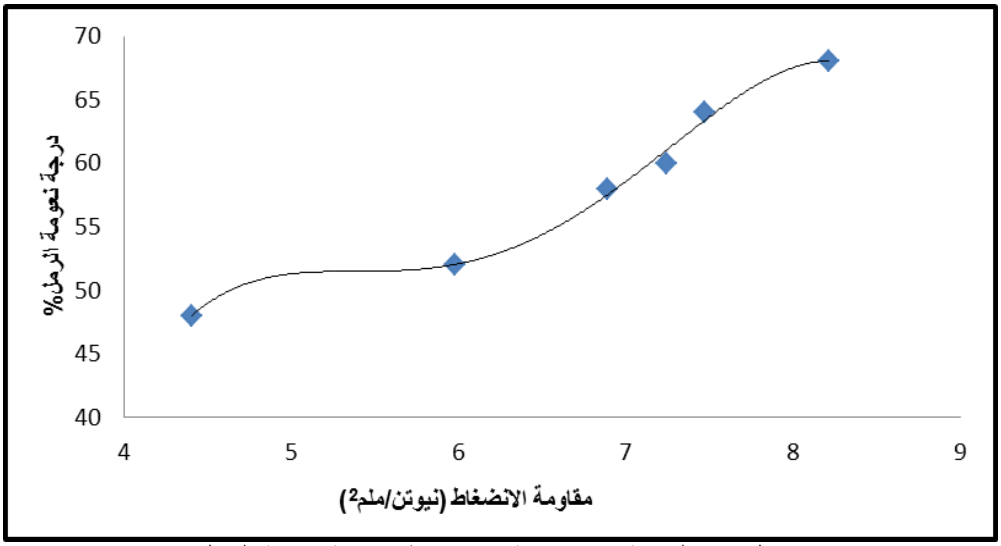
6-1- العلاقة بين درجة نعومة الرمل والكثافة ومقاومة الانضغاط لكتلة الثرمستون:

من خلال مقارنة معدل نتائج فحوصات المكعبات للكتل الثرمستونية في جدول رقم (9)، يمكن أن نستنتج بأن الكثافة لا تتأثر بشكل ملحوظ بدرجة نعومة الرمل بينما نلاحظ علاقة طردية بين مقاومة الانضغاط ونعومة الرمل والتي تأثر على الخواص الميكانيكية لكتلة الثرمستون[9] مما ينعكس إيجابا على تحملها لقوى الانضغاط المسلطة عليها ، حيث أن المساحة السطحية للرمل المستخدم مهمة , لأنها تسرع التفاعلات الكيميائية داخل الخلطة الخرسانية مما يجعل تراص المواد داخل كتلة الثرمستون وتحملها لقوى الانضغاط اكبر ، كما موضحه في الأشكال البيانية (5 و4) أدناه.



شكل (4) العلاقة بين الكثافة ودرجة نعومة الرمل

- شكل(4) يبين العلاقة بين الكثافة ودرجة نعومة الرمل والمدرجة في جدول(9) ، وتظهر ارتفاع طفيف للكثافة وضمن حدود صنف الثرمستون (0.7) في جدول (1) وحسب المواصفات العراقية (1441)[7] مع زيادة درجة النعومة للرمل.



شكل (5) العلاقة بين مقاومة الانضغاط ودرجة نعومة الرمل

- شكل (5) يبين ازدياد مقاومة الانضغاط لكتلة الثرمستون كلما كان الرمل المستخدم بدرجة نعومة أعلى وهذا يعطي مؤشر ايجابي للكتلة في زيادة تحملها للأحمال في بناء المنشآت المختلفة.

6-2- الاستنتاجات:

6-2-1- حسب النتائج المبينة في جدول (9) يظهر ان كثافة الثرمستون تتراوح ما بين (0.76- 0.69) غم/ملم^3 ولجميع درجات النعومة وهي ضمن الصنف (0.7) من اصناف الثرمستون في جدول رقم (1) حسب المواصفة القياسية العراقية (1441)[7] وان سبب اختلافها غير راجع لاختلاف درجة نعومة الرمل وإنما هو اختلاف طبيعي نتيجة لأسباب فنية في معدات الخلط للمعمل وهي واقعة ضمن حدود مقبولة وهذا ما يؤكده الشكل رقم(4) حيث يظهر انه لا توجد علاقة ما بين الكثافة ودرجة نعومة الرمل.

6-2-2- في الرسم البياني (5) يتضح لنا جليا مدى ارتفاع مقاومة الانضغاط للثرمستون بشكل طردي مع ارتفاع درجة نعومة الرمل، حيث تحسنت مقاومة الانضغاط من (4.4) نيوتن/ملم^2 الى (8.21) نيوتن/ملم^2 عند رفع درجة النعومة من (48)%الى (64)% وهذا يرجع بصورة اكيدة الى زيادة المساحة السطحية لمادة الرمل كلما زادة درجة النعومة وبذلك ترفع من كفاءة التفاعل الكيميائي للرمل مع المواد الاخرى لتكوين مركبات بنيوية صلبة ضمن التركيب البلوري لمادة الثرمستون تزيد من صلادة المنتج النهائي.

8- المصادر:

1-Ahmed Aidan، Zarook Shareefdeen ،2009 ، Preparation and properties of porous aerated concrete, American University of Sharjah ، research project ، P24،- 27 .

2- Calgary, Alberta ,2006 , Cellular Concrete: Engineering and Technological Advancement for Construction , The Annual General Conference of the Canadian Society for Civil Engineering.

3-WWW. System Building.com ,2001, What Is Cellular Light Weight Concrete , p(2-3) .

4- Struharova , I.Rousekova,2007,Porous Structure of Cellular Concrete and its impact on selected physical-mechanical properties of cellular concrete, Slovak Journal of civil Engineering.

5- Krishna Bhavani , 2012, Celluar Lightweight Concrete Blocks as a Replacement Of Burnt Clay Bricks, International Gournal Of Engineering and Advanced Technology , issn:2249-8958,volum 2, 1ssue-2.

6- Hegoi Manzanon, 2009 ,Atomistic Simulation Studies of The Cement Paste Components , PHD Thesis , universities Euskak Herriko ,Germany , p (25-30).

7- المواصفات القياسية العراقية رقم(1441) ، 1999 ، جمهورية العراق ،الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية .

8 – A.M.Neville,2000,Properties Of Concrete , Fourth Edition , Pearson Education Asia pvt , Ltd .

9- Huat Yong Lee,2010, Compressive Strength and drying shrinkage of hyssil Cellular lightweight concrete under different exposure conditions ,Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of master of engineering , RMIT University ,Melbourne , victoria 3000, Australia , p (24-28).