تقييم الالواح الخرسانية المنتجة محلياً (حجر صناعي) لتغليف الواجهات ومقارنته بالحجر الطبيعي الجيري [+]

EVALUATION OF ARTIFICIAL STONE (LOCAL TILE) AND COMPARED WITH NATURAL STONE

ابتسام فائق ناصر [*]

المستخلص:

ان التطور الحضاري لأي بلد في العالم يقاس بالتطور العمراني له ، والعراق بلد عريق بحضارته التي تشهد لـــهُ باستخدام مواد بنائية كثيرة كالحجر والطابوق . حالياً نرى مواد حديثة جاهزة تدخل القطر وتستعمل لتغليف الواجهات مثل مقاطع المعادن ، الزجاج ومادة جديدة اخـــرى هي الحجر الصناعي التي باشرت احدى المعامل المحلية بانتاجها . رغبة منّا في تقصي المواد الداخلة في انتاج هذهِ المادة ومعرفة كلفتها وملائمتها للتغليف ارتئينا عمل هذا البحـــث لتقييم المنتج ومقارنته بالحجر الطبيعي الجيري . أجريت بعـــض الفحوصـــات المختبريـــة التـــي تـــضمنت (فحـــص الامتصاص الكلي ، الكثافة ، الانضغاط ، معاير الكسر) وتم الحصول على النتائج المبينة : الامتصاص بلغ 5.182% ، الانضغاط بلغ 2.1 نت/ ملم^{2}، الكثافة بلغت 2159.92 كغم / م^{3} ، معاير الكسر بلغ 6.32 نت / ملم^{2} .

تعتبر هذهِ النتائج جيدة وضمن حدود المواصفة الامريكية للحجر الجيري الطبيعي ذات الرقم C99-87 و C217-85 و C170-87 وتوصلنا انه اقرب الى الصنف (ب) حسب المواصفة العراقية ذي الرقم 1989 – 1387 والخاصـــة بالحجر الجيري في كل الفحوصات ما عدا فحص الانضغاط حيث ان سمك الحجر المنتج يبلغ 2.5 سم لذلك اعتمـــدنا بالفحص المدرج للانضغاط للكاشي الخرساني وكان ايضاً ناجحاً في ذلك الفحص . ومن ناحية الكلفة فهو يمثل نصف كلفة الحجر الجيري الطبيعي .

Abstract:

Civilized development for a country is measured by development of constriction in it .

Iraq country of oldest and elevated civilization which used rang construction material like stone and brick . Now a day used in many cast material which took plentiful place like metal and glass and new material called Artificial stone which one of our factory started of producing a facing tile just like natural ston In this research we studies the aggregates that used to produce this material and its cost , and compared with natural stone . Tests were made included absorption , density , compressive strength , modules of rupture . results were as follow : absorption reach 5.182% , compressive strength were : 2.1 N/mm2 , density were : 2159.92 kg/m^3 , modules of rupture were 6.32 N/mm^2 . The results obtained considered to be good with in bounding of American specification for natural limestone (C170-87 , C 217-85 and C99-87) , it showed near to class (B) according to Iraqi specification No . (1387 – 1989) which deals with line stone .

[+]تاريخ استلام البحث ٢٠١٠/٩/٢٦ ،تاريخ قبول النشر ٢٠١١/٥/٣٠ .

[*] مدرس مساعد/ معهد تكنولوجيا / بغداد

In all experiments accept the experiment of compressive as the thickness of produced stone is (2.5 cm) , for this reason the gradient compressive test of concrete tiles was obtained and it was successful. In term of cost artificial stone represents half the cost of the natural stone .

المقدمة:

اهمية البحث

في ظل التطور العمراني الذي شهده القطر منذ منتصف السبعينات بدأ الطلب يزداد على المواد الأولية الداخلة في الصناعات الإنشائية [1] تشير الدراسات إن الاحتياطي المتوقع للصخور الجبسية والكلسية المستخدمة لأغراض إنتاج السمنت والجص كثيرة جدا بينما الأطيان اللازمة لصناعة الطابوق قليلة وذلك لتعارضها مع محددات البيئة الزراعية والنوعية. وكذلك تزداد كلفة نقل الحجر حالياً بسبب بعد المقالع عن بقية مناطق العراق . ان البحث المتجدد لإضفاء الصفة الجمالية للأبنية أدى إلى العمل إيجاد أحسن المواد البنائية التي تعطي المظهر الجميل فضلا عن الوظيفة الإنشائية لها.لذلك وجدت مواد التغليف لسد ذلك الطلب المتزايد إن كل ذلك يشجع على التوجه للتفكير بإنتاج بدائل في حالة بداية النضوب للاحتياطات الموجودة في القطر.

الهدف من البحث :

١- تقييم خصائص البلاطات الخرسانية المنتجة محليا من مقاومة انضغاط ومعاير كسر وامتصاص ماء وكثافة.

2- مقارنة النتائج مع خصائص الحجر الجيري .

3- دراسة الجدوى الاقتصادية لهذا المنتج في حالة استعماله كمادة تغليف بدلا عن الحجر الجيري .

الجانب النظري

مقدمة :

إن اهتمام العراقيين بالبناء يرجع إلى آلاف السنين فالآثار الشاخصة تدل على التقنيات العالية لاستخدام مواد البناء بشكل امثل بحيث يحفظ لنا تلك الحضارات المتعاقبة وتلك النقوش الرائعة على المعابد والصروح وان دلت على شيء فهي تدل على مهارة الإنسان العراقي في تزيين الواجهات للتعبير الأمثل عن دلالة المكان وأقدم مواد البناء في العراق تشمل في مرحلة تل حسونة (اسم اثري لتل يقع على أطراف دجلة) حيث استخدمت فيها كتل الطين ثم تطورت إلى الطابوق ثم البلاط الطيني المقولب[2] اما الحجر فبسبب اقتصار وجوده في العراق في مدن محدودة قريبة من مصادر الحجارة كما هو الحال في الموصل واربيل. فقد واصلت هذه المحافظات مورثها المعماري باستخدام كتل الحجارة الاعتيادية والمستخدمة في تشييد المباني باستخدام حجر المرمر و الصوان والحلان في بناء الجدران وتنفيذ الزخارف [3] وقل استخدامه في بضعة محافظات نظرا لكلفة نقله الباهظة وهو لا يتناسب مع درجات الحرارة العالية لكن تم استخدامه كمادة تغليف وهو ماشاع منذ منتصف الثمانينات ولحد الآن .

بعض أنواع المواد المستخدمة لإنهاء الواجهات:

إن مواد الإنهاء كثيرة جدا وسنتطرق هنا إلى البعض منها والسائد الاستعمال حاليا :

الحجر

يعتبر الحجر المادة المفضلة للمباني الدائمية وهو في الحقيقة المادة السائدة حتى وصولنا للقرن العشرين . فبدأ يتطور بسبب الميزات المتأصلة فيه من جمال ودوام واقتصادية فأصبح يستعمل للتغليف ونرى الان اقبال الناس على هذا النوع من التغليف فأنتشرت المكاتب المتخصصة لتصميم الواجهات والتي تمزج بين الحجر والسيراميك والاصباغ وغيرها ويتم تثبيته بواسطة كلاليب معدنية او مشبك حديدي ، ونرى انتشار هذا النوع من التغليف حالياً بكثرة في بغداد.

التغليف بالمعدن

المعادن من المواد البنائية التي احدثت ثورة في الاشكال البنائية والمعمارية واولها معدن الحديد بنوعيه الزهر والمطاوع ثم الفولاذ ثم ظهر الالمنيوم والنحاس التي استخدمت كصفائح معدنية لتشكيل واجهات وسقوف البنايات . [4]وقد اظهرت نماذج العمارة الحالية مدى جمالية صفات وخصائص المعدن .

الواجهات الزجاجية

بعد ان كان الزجاج عنصرا ثانويا في العمارة جاءت الماكنة لتساهم في اعانة الانسان على ابراز شفافيته وتزودنا بمادة جديدة تتنوع من حيث السماكة والابعاد والالوان والملمس . واصبحت مساحات واسعة من الواجهات الخارجية على هيئة جدران شفافة معلقة بالهيكل الإنشائي العام ويتم ذلك باستخدام طبقات مزدوجة مكونة لهذه الجدران او بزيادة سمكها تربط بكلاليب معدنية .ان الغرض من هكذا واجهة هو لتحقيق انعكاس جميل للمناظر المحيطة وخصوصا في مناطق مفتوحة ومباني عالية حيث تعكس الغيوم والاشجار نهارا والانوار المنعكسة ليلا ويكون الزجاج المستعمل من النوع العاكس والذي يصنع بطلاء طبقة من المعدن والذي يوفر الخصائص المطلوبة ويقلل من الحرارة الواصلة للمبنى عن طريق عكس الاشعة الغير مرغوب بها الى الخارج.[5]

الحجر الصناعي :

هو ابتكار ألماني بدأ استخدامه حديثا لأكساء المباني من الخارج ويمكن تعريفه بأنه بلاط خرساني مصنع من خلطة خرسانية ذات مواصفات متفوقة ونسب مدروسة من السمنت كمادة رابطة وركام ذا قساوة عالية ورمل زجاجي وتتم معالجة الخلطة معالجات كيمياوية وفيزياوية لتحسين اداء الربط الاسمنتي . ان السمنت المستعمل هو اسمنت ابيض يمتاز بالثبات وعدم التصلب السريع الذي يؤدي الى تشققات داخلية والركام الخشن والذي يكون بمقاسات محددة ومتجانسة ومن النوع الذي ليس له القدرة على امتصاص الماء وناجح في تحمل الضغط والشد وبألوان متدرجة من الازرق الغامق الى الابيض الفاتح اما الرمل والذي يستعمل بألوان مثل الاحمر او الاصفر ويمكن استعمال الالوان معه لأعطاء الوان مختلفة للحجر . [٦]

اما المواد الكيمياوية المضافة فهي مواد ملدنة تعمل بمثابة المغذي الرئيسي للحجر من ناحية الماء : اذ عند اضافة هذه المواد لمكونات الحجر اثناء عملية الخلط وسكب العجينة ضمن القوالب تقوم بطرح الماء من داخل العجينة الى السطح بحيث تعطي العجينة افضل نسبة من الماء وتقوم بفرز الباقي الى سطح العجينة وهي تقوم بدور الملدن للعجينة بحيث تعمل على تفريغ فقاعات الهواء من داخل العجينة وهي تكسب العجينة مقاومة خلال 24ساعة بعد وضعها داخل رفوف حرارية بنفس المقاومة التي تحققها العجينة خلال 20 يوما ولكن بدون هذه المواد . ان نسب الخلط المستخدمة هي نسب وزنية : 1 سمنت : ٢ رمل : ٣ حصى ، ونسبة ماء : سمنت = 0.2 ، يستخدم الحجر الصناعي حاليا بكثرة

لتغليف الواجهات وأصبحت معامل كبيرة متخصصة في هذا الإنتاج وبأشكال مختلفة تطرح بكثرة في الأسواق العربية والعالمية وأخيرا المحلية (صورة رقم ١)

صورة رقم (١) الحجر الصناعي

قوالب الحجر الصناعي:

القوالب لا تدهن بأي مادة قبل عملية التصنيع وهي سهلة الفتح بعد تحول العجينة إلى حجر لأن القالب من النوع الأملس ولا يوجد فيه خشونة ولا يسمح للعجينة الالتصاق به ويتراوح العمر الإنتاجي للقالب ما بين 200-250متر مربع للقالب الواحد ويمكن استخدامه إلى أكثر من ذلك ولكن يفقد القالب الدقة في الشكل الهندسي للحجر.

التغليف بالحجر الصناعي:

هناك عدة طرق للتركيب وطريقة التي أثبتت إمكانيتها على الحفاظ على مكان الحجر وعدم الفصل بينه وبين مونته مما يؤدي إلى سقوط الحجر . على عامل تركيب الحجر أن يقوم قبل تركيب الحجر بعملية شربته على المكان المراد لصق الحجر عليه(الشربته) هي عبارة عن رشة من أسمنت+رمل مضاف إليه الماء ليصبح خلطة لزجة ويقوم برش هذه الخلطة بشكل عشوائي على المكان المراد لصق الحجر عليه ويجب ترك هذه الرشة عدة أيام قبل تركيب الحجر ليتحول المكان المراد اللصق عليه من أملس إلى خشن وحصولها على القساوة المطلوبة .ولا تتم عملية دهان الجانب الخلفي للحجر بالماء مضاف إليها الاسمنت لأن طريقة تصنيع الحجر الصناعي لا تكسب الحجر الأتربة وغير ذلك وبسبب وجود الحصويات والأسلاك المعدنية على الجانب الخلفي للحجر والتي ساعدت على عملية الربط بين المونة والحجر وان أفضل طريقة لتركيب الحجر وأكسابه جمالية في التركيب هو عدم تركيب الحجر فوق الأخر مباشرة حيث يجب ترك مسافة تعادل1 سم بين حجر واخر من الجانب الأفقي بحيث يكون الصف الأول من الحجر معزول عن الصف الثاني من الحجر والصف الثاني معزول عن الثالث وهكذا والفاصل بين الصف والأخر هو عبارة عن مونه تركيب تكون بشكل أفقي على أمتداد الصف بارتفاع ١ سم . يتعرض الحجر لعملية التