

دراسة تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته في متانة إنضغاط طابوق البناء

تغريد مسلم الساعدي

جامعة بغداد / كلية التربية (إبن الهيثم) – قسم الفيزياء

الخلاصة:

دُرسَ تأثير نسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته في متانة إنضغاط الطابوق لعينات استخدمت التربة Soil كمادة أساس وأضيف لها الفحم Coal بنسب وزنية هي: % (0.1 , 0.2 , 0.5 , 1 , 3 , 5 , 10) ولثلاثة أحجام حبيبية , ثم كُست العينات بشكل مكعبات طول ضلع كل منها (5cm) وحُرقت بدرجة (1100°C). حُسبت المسامية , إمتصاصية الماء , الوزن المفقود ومتانة الإنضغاط لكل عينة. وجد أن هناك علاقة وثيقة بين متانة الإنضغاط ونسبة الفحم المضاف وحجم حبيباته , إذ تزداد متانة الإنضغاط للنسب الوزنية الواطئة % (0.2-0.5) وللحجم الحبيبي الناعم (75-150) μm وسجلت أعلى قيمة لمتانة الإنضغاط بحدود 400Kg.f/cm^2 . ومن جهة أخرى تتناقص متانة الإنضغاط بزيادة الحجم الحبيبي للفحم المضاف وسجلت العينات ذات النسب الوزنية العالية % 10 والحجم الحبيبي الخشن (300-600) μm أقل قيم لمتانة الإنضغاط . تم الحصول على طابوقة تتفوق بمواصفاتها من حيث المسامية وإمتصاصية الماء ومتانة الإنضغاط على الطابوقة بالمواصفة العراقية رقم (25) ذات الصنف أ .

A Study of the Influence of Additive Coal Percentage and Its Grain Size on Compressive Strength for Building Brick

Tagreed Muslim Al-Saadi

Physics Department , College of Education – Ibn Al-Haitham , Baghdad University

Abstract :

The influence of additive coal percentage and its grain size on compressive strength of building bricks were studied .Soil was used as a basic material and coal was added to it, with weight percentage of (0.1,0.2,0.5,1,3,5,10)% for three grain sizes. The samples were compressed in cubic shapes of 5cm edge, fired at (1100°C). Porosity , water absorption , lost weight and compressive strength were calculated for each sample. It was found that there is a close relationship between compressive strength and additive coal percentage and its grain size ,where compressive strength increases for low weight percentage (0.2-0.5)% and fine grain size (75-150) μm and the highest value of compressive strength was recorded with the range of (400kg.f/cm^2). On the other hand compressive strength decreases with the additive coal and grain size increase where the samples of high percentage of weight (10%) and coarse grain size(300-600) μm has recorded the less value of compressive strength . So the obtained brick has a high quality of Porosity ,water absorption and compressive strength that the Iraqi standard of qualification No.(25) class A.

وهذا ما يجعل المعادن قابلة للتشوه المرن Elastic deformation تحت تأثير الإجهاد [4]

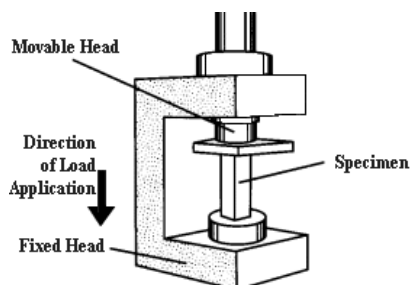
المقدمة :

ومن الخصائص المهمة لإختبار جودة الطابوقة ومدى تحمليتها هو إجراء فحص لحساب متانة الإنضغاط Compressive Strength للمادة وهو يمثل قيمة إجهاد الضغط المحوري الذي تصل إليه المادة عند الانهيار التام أو هي مقدرة المادة على مقاومة القوى الضاغطة محورياً ، وعند الوصول إلى حدود متانة الإنضغاط ، تتحطم (تنهشم) المادة . وتختلف المواد السيراميكية في مقاومتها للإنضغاط ويمكن تصنيع خرسانة ليكون لها متانة إنضغاط عالية بحدود تزيد عن 50 MPa ، بينما لا تزيد متانة الإنضغاط لبعض المواد مثل الحجر الرملي عن 5-10 MPa [4]

والشكل (1) يبين تصميم أحد الأجهزة المستخدمة لقياس متانة الإنضغاط [5] وعندما تخضع عينة من مادة ما إلى حمل يؤدي إلى استطالتها يقال عن العملية أنها عملية شد وبالمقابل ، إذا أدى الحمل إلى انضغاط العينة وتقصيرها يقال عن العملية أنها عملية ضغط . ويعبر عن متانة الإنضغاط رياضياً [4]:

$$\text{Compressive Strength} = \frac{\text{Maximum load at failuer (Kg.f)}}{\text{Average area of bed face (mm}^2\text{)}} \dots (1)$$

وعلى المستوى الذري ، يتم تباعد الذرات عن بعضها في عملية الشد ، بينما يتم ضغطها على بعضها في عملية الإنضغاط . وبما أن الذرات في الأجسام الصلبة تحاول دائماً أن تجد لنفسها وضعاً متوازناً بين الذرات ، تبرز قوى خلال المادة كلها تعاكس كلتا العمليتين: الشد والضغط وهذه الظاهرة التي تعم على المستوى الذري هي متشابهة في الحالتين والفرق الأساسي بين طريقتي التحميل هي إشارة الانفعال الذي سيكون موجباً في حالة الشد، وسالباً في حالة الضغط [5]



الشكل (1) : يمثل الجهاز المستخدم لقياس متانة

الإنضغاط [5]

منذ أن عرفت البشرية الإعمار كان ومايزال الطابوق Brick بمختلف مسمياته ، المادة الأساسية للبناء ، وذلك لتحملته العالية Durability ، كلفة إنتاجه الواطئة نسبياً ، توفر المادة الأولية في كل مكان ، عزله الجيد للحرارة والصوت ، مقاومته المقبولة للإحتراق ومقاومته للظروف الجوية المختلفة . وكانت الشمس المصدر المجاني لتجفيفه [1]

