تأثير إضافة نفايات الزجاج على الخواص الفيزيائية للطابوق المحلي[+]

THE EFFECT OF ADDITION OF WASTE GLASS ON THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF LOCAL BRICK

مجيد عبد الصاحب حميد [*] مرتضى حسين الطويل [*]

المستخلص:

يتطرق البحث لدراسة امكانية الاستفادة من الزجاج المكسر و المطحون المأخوذ من النفايات المتراكمة في المدن كنواتج للعمليات الصناعية او بسبب الاستعمال اليومي للمنتجات الزجاجية، وذلك من خلال استخدامه كبديل وزني جزئي عن التربة المستخدمة في تصنيع الطابوق . تم اضافة الزجاج المكسر او المطحون بنسب وزنية مقاديرها ٥، ١٠، ٢٠ و ٣٠ % الى التربة ثم عجن الخليط مع الماء وصولاً الى"حد التقلص" و صناعة لبنة بابعاد مماثلة لأبعاد الطابوق الطيني المحلي و تجفيفها و فخرها في فرن عائد لاحد معامل الطابوق المحلية لغرض تعريض المنتوج لظروف مشابهه لظروف المنتوج المحلي.

تم اجراء الفحوصات الفيزيائية للنماذج المفخورة مثل فحص مقاومة الانضغاط ،الكثافة ،الامتصاص ، معاير الكسر ، المسامية والتزهر ومقارنة النتائج مع حدود المواصفات القياسية العراقية . وقد اظهرت نتائج الفحوصات تحسن كبير في الخواص الميكانيكية للطابوق الطيني الحاوي على مسحوق الزجاج بنسبة ١٠% وزنية ، حيث ازداد تحمل الانضغاط بنسبة ٩٠% ومعاير الكسر بنسبة ١١٠% والكثافة بنسبة ٦% وانخفض الامتصاص بنسبة ٢٤% . اما بالنسبة للطابوق الحاوي على زجاج مكسر ناعم فقد اظهرت الدراسة زيادة مهمة في مقاومة الانضغاط (٤٨%) و معاير الكسر(١٩٣%) والكثافة(٤%) وتناقص ملحوظ في الامتصاص(٢٠%).

Abstract:

The present paper investigates the ability of using waste glass (as a powder or as a crushed particles) as a partial substitute by weight of the clay used in the manufacturing local clay brick .Crushed glass was added with 5, 10, 20, and 30% to the soil and mixed with water to the "shrinkage limit" and molded to specimens with a dimension similar to that of local clay brick. Then they were dried and fired in a kiln of local brick factory in order to be exposed to the same condition as for local product.

Physical tests were carried on the specimens including Compressive strength, Bulk density , Water absorption , Modulus of rupture, Appearant porosity, and inflorescence. The results were compared with the limits of The Iraqi Specification. The results showed that the addition of powder glass with 10% by weight of clay cause significant improvement in the mechanical characteristics of clay bricks like compressive strength(90% increase) , Modulus of rupture(110% increase), bulk density(6% increase) and Water absorption(24%decrease).

The addition of fine crushed glass with 10% by weight of clay cause an increase in compressive strength (48%) , Modulus of rupture(193%), Bulk density(4%) , and a decrease in water absorption

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠١٠/٥/١٣ ، تاريخ قبول النشر ٢٠١١/٢/٧ .

[*] مدرس/معهد التكنولوجيا-بغداد

المقدمة:

تعاني كثير من دول العالم من مشكلة تراكم المخلفات الصناعية وخاصة المخلفات الناتجة عن تجمع المواد التالفة او المستهلكة بسبب الاستعمال مثل اطارات السيارات والمواد البلاستيكية والزجاج المكسر وغيرها مسببا مشاكل بيئية وصحية تتطلب وضع حلول عملية للتخلص منها عن طريق اعادة الاستعمال او عن طريق الاستفادة منها كبديل جزئي عن بعض المواد الانشائية (سمنت ،رمل،حصى) الداخلة في الخلطات الخرسانية او الاسفلتية [٤،٣،٢،١] . كما ينتج عن حرق النفايات المنزلية في وحدات معالجة النفايات في كثير من بلدان العالم، كميات كبيرة من نفايات صلبة في مواقع الحرق (يطلق عليه خبث حرق النفايات **MIR**) تمثل مشكلة بيئية يجب التخلص منها . فعلى سبيل المثال يتكدس في كوريا وحدها حوالي ٤,٥ مليون طن من الخبث سنويا مماحدى بالباحثين هناك الى اجراء دراسات حول امكانية التخلص من الخبث من خلال استخدامه كبديل جزئي عن الطين المستخدم في تصنيع الطابوق الطيني المفخور [٦،٥]. اظهرت تلك الدراسات الى امكانية مزج الخبث بتسبة لغاية ٥٠% مع احداث تحسن طفيف في مقاومة الانضغاط والكثافة(حوالي ١٠%) وتحسن كبير في تقليل نسبة الامتصاص الكلي (حوالي ٥٠%) مقارنة بالطابوق الطيني العادي على ان يتم الفخر بدرجة حرارة ١٠٠٠ م.

ان نفايات الزجاج تشكل تقريبا ١٥% من مجموع النفايات الصلبةفي العالم و يتكون عادة من ثاني اوكسيد السليكون SiO_2 ،كاربونات الصوديوم $NaCO_3$ ، كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، كاربونات البوتاسيوم K_2CO_3 واكاسيد اخرى لتلوين الزجاج [٧]. ان تشابه هذه المكونات مع مكونات المواد الاولية الداخلة في صناعة السمنت شجع باحثين [٨] على تجربة استخدام الزجاج كبديل جزئي عن المواد الاولية في صناعة السمنت .

يعتبر الطابوق الطيني من أقدم المواد البنائية التي عرفها الانسان ويعتبر لحد الان من المواد التي لا تضاهيها أي مادة بنائية من حيث الكلفة والقوة و مقاومة التغيرات الجوية . يصنع الطابوق الطيني في العراق من الترسبات الطينية الرملية المنتشرة في اكثر انحاء العراق. اما مكونات هذه الترسبات فتختلف من منطقة الى اخرى فعلى سبيل المثال فأن التحليل الميكانيكي يرينا ان التربة المستعملة في منطقة المعامل في بغداد تتكون من ١٣% طين ،٤٥% غرين ،١٧% رمل ناعم ، ٨% رمل خشن وهناك أملاح ذائبة بنسب متفاوتة ٠,٥%-٣% تبعا للمنطقة والعمق [٩]. يصنع بعض الطابوق المحلي بطريقة بدائية والبعض الاخر بطرق نصف ميكانيكية وميكانيكية . ويمتاز النوع الاول بأن جودته منخفضة. البحث يهدف الى تحسين جودة الطابوق الطيني من خلال اضافة الزجاج اليه والاسهام في الوقت نفسه في تخليص البيئة من نفايات الزجاج مقابل زيادة بسيطة في الكلفة.

تجرى على الطابوق الطيني عادة مجموعة من الفحوصات المحددة بموجب المواصفة القياسية العراقية رقم(٢٥) لسنة ١٩٨٨ لتحديد درجة جودته وصلاحيته للاستعمال ومواضع استعماله [١٠]، و يصنف المنتوج وفق هذه المواصفات الى ثلاث اصناف هي صنف – ا، ب ،ج.

الجزء العملي:

١- المواد الاولية :

أ- تربة طينية واطئة اللدونة: تم تهيئة كمية من تربة نظيفة اخذت من عمق ١,٥ متر من الارض من منطقة الزعفرانية . تم اجراء التحليل المنخلي لها وقياس حد السيولة (L.L) وحد اللدونة (P.L) وظهر انها تربة طينية واطئة اللدونة (CL) بموجب التصنيف الموحد .

ب-زجاج : تم استخدام كمية من الزجاج الشفاف من النفايات المنزلية . وتم طحن كمية منها الى مسحوق ناعم عابر من منخل رقم ٥٠ ، في حين تم الاكتفاء بتكسير كمية اخرى الى حبيبات صغيرة بقطر يتراوح ٢-١٠ مم.

٢- تحضير نماذج الطابوق:

تم تهيئة خلطة من التربة والزجاج بشكليه(المسحوق والحبيبات المكسرة) وبنسب خلط متنوعه وحسب الجدول ادناه:

جدول(١):نسب اضافة الزجاج للنماذج المصنعة

	رمز النموذج	عدد العينات	شكل الزجاج	نسبة الزجاج
١	R	١٢	-	صفر
٢	BP5	١٢	مسحوق ناعم *	٥%
٣	BP10	١٢	مسحوق ناعم	١٠%
٤	BP20	١٢	مسحوق ناعم	٢٠%
٥	BF5	١٢	مكسر ناعم**	٥%
٦	BF10	١٢	مكسر ناعم	١٠%
٧	BF20	١٢	مكسر ناعم	٢٠%
٨	BF30	١٢	مكسر ناعم	٣٠%
٩	BC5	١٢	مكسر خشن***	٥%
١٠	BC10	١٢	مكسر خشن	١٠%
١١	BC20	١٢	مكسر خشن	٢٠%
١٢	BC30	١٢	مكسر خشن	٣٠%

* عابر من منخل رقم ٥٠

** عابر من منخل رقم ١٦و متبقي على منخل رقم ٥٠

*** عابر من منخل رقم ٤ و متبقي على منخل رقم ١٦

تم خلط المواد مع الماء وترك العجينة الطينية لمدة اسبوع ، ثم سحب الماء الزائد وصولاً الى " حد التقلص" وعجنت وكبست العجينة في قالب بمكبس يدوي لغرض محاكاة طريقة التصنيع اليدوية.

٣- تجفيف النماذج:

جففت النماذج في جو المختبر بمعدل درجة حرارة٣٠ درجة مئوية لمدة سبعة ايام.

٤- حرق النماذج:

لغرض تعريض النماذج المنتجة لظروف حرق متشابهه من حيث درجة الحرارة فقد تم حرق جميع النماذج المنتجة في هذا البحث دفعة واحدة في فرن حرق لمعمل طابوق في منطقة النهروان في بغداد.

النتائج و المناقشة :

تم اجراء مجموعة من الفحوصات الفيزيائية على النماذج المصنعة والنتائج مدرجة في جدول(٢) تمثل معدل ١٢ عينة. بمقارنة نتائج الاعمدة الثلاثة الاولى(مقاومة الانضغاط،الامتصاص،التزهر) مع حدود المواصفة القياسية العراقية

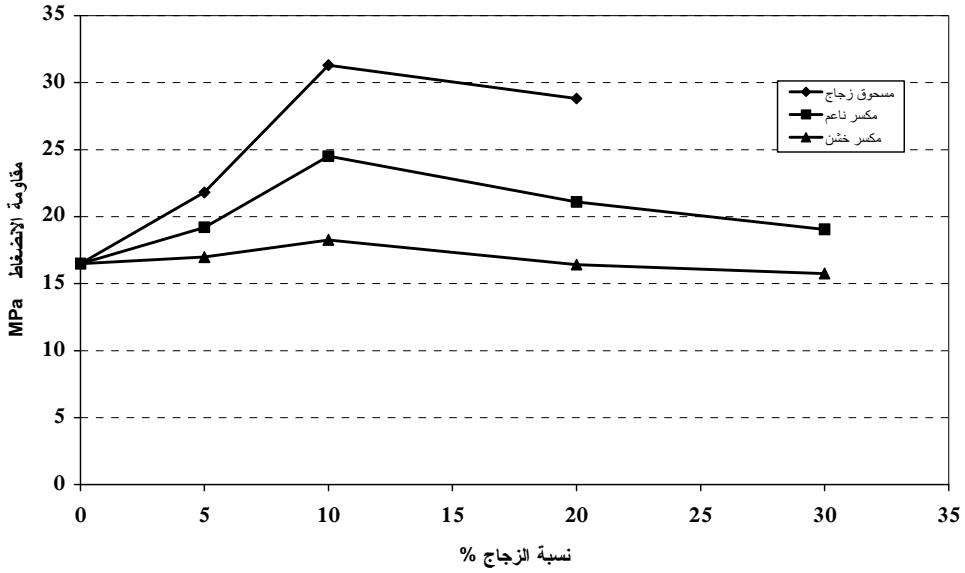
[١٠] ، يظهر بان النموذج R الخالي من الزجاج يقع ضمن صنف- ب في حين عند اضافة مسحوق الزجاج او الزجاج المكسرالناعم بنسبة ٥% او اكثر تصبح النماذج ضمن حدود صنف-أ :

جدول(٢): نتائج الفحوصات الفيزيائية للطابوق

ت	رمز النموذج	مقاومة الانضغاط MPa	الامتصاص %	التزهر	المسامية %	الكثافة العظمى gm/cm2	معاير الكسر MPa
١	R	١٦,٥١	٢٢,٨٥	خفيف جداً	٢٦	١,٩٢٩	٤,٤١
٢	BP5	٢١,٨١	١٧,١٣	خفيف جداً	٢٥	٢,٠١٥	٩,٠٧٥
٣	BP10	٣١,٣٤	١٧,٤١	خفيف جداً	٢٥	٢,٠٤١	٩,٢٧٥
٤	BP20	٢٨,٨١	١٩,٧٢	خفيف جداً	٢٤	٢,٠٨٣	١٠,٣٣٤
٥	BF5	١٩,١٧	١٨,٨٩	خفيف جداً	٢٦	١,٩٨٠	١١,٠١
٦	BF10	٢٤,٥١	١٨,٣٤	خفيف جداً	٢٦	٢,٠١٦	١٢,٩٢٢
٧	BF20	٢١,٠٩	٢٠,١٥	خفيف جداً	٢٧	٢,٠٥٧	١٤,٠٥٣
٨	BF30	١٩,٠٥	٢١,٣١	خفيف جداً	٢٩	٢,٢٣٥	١٥,٠٥٢
٩	BC5	١٦,٦٧	٢٣,٠٥	خفيف جداً	٢٨	١,٩٦٦	٨,٧٥
١٠	BC10	١٨,٢٦	٢٣,١٢	خفيف	٢٩	١,٩٩٥	١٠,٣٣٤
١١	BC20	١٦,٤١	٢٤,٨٠	خفيف	٣٠	١,٩٩١	١٠,٣٣٤
١٢	BC30	١٥,٧٥	٢٥,٠٥	خفيف	٣٠	٢,٠١٥	١٠,٣٣٤

١- **مقاومة الانضغاط :**

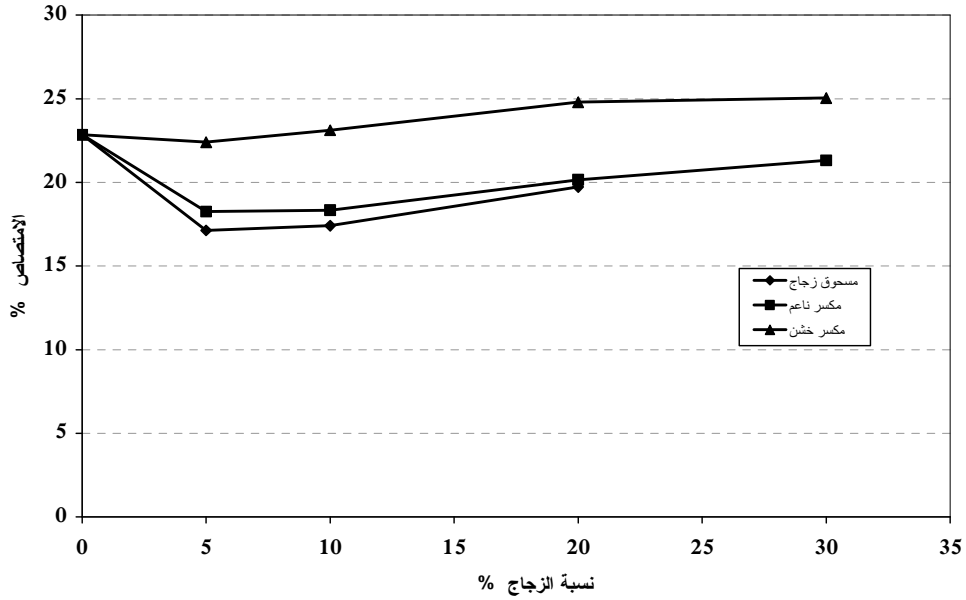
يظهر من جدول (٢) بأن اضافة مسحوق الزجاج الى التربة الداخلة في عمل العينات بنسب وزنية ٥ %،١٠% و ٢٠ % أحدث زيادة في مقاومة الانضغاط قدرها ٣٢ % ،٩٠ %و٧٤% على التولي في حين ان اضافة نفس النسب من الزجاج المكسر الناعم احدث زيادة في مقاومة الانضغاط مقدارها ١٦% ،٤٩% ،٢٨% على التوالي في حين ان مقاومة الانضغاط تناقصت عند اضافة زجاج مكسر خشن. بينما أظهرت الدراسة الواردة في مصدر رقم(٥) بأن اضافة مسحوق الخبث الناتج من عملية حرق النفايات المنزلية العابر من منخل رقم (٣٢) الى الماد الطينية بنسبة ١٠%، ٢٠% ،٥٠% وزنية أحدثت زيادة في مقاومة الانضغاط قدرها ٥%، ٧% ، ٦٠% على التوالي . نتائج البحث الحالي موضحة ايضا في شكل(١) حيث يظهر الزيادة الواضحة في مقاومة الانضغاط نتيجة اضافة الزجاج الى المواد الاولية الداخلة في صناعة الطابوق وخاصة عند اضافته بشكل مسحوق ناعم مقارنة بالطابوق الخالي من الزجاج. الشكل يظهر ايضا ان تأثير مسحوق الزجاج في زيادة تحمل الانضغاط يكون اكثر من تأثير الزجاج المكسر. يمكن ان يعزى ذلك الى انصهار مسحوق الزجاج اسرع من الزجاج المكسر مما يسبب في سد الفراغات الموجودة في الطابوق . كما يظهر بشكل واضح ان النسبة المثلى للزجاج المضاف هي ١٠% من وزن التربة المستخدمة.



شكل(١): تأثير إضافة الزجاج على مقاومة الانضغاط للطابوق

٢ – <u>الامتصاص:</u>

يتبين من جدول (٢) بان اضافة ١٠ % من مسحوق الزجاج سبب تناقص ٢٤% في خاصية الامتصاص و ان اضافة نفس النسبة من الزجاج المكسر الناعم سبب تناقص١٣% . النتائج موضحة ايضاً في شكل(٢). حيث يظهر بوضوح ان النسبة المثلى للزجاج المضاف المطلوبة لتقليل الامتصاص هي١٠ %.



شكل(٢): تأثير إضافة الزجاج على إمتصاص الطابوق

٣- التزهر:

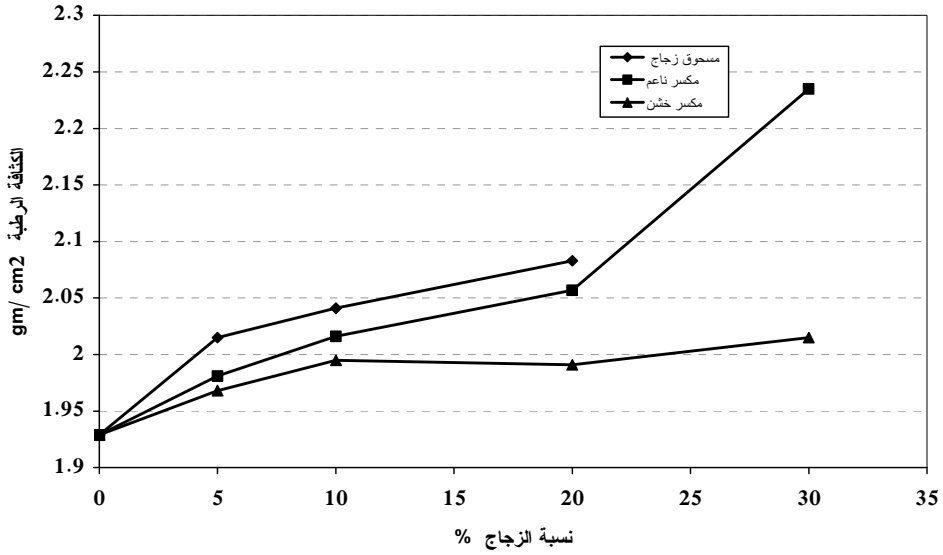
اظهرت النتائج عموما تزهر خفيف جدا للطابوق الحاوي على مسحوق الزجاج او زجاج مكسر ناعم وتزهر خفيف للطابوق الحاوي على زجاج مكسر خشن كما هو مدرج في جدول(٢). السبب يعزى ان التربة المستخدمة لعمل النماذج ذات محتوى املاح قليل و ماخوذة من موقع ذو منسوب مياه جوفية واطئ.

٤- المسامية:

يلاحظ من جدول(٢) تناقص محدود في مسامية الطابوق الحاوي على مسحوق زجاج يصل لغاية ٧ % في حين لم يحدث تناقص في مسامية الطابوق الحاوي على زجاج مكسر ناعم . يمكن ان يعزى ذلك الى انصهار مسحوق الزجاج و غلقه مسامات الطابوق في حين كان الانصهار محدود في حالة الزجاج المكسر . وعموما فان خاصية المسامية ترتبط الى حد كبير بطريقة بزل الماء الزائد في عجينة الطابوق وبدرجة قليلة بطبيعة مكونات المواد الداخلة في صناعة الطابوق. وبما ان جميع النماذج في هذا البحث صنعت في نفس الضروف فلم يحدث تفاوت ملحوظ في المسامية

٥- الكثافة العظمى:

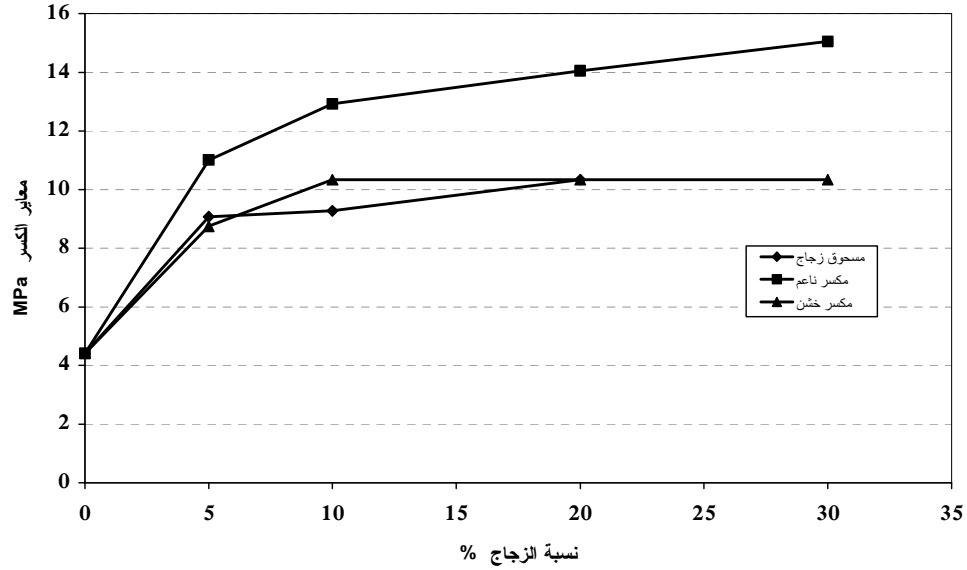
يلاحظ من جدول(٢) بان نسبة زيادة ٦ %في كثافة الطابوق الحاوي على مسحوق الزجاج او زجاج مكسر ناعم مضاف بنسبة ١٠ % في حين بلغت تلك الزيادة ٣ % للطابوق الحاوي على زجاج مكسر خشن و كما هو موضح في الشكل(٣) ، و يعزى ذلك الى تداخل وانصهار الزجاج في الفراغات بين حبيبات التربة.



شكل(٣): تأثير إضافة الزجاج على كثافة الطابوق

٦- معاير الكسر:

تم اجراء فحص معاير الكسر باسناد العينة على مسندين نقطيين المسافة بينهما ٢٠ سم و تسليط حمل مركز في وسط الفضاء بينهما . نتائج فحص معاير الكسر مبينة في شكل(٤) حيث يظهر من الشكل بان اضافة مسحوق الزجاج بنسبة ١٠ % سببت زيادة عالية في معاير الكسر(١١٠ %) و ان اضافة نفس النسبة من الزجاج المكسر الناعم ينتج عنه زيادة قدرها ١٩٣ % في معاير الكسر ، ممايقلل من خسائر المنتوج الناجمة عن المناولة والنقل اثناء الانشاء والتشققات الناجمة عن الهبوط البسيط للتربة بعد الانشاء.



شكل(٤): تأثير إضافة الزجاج على معاير الكسر للطابوق

الاستنتاجات:

١-ان اضافة الزجاج بنوعيه المسحوق و المكسر الناعم الى التربة الداخلة في صناعة الطابوق أحدث تحسن في الخواص الفيزيائية للعينات المصنعة من الطابوق الطيني في هذا البحث من خلال زيادة مقاومة الانضغاط ومعاير الكسر وتقليل الامتصاص مما يحسن من جودة المنتوج ويقلل من عيوب الطرق البدائية في صناعته.