سعى الإنسان في بناء حضارته والتي ما تزال شاهداً حياً إلى يومنا هذا على قوة تحمل هذه المادة للظروف والعوامل الطبيعية المختلفة . وحاول الإنسان جاهداً لتحسين نوعية الطابوق وتقليل كلفته من خلال حرقه أو إختيار إضافات مناسبة له . وتعرف المادة المضافة على إنها أي شيء يضاف إلى خلطة الطين Clay ماعدا الماء ، وتعمل المواد المضافة على تغيير الخصائص الكيميائية و/ أو الخصائص الفيزيائية للطابوق . وتعد مسألة الإضافات إلى الطين المعد لصناعة الطابوق مسألة ضاربة في القدم ، وتشير الشواهد الباقية حتى الآن إلى أن الفراعنة المصريين كانوا يضيفون القش (التبن) Straw إلى الطابوق لتحسين نوعيته [2]

ويصنع الطابوق في الوقت الحاضر في أغلب بلدان العالم ، بأن تؤخذ التربة Soil وترطب بالماء ثم تكبس في قوالب ذات أبعاد مختلفة حسب الطلب وتجفف أما بتعريضها للشمس المباشرة أو بأفران تجفيف خاصة ثم تحرق في أفران بين درجتي $800-1800^{\circ}\text{C}$ ، وتصبح الطابوقة بعد الحرق أكثر قوة وصلادة وتجانساً ، نتيجة لإنتشار السليكا SiO_2 والألومينا Al_2O_3 خلال الجسم السيراميكي للطابوقة [3]

وتمتاز المواد السيراميكية بكونها مسامية مع الإختلاف في الدرجة من مادة إلى أخرى ومن محددات العمل بها هي الهشاشة Brittleness أو بمعنى آخر الفشل المفاجيء عند التشوهات اللدنة Plastic deformation وعند الدرجات الحرارية الواطئة وتزداد مشكلة الهشاشة مع وجود الشقوق الصغيرة التي تتكون في أثناء التجفيف السريع للمادة نتيجة لفقدانها الماء وإنكماشها بالإضافة الى وجود الشوائب الغريبة والأطوار الزجاجية والحجوم الحبيبية الكبيرة للمادة [4]

إن هشاشة المواد السيراميكية ناتجة عن الأواصر الأيونية والتساهمية التي لا تسمح للجزيئات بالانتقال بسهولة وأن أي شق أو تشوه سوف يقلل من قابلية السيراميك لكي يصمد أمام الإجهادات على عكس المواد المعدنية لأن إلكتروناتها المتحركة تسمح للذرات بأن تغير جيرانها بدون تكسير كامل (تام) لترتيب الأصرة

وقام (G.Al-Marahleh) بإضافة عدة مواد

مختلفة الى الطابوق هي قشور الرز Rice Husks ونشارة الخشب Saw dust والقش (التبن) Straw وقصب السكر الجاف (المعصور) Bagasse , ووجد أن متانة الإنضغاط تتزايد مع تناقص المسامية وزيادة الكثافة عند نسب معينة من تلك الإضافات [10].

وقام (Jin-Ho Jung, et.al) بدراسة تأثير إضافة نفايات الفحم الى الطابوق ووجدوا أن متانة الإنضغاط إزدادت عند نسب معينة من المادة المضافة [11].

وقام (A. Al- Kadir , et.al) بإضافة رماد أعقاب السكائر بعد حرقها بنسب مختلفة الى الطابوق لتحسين خواصه الميكانيكية ووجدوا أن هناك زيادة واضحة في الكثافة ومتانة الإنضغاط عند نسب معينة من تلك المادة [12].

وقام (D.A.Okongwu & V. Paranthaman) بدراسة تأثير الفحم المضاف بنسب معينة الى الطابوق وتوصلا الى أن متانة الإنضغاط تزداد مقابل إنخفاض في نسبة المسامية وإمتصاصية الماء [13].

وقام (Dae-Yong Shin & Kyung-Nam Kim) بإستخدام رماد حرق مخلفات القمامة وإضافته الى الطابوق ولاحظا تحسناً في قيمة متانة الإنضغاط مع زيادة كثافة الطابوقة مقابل تناقص في إمتصاصية الماء والمسامية [14].

وقام (M.-I. M. Chou, et.al) بإضافة الطفل Shale والرماد المتطاير Fly Ash إلى خلطة الطابوق بنسب مختلفة وحققوا زيادة واضحة في متانة الإنضغاط مصحوبة بإنخفاض في نسبة المسامية وزيادة في كثافة الطابوقة [15].

الجانب العملي :

جهزت كمية من التربة Soil المعدة لصناعة الطابوق من أحد المعامل في بغداد ثم أجريت عملية الطحن والغرلة عليها , وقد جهزت التربة بحجم حبيبي واحد هو $150 \mu m$. أرسلت عينة من التربة للفحص

ولكون المواد السيراميكية تمتاز بالهشاشة عموماً ؛ هناك عدة طرائق لزيادة متانتها منها: [4]

1. تغليف المادة السيراميكية الهشة Brittle بمادة أكثر ليونة Soft .
2. تحولات الطور Phase transition .
3. عمليات تقنية ينتج عنها مواد السيراميكية ذات كثافة عالية مثل إستعمال حجوم حبيبية دقيقة أو إضافة مواد أخرى بنسب معينة الى المادة الأساس أو إستخدام درجات حرارية عالية عند الحرق حيث يتكون تدفق لزج من المادة المنصهرة يملأ الحدود الحبيبية مما يجعل من ميكانيكية التشوه أكثر أهمية , ويحصل هذا التدفق اللزج عند المراحل الشبيهة بالزجاج ويحتوي السيراميك على أطوار متبلورة وأطوار زجاجية .

وتبرز أهمية عامل متانة الإنضغاط عند فحص المواد السيراميكية ومنها الطابوق , لسببين : [3]

1. عند قيم متانة الإنضغاط العالية فإن بقية الخصائص الميكانيكية مثل الإنثناء Flexure ومقاومة الحك Resistance abrasion وغيرها سوف تتحسن أي تصبح قيمها عالية .
2. إن قياس متانة الإنضغاط سهل مقارنة ببقية الخصائص الأخرى .

أشار عدد كبير من الباحثين الى أن متانة الإنضغاط للطابوق تتأثر بكثافة جسم الطابوقة ومساميتها وإمتصاصيتها للماء [4] وبالإضافة الى ذلك تتأثر بخصائص المادة الخام (الطين) وطريقة التصنيع ودرجة الحرق ونسب المواد المضافة ونوعيتها [6] ومن هذا المنطلق إتجه الباحثون لدراسة خاصية متانة الإنضغاط للطابوق بمختلف الظروف ومحاولة زيادتها بمختلف الطرائق لتحسين نوعية الطابوق.

قام (M.A.Ramadan , et.al) بدراسة تأثير مواد مضافة مثل الرمل وفحم الكوك الى الطين ولاحظوا حصول زيادة في متانة الإنضغاط عند نسب معينة من كلتا الإضافتين [7].

قام (J.E. Barralet, et.al) بدراسة العلاقة بين الضغط المستخدم في أثناء كبس العينات والمسامية ومتانة الإنضغاط ووجدوا حدوث زيادة في متانة الإنضغاط للطابوق مع زيادة قوة الكبس [8].

درس (S. Deboucha & R. Hashim) تأثير إضافة خشب صخري Peat ورمل الى الطابوق , ولاحظوا حصول زيادة في متانة الإنضغاط وإنخفاض في نسبة المسامية وإمتصاصية الماء [9].

(0.1% , 0.2% , 0.5% , 1% , 3% , 5% , 10%) وتمثلت كل نسبة بثلاث عينات , تحتوي كل عينة على حجم حبيبي مختلف من الفحم . بالإضافة الى ذلك جهزت عينة صفيرية خالية من أية إضافات . وقد جهزت جميع العينات بحيث كان وزن كل منها 250g (المادة الأساس + المادة المضافة) .

بعد ذلك أخذت كل عينة بمفردها وأضيف لها الماء المقطر بنسبة حوالي 10% وخلطت بصورة جيدة لتجانس مكوناتها , ثم وضعت بقلب أعد محلياً أبعاده (5cmx5cmx5cm) وكبست بمكبس هيدروليكي نوع (RINLNG) بقوة كبس مقدارها (5ton) وبزمن قدره (5min) . وقد تم تشكيل عينتين من كل خلطة لإجراء الفحوصات عليها .

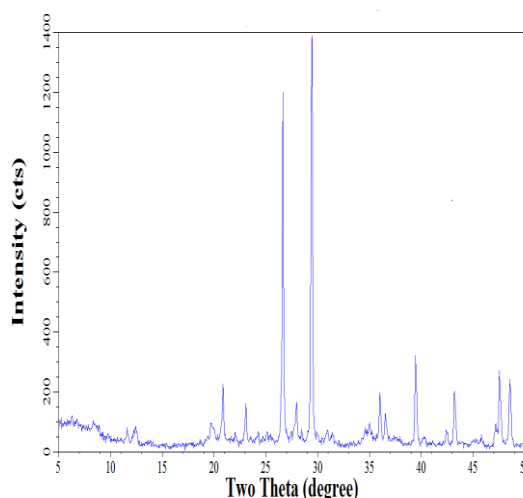
بعد إنتهاء عملية الكبس , أجريت عملية التليد التي تمت بأربع مراحل وكما يلي :

المرحلة الأولى : وضعت العينات في فرن درجة حرارته 100°C لمدة ساعة واحدة في اليوم الأول .

المرحلة الثانية : رفعت درجة الحرارة الى 450°C لمدة أربع ساعات وتركت لليوم التالي .

المرحلة الثالثة : رفعت درجة الحرارة الى 700°C وبقيت العينات لمدة ثلاث ساعات وتركت لليوم التالي.

بالأشعة السينية للتأكد من مكوناتها كما أرسلت عينة أخرى لإجراء التحليل الكيماوي ومعرفة تراكيز مكوناتها , والنتائج مبينة بالشكل (2) والجدول (1) .



الشكل (2) : مخطط حيود الشعاع السيني للتربة المستعملة قبل الحرق

الجدول (1) : التحليل الكيماوي للتربة المستعملة قبل الحرق

المكونات	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	L.O.I
النسبة الوزنية %	41.97	18.92	7.57	5.30	4.09	1.44	0.97	0.68	0.08	18.50

المرحلة الرابعة : رفعت درجة الحرارة الى الدرجة المطلوبة 1100°C ولمدة أربع ساعات وبقيت الى اليوم التالي . ثم أخرجت العينات ليتم فحصها .

وقد أختيرت درجة الحرارة 1100°C بعد إجراء عدة تجارب بدرجات حرارية مختلفة , وقد أجريت عملية التليد بعدة مراحل وبهذا البطء للسماح للغازات المتحررة من عملية الحرق بالخروج وبصورة بطيئة لتقليل التشوهات التي قد تحصل للعينات خلال المعاملة الحرارية ولتقليل المسامية .

بعد ذلك تم إحضار كمية من الفحم المحلي (يتكون الفحم من حوالي 45-65% من الكربون والباقي عبارة عن رماد Ash , مواد متطايرة Volatile matter , رطوبة Moisture وكبريت Sulfur)^[11,13] وغرلت للتخلص من الأتربة والشوائب الناعمة الموجودة فيها , ثم طحنت وغرلت بثلاثة أحجام حبيبية هي :

C (300-600) μm , M (150-300) μm , F (75-150) μm

C : Coarse , M : Medium , F : Fine

بعد ذلك تم تجهيز 21 عينة من التربة تحتوي على نسب مختلفة من مسحوق الفحم هي :

الفحوصات والقياسات :

$$\text{Lost Weight (\%)} = \left[\frac{W_b - W_a}{W_b} \right] * 100\% \quad \dots\dots(4)$$

وزن العينة W_b : وزن العينة بعد الحرق .

W_a قبل الحرق .

النتائج والمناقشة :

يلاحظ من الشكل (3) أن نسبة الفحم % (0.2-0.5)

تحقق أقل نسبة مسامية وأن الحجم الحبيبي الدقيق F يكون الأقل مسامية بين الحجم الحبيبي الثلاثة من الفحم ويفسر ذلك على أن الكربون يشكل نسبة عالية [11,13] من الفحم والذي يعد مصدراً جيداً للطاقة مما يرفع من درجة حرارة التليد وبالتالي تقل المسامية , إذ تعتمد المسامية على تركيب الطين ودرجة حرارة التليد [3].

أما السبب في كون هذا الحجم الحبيبي وتلك النسبة من الفحم تحقق أقل نسبة من المسامية فيعود الى أن الحجم الحبيبي الدقيق F ربما يحترق بالكامل محرراً جميع الغازات المتولدة نتيجة الاحتراق وهذه الحبيبات المحترقة بالكامل تعمل على زيادة درجة حرارة التليد , ويتم خلال هذه العملية جمع الحبيبات المنفردة للمادة السيراميكية وتلتحم لتشكل شبكة صلبة مستمرة من المادة وتزال أغلب المسامات , وتقل نسبة المسامية [4] . أما الحجم الحبيبي الكبيرة فلا تسنح لها الفرصة للاحتراق بصورة جيدة مما لا يوفر الطاقة اللازمة لزيادة درجة حرارة التليد وكذلك بالنسبة للنسب الوزنية العالية من الفحم [13].

ويلاحظ من الشكل (4) أن المنحنيات البيانية

لإمتصاصية الماء لها نفس التصرف لمنحنيات المسامية لأن إمتصاصية الماء للمواد السيراميكية تكون ملازمة للمسامية وتعتمد عليها , وتزداد بزيادتها وتتأثر بنفس العوامل التي تتأثر بها المسامية ولنفس الأسباب [3].

ويلاحظ من الشكل (5) أن الحبيبات الخشنة C

تحصل لها أعلى نسبة خسارة في الوزن , لأن الحبيبات الخشنة تكون أكثر إمتصاصاً للماء وتكون أكثر خسارة للوزن [16]. ومن جهة أخرى فإن النسب الوزنية للفحم

أجريت فحوصات متانة الإنضغاط على كل عينة بجهاز الفحص الخاص بمتانة الإنضغاط , ووضعت العينات المكعبة الشكل على أحد وجوهها بعد أن تم حساب مساحة الوجه الذي تستقر عليه العينة والذي يمثل المساحة المعرضة للحمل بوحدة (mm^2) ثم طبقت الأحمال على كل عينة على حدة وسجلت قيمة الحمل الذي تفشل (تنهشم) عنده العينة بوحدة (Kg.f) , ثم حسبت قيمة متانة الإنضغاط حسب المعادلة (1) .

وأجريت فحوصات إمتصاصية الماء Water Absorption ؛ التي تعرف بأنها قابلية الجسم على جذب الماء خلال مساماته ويعبر عنها بنسبة مئوية , وتعتمد هذه الخاصية على العديد من العوامل مثل نوع المادة الأولية وتركيبها الكيميائي وحجم المسامات الكلي , فكلما زادت نسبة المسامية زادت قابلية الجسم على إمتصاص الماء ويعبر عن إمتصاصية الماء بالعلاقة [3]

$$W.A (\%) = \left[\frac{W_s - W_d}{W_d} \right] * 100 \% \quad \dots\dots(2)$$

كذلك المسامية الظاهرية Apparent Porosity التي تمثل نسبة إحتواء الجسم السيراميكي على المسامات المفتوحة الى الحجم الكلي , وأن الخواص الميكانيكية والمسامية تعدان من العوامل المهمة في السيطرة على عمليات التصنيع لتقدير تأثير مختلف العوامل في الخواص النهائية للمادة السيراميكية الناتجة وهناك علاقة وثيقة بين المسامية والخواص الميكانيكية . ويعبر عن المسامية الظاهرية بالعلاقة الآتية : [16].

$$A.P (\%) = \left[\frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right] * 100 \% \quad \dots (3)$$

وأن W_d : وزن النموذج جاف . W_s تمثل وزن النموذج وهو رطب بعد غمره بالماء وإمتلاء المسامات المفتوحة وإزالة قطرات الماء العالقة على سطح النموذج بقطعة قماش نظيفة بعد اخراجه من الماء .

W_i : وزن النموذج وهو مغمور في الماء .

وحسب الوزن المفقود لكل عينة نتيجة [4]

الإحتراق حسب المعادلة الآتية:

إن إضافة الفحم بنسب وزنية عالية (5-10%) لا يرفع من قيمة متانة الإنضغاط بل على العكس يخفضها الى ما دون القيمة الأصلية للمكبوسات الخالية من الفحم ومن جهة أخرى فإن إستعمال الفحم ذي الحجم الحبيبي الخشن C لا يرفع قيمة متانة الإنضغاط كثيراً ويعود السبب في ذلك الى أن الحبيبات الخشنة من الفحم ربما لا تتمكن من الإحتراق بصورة تامة ولا يحالفها الحظ لزيادة درجة الحرارة التليد , وأن الحبيبات الكبيرة غير المحترقة بصورة تامة تبقى كشوائب غريبة مكونة مراكز إجهاد تعمل على تقليل متانة الطابوقة^[13]. ومن جهة أخرى فإن الحبيبات الدقيقة جداً وكذلك النسب الوزنية الصغيرة ربما تتبخر قبل أن تتمكن من توفير كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة التليد وأن الحبيبات الدقيقة جداً غير المحترقة تبقى كشوائب لكنها لا تولد أي إجهاد مثل الحبيبات الكبيرة^[13].

الإستنتاجات :

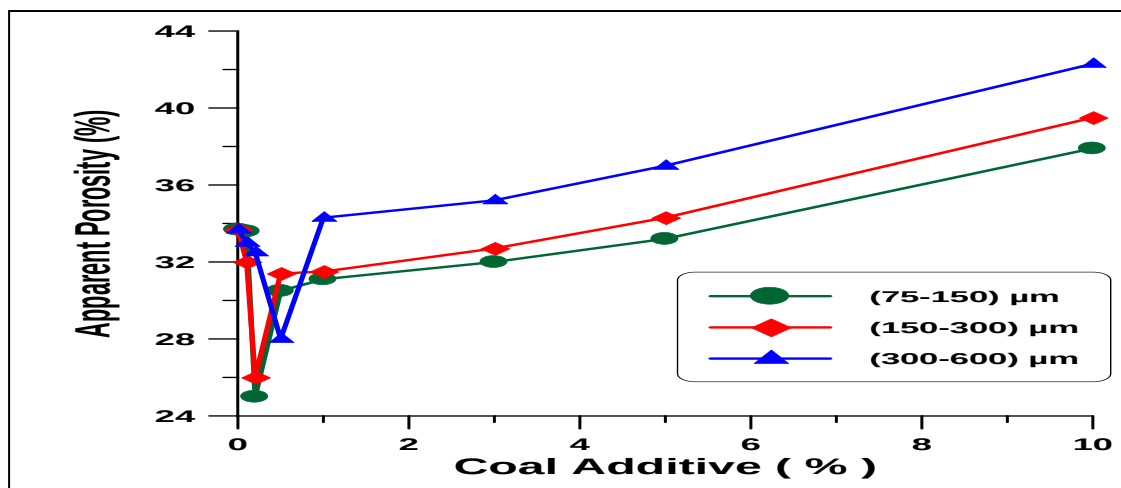
1. سجلت أعلى قيم لمتانة الإنضغاط عند الحجم الحبيبي μm (75-150) F وعند النسب الوزنية للفحم (0.2-0.5%) وأقلها عند الحجم الحبيبي الخشن μm (300-600) C وعند النسب الوزنية العالية 10%.
2. إستبعاد الحجوم الحبيبية الكبيرة والنسب الوزنية العالية لأنها تجعل المكبوسات ذات متانة إنضغاط واطئة وتكون عرضة للتشقق والتفتت.
3. تم الحصول على طابوقة تتفوق بمواصفاتها من حيث المسامية وإمتصاصية الماء ومتانة الإنضغاط على الطابوقة بالمواصفة العراقية رقم (25) ذات الصنف أ (معدل إمتصاصية الطابوقة الواحدة للماء 20% ومعدل متانة إنضغاط الطابوقة كحد أدنى 200 Kg.f/cm^2).
4. يمكن الإستفادة من مخلفات عملية الغريلة قرب مواقع حرق الفحم حيث ترمى القطع الناعمة كفضلات لا يستفاد منها, وبذلك يمكن التخلص من أحد مصادر تلوث البيئة.
5. نقترح إستخدام حجوم حبيبية أصغر من الفحم والتربة وإستخدام مواد مضافة أخرى من الطبيعة مثل التبن Straw ومخلفات الحيوانات Animal dung وقشور الرز Husk ودراسة تأثير ذلك على متانة الإنضغاط وخواص ميكانيكية أخرى.

(0.2-0.5%) تحقق أقل نسبة من فقدان الوزن بسبب إحتراق تلك النسب الواطئة من الفحم والتي لا تسبب خسارة كبيرة للوزن مما يؤدي الى زيادة كثافة المكبوسات وبالتالي زيادة متانتها , لأن هناك علاقة وطيدة بين كثافة المكبوسات ومتانتها^[16].

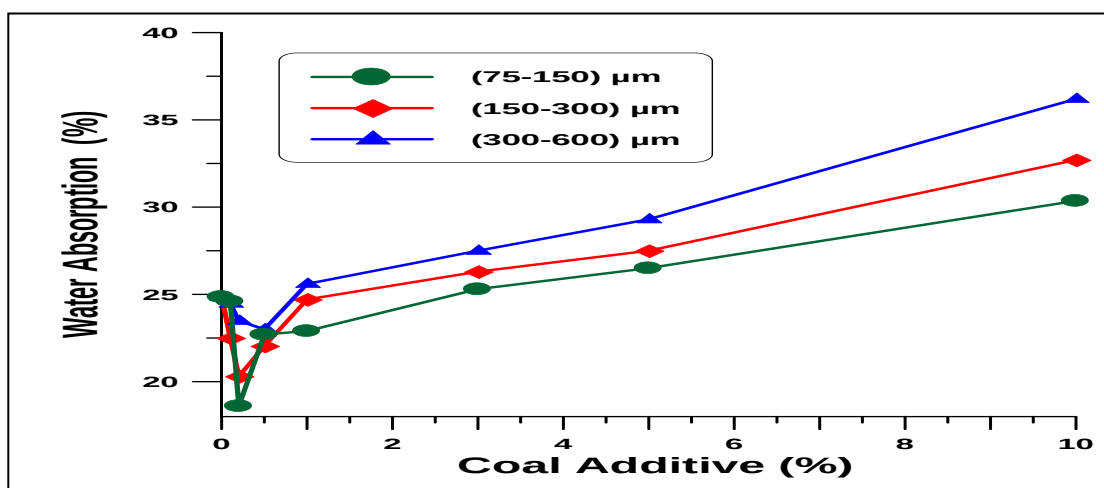
أما الشكل (6) فيمثل العلاقة بين متانة الإنضغاط ونسبة الفحم المضاف لثلاثة حجوم حبيبية مختلفة ويلاحظ أن متانة الإنضغاط تسجل أعلى قيم عند نسبة الفحم (0.2-0.5%) ولجميع الحجوم الحبيبية ولكن الحجم الحبيبي الدقيق F يكون أكثرها متانة ولتفسير ذلك يمكن القول :

إن المسامية وإمتصاصية الماء تكون أقل ما يمكن عند تلك النسبة من الفحم والحجم الحبيبي وترتفع قيم المتانة لأن زيادة المسامية وزيادة إمتصاصية الماء تقلل متانة الإنضغاط للمواد السيراميكية وكما مبين في (8) و(7) الشكلين

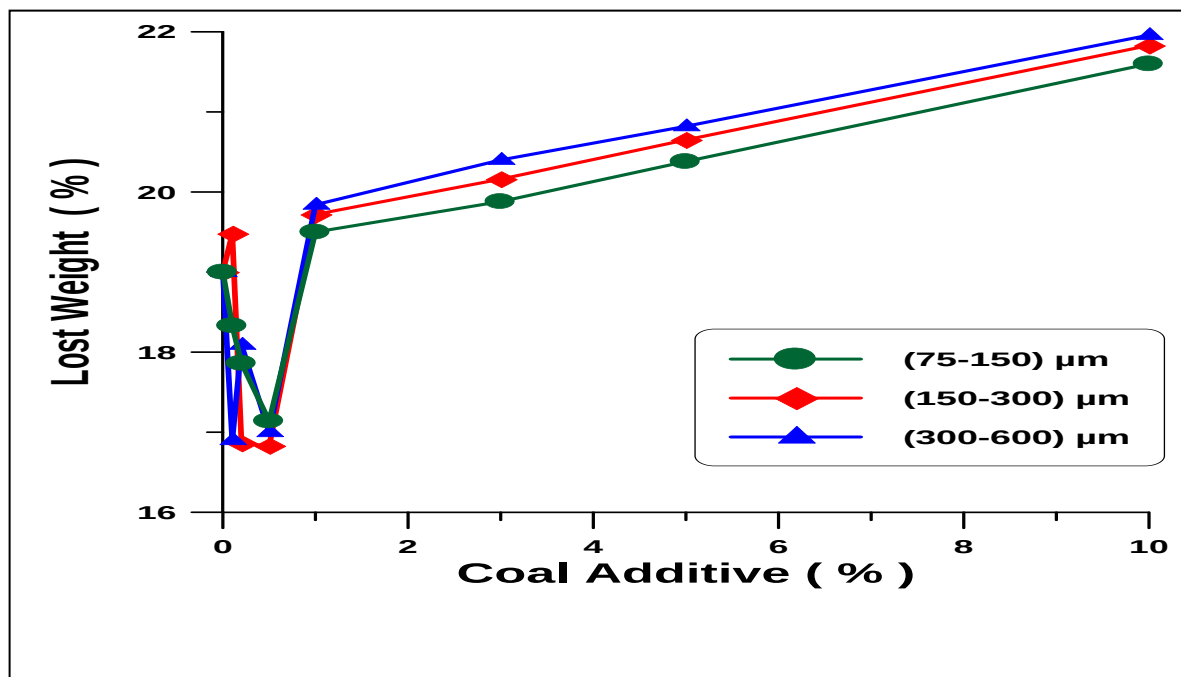
ولسببين أولهما :إن الإجهاد يصل الى مستوى بسبب المسامية Crack خرج وتتشكل بعد ذلك الشقوق وتنتشر هذه الشقوق وتسبب إنهيار المادة السيراميكية تحت الأحمال , لأن السيراميك لا يمر بمرحلة التشوهات , والسبب الآخر إن Elastic deformation المرنة المسامات من حيث حجمها , شكلها وكميتها تقلل متانة الإنضغاط لأنها تقلل من المساحة العرضية الإجمالية الداعمة للحمل المطبق وتجعل المادة تفشل أو تنهار تحت . ومن جهة أخرى فإن المتانة تزداد^[4] الأحمال المطبقة مع صغر الحجم الحبيبي وإرتفاع درجة حرارة التليد , المادة Densification لأن التليد المناسب يسبب تكثف حيث توجد علاقة وطيدة بين متانة^[4] وزيادة متانتها . وأن إستعمال^[10] الإنضغاط وكثافة المادة السيراميكية نسبة الفحم وحجم الحبيبات يعمل على توفير كمية طاقة مناسبة لرفع درجة حرارة التليد مما يجعل Glass phase المادة السيراميكية تمر بالطور الزجاجي الذي يتكون عند درجات الحرارة العالية والذي يساعد على تقليل المسامية وبالتالي زيادة متانة وكثافة الطابوقة^[11].



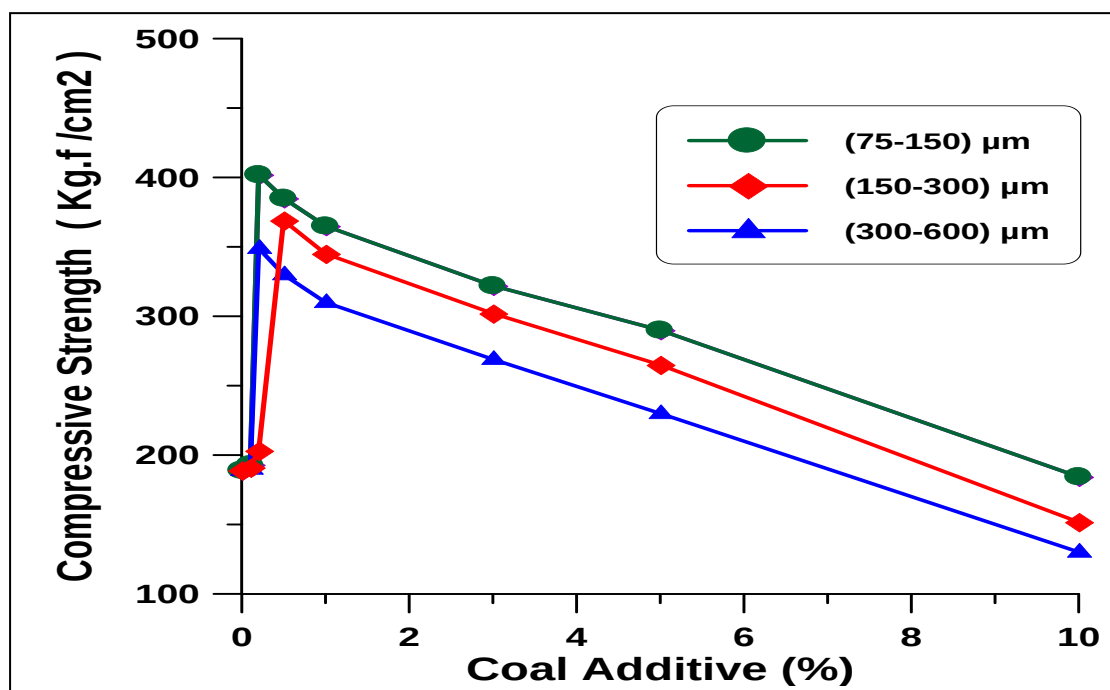
الشكل (3): العلاقة بين نسبة الفحم والمسامية الظاهرية لثلاثة أحجام حبيبية مختلفة من الفحم المضاف



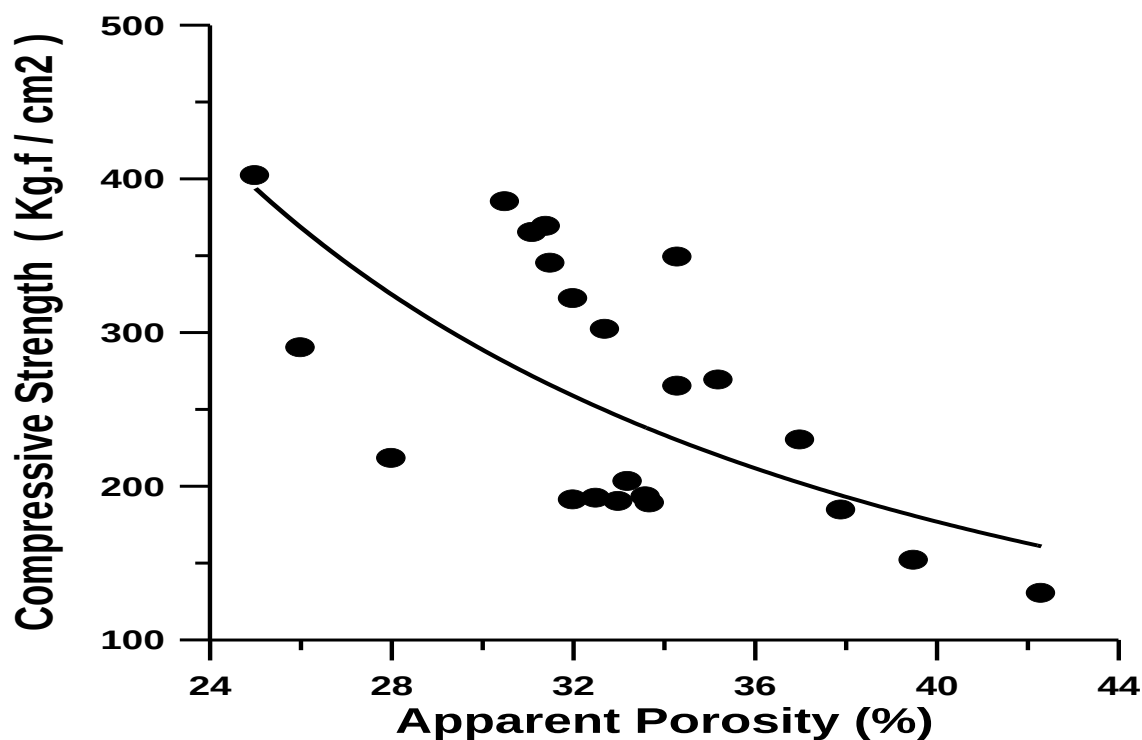
الشكل (4): العلاقة بين نسبة الفحم وإمتصاصية الماء لثلاثة أحجام حبيبية مختلفة من الفحم المضاف



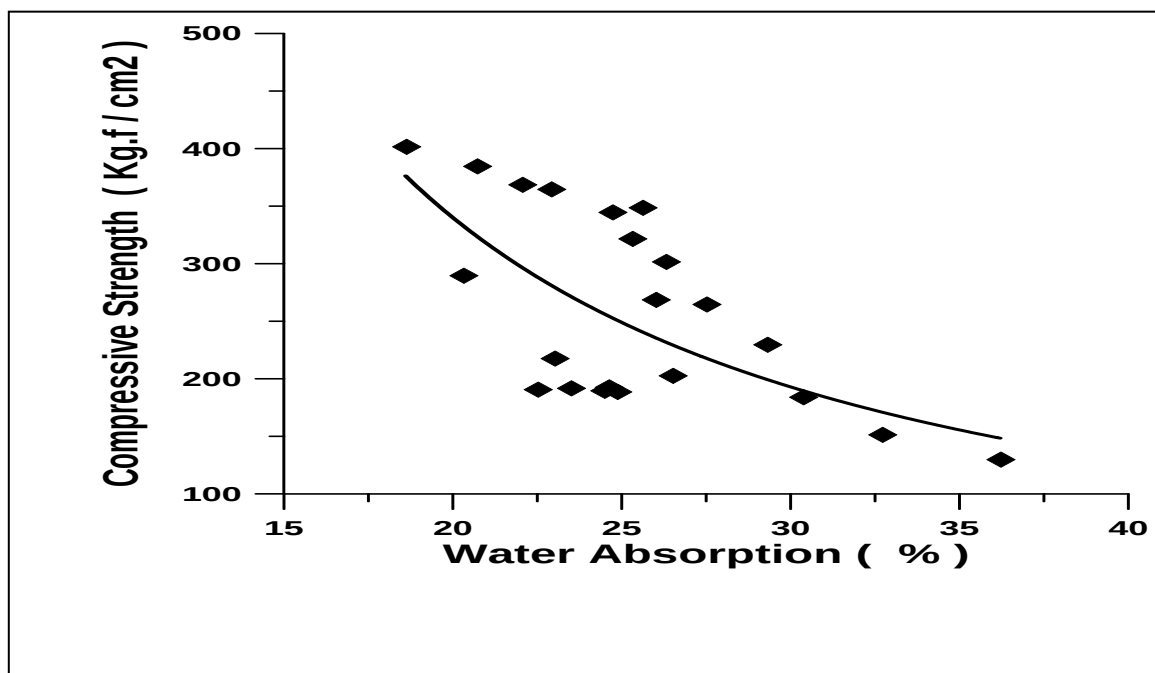
الشكل (5): العلاقة بين نسبة الفحم ونسبة الوزن المفقود لثلاثة أحجام حبيبية مختلفة من الفحم المضاف



الشكل (6): العلاقة بين نسبة الفحم ومتانة الإنضغاط لثلاثة أحجام حبيبية مختلفة من الفحم المضاف



الشكل (7): العلاقة بين المسامية الظاهرية ومتانة الإنضغاط لجميع العينات



الشكل (8): العلاقة بين إمتصاصية الماء ومتانة الإنضغاط لجميع العينات

- peat bricks", International Journal of the Physical Sciences , 5(11), 1671-1677(2010).
- 10- G.A.Marahleh , " Production of Light Weight Ceramic Teils from Local Materials", J.Am.App .Sci.,4(2),778-783, (2005) .
 - 11- Jin-Ho Jung , Jung When Yoo , Jin-Uk Lee & Hyung-Tae Kim , " Application of Coal Wastes to Clay Bricks and Investigation of Their Physical Properties " ,Ind.Eng.Chem.,11(2)175-179 , (2005).
 - 12- A.Abdul Kadir1, A.Mohajerani, F. Roddick & J. Buckeridge , " Density, Strength, Thermal Conductivity and Leachate Characteristics of Light-Weight Fired Clay Bricks Incorporating Cigarette Butts" World Academy of Science, Eng and Tech. 53,1035-1040 , (2009).
 - 13- D.A.Okongwu & V. Paranthaman , " Effect of Particle Size of Coal Additive on the Burnt Properties of Clay Brick", Ceramic Bulletin, 68(11),1963-1966, (1989).
 - 14- Dae-Yong Shin & Kyung-Nam Kim , " Preparation of fired bricks as construction materials by replacing clay with municipal incinerator residue slag", J. of Ceramic Processing Research. , 10(6), 739-743 (2009).
 - 15- M.-I. M. Chou, S. F. J. Chou, V. Patel, J. W. Stucki, Ken K. Ho , & F. Botha, " Manufacturing Fired Bricks Containing Coal Combustion by Products", Fuel Chemistry Division Preprints, 2 (47), 839-840 , (2002).
 - 16- P. Chindaprasirt & S. Rukzon, " Strength, porosity and corrosion resistance of ternary blend Portland cement, rice husk ash and fly ash mortar" , Construction and Building Materials , 22(8), 1601-1606 (2008).
 - 1- G. W. Longsine & J. Ham , "Building Brick Houses" , A SANS Whitepaper , 1-15 (October 2007).
 - 2- C.H.Hogue, "Evaluation and Effects of Additives in Brick Manufacturing", Ceramic Bulletin, 49(12),1052-1056,(1970).
 - 3- E.A.Okunade, "The Effect of Wood Ash and Sawdust Admixtures on the Engineering Properties of a Burnt Laterite – Clay Brick " , J.App.Sci.,8(6),1042-1048 , (2008).
 - 4- Lisa Besozzi , "Compression Strength of Brown Clay and Porcelain as a Function of Firing Temperature " ,Report; NSF Grant DMR 0520425 High School Teachers Summer Internship,1-30 (2008) .
 - 5- G. Sarangapani, B. V. Venkatarama Reddy, & K. S. Jagadish , " Brick-Mortar Bond and Masonry Compressive Strength " , J. Mat. in Civ. Engrg. 17(2), 229 -238,(2005).
 - 6- Mikuláš ŠVEDA , " Mathematical Correlations between Properties of Brick in a Dried State " ,J. Mat. Sci., 12, (3)230-236,(2006).
 - 7- M.A. Ramadan, A.M. Saleh, A.T. Taha & M.R. Moharam , " An Attempt to Improve Mechanical Properties of Brick Produced from El-Maghara Coal Washing Plant Waste" Physicochemical Problems of Mineral Processing, 35, 153-160(2001).
 - 8- J.E. Barralet, T. Gaunt, A. J. Wright, I. R. Gibson & J. C. Knowles, "Effect of Porosity Reduction by Compaction on Compressive Strength and Microstructure of Calcium Phosphate Cement", J Biomed Mater Res (Appl Biomater), 63: 1–9(2002).
 - 9- S. Deboucha & R. Hashim "Effect of OPC and PFA cement on stabilised