٢- ان اضافة مسحوق الزجاج الناعم العابر من منخل رقم ٥٠ بنسبة ١٠% اعطى اعلى معدل مقاومة انضغاط للطابوق الحاوي على زجاج (٣١ نت/مم٢) مقارنة بالطابوق العادي(١٦,٥ نت/مم٢) مما يمكن تصنيف الاول ضمن صنف- أ طبقاً للمواصفة القياسية العراقية للطابوق الطيني بينما يقع الثاني ضمن حدود صنف ب. كما بينت النتائج ان الطابوق الحاوي على ٥% مسحوق زجاج يقع أيضاً ضمن حدود صنف – أ طبقاً للمواصفة المذكورة.

٣- ان اضافة الزجاج المكسر الناعم (عابر من منخل رقم ١٦ ومتبقي على منخل رقم ٥٠)بنسبة تصل الى ٣٠% يسبب زيادة متوسطة نسبيا في مقاومة الانضغاط للطابوق الطيني.

٤- ان اضافة الزجاج المكسر الخشن (عابر من منخل رقم ٤ ومتبقي على منخل رقم ١٦) يسبب زيادة قليلة في مقاومة الانضغاط للطابوق الطيني.

٥- ان النسبة المثلى لاضافة الزجاج على اختلاف مقاساته لغرض تحسين الخواص الفيزيائية المهمة للطابوق الطيني هي ١٠%. كما أن نسبة ٥% كافية لاحداث تحسن نوعي في خواص الطابوق تجعله ضمن حدود صنف – أ للمواصفة العراقية.

التوصيات:

١-عمل دراسات مستقبلية موسعة حول الية اضافة مسحوق الزجاج (العابر من منخل رقم٥٠) بنسبة ٥ % من التربة الداخلة في صناعة الطابوق ضمن الخطوط الانتاجية لمعامل الطابوق المحلية وخاصة البدائية منها

في مواقع مختلفة من العراق بالتعاون مع وزارتي الصناعة والبيئة لغرض تحسين من كفاءة الانتاج وجودة المنتوج مقابل زيادة بسيطة في كلفة الانتاج(كلفة التجهيز والطحن للزجاج) ، وكذلك لغرض التخلص من نفايات الزجاج والتي تعتبر احدى مصادر التلوث البيئي.

٢-عمل دراسة مستقبلية بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة لغرض التوصل الى الية تجميع نفايات الزجاج على ضوء دراسة الطرق المعمولة في كثير من دول العالم و تصميم خطوط انتاجية لطحنه ونخله وخلطه مع التربة الداخلة في صناعة الطابوق.

المصادر:

1-C Shi, Y Wu, C Riefler H Wang,"Characteristics and Pozzolanic Reactivity of Glass Powders "*Cement and Concrete Research*, 2004.

2-Ahmad Shayan, "Value-added Utilisation of Waste Glass in Concrete", *Iabse Symposium Melbourne,* 2002.

3- Eldin, N. N., & Senouci , A. B. ," Rubber-tire Particles as Concrete Aggregate" ,*Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, pp. 478-496, 1993.

4- Chesner, W. "Waste Glass and Sewage Sludge Ash Use in Asphalt Pavement" ,Utilization of Waste Materials in Civil Engineering Construction ,American Societyof Civil Engineering, 1992.

5- Dae-Yong shin & Kyung-Nam Kim, "Preparation of fired bricks as construction materials by replacing clay with municipal incinerator residue slag" ,*Journal of ceramic processing research* ,Vol. 10 ,No. 6 ,pp. 739-743 ,2009.
6- Kae long Lin , " Feasibility study of using brick made from municipal solid waste incinerator fly ash slag " *Journal of hazardous materials* , Vol. 137 , issue 3 , pp. 1810-1816, 11october 2006
7-P. Turgut, E. S. Yahlizade , "Research into Concrete Blocks with Waste Glass" , *International Journal of Environmental Science and Engineering* , 1/4/2009.
8- Z. Xie and Y. Xi ,"Use of recycled glass as a raw material in the manufacture of Portland cement", *Material & Structures Journal* ,Vol. 35,No. 8, pp.510-515, 2002.
٩- يوسف الدواف، *"انشاء المباني و المواد الانشائية* " ، جامعة بغداد ،١٩٧٦ .
١٠- المواصفة القياسية العراقية رقم (٢٥) لسنة ١٩٨٨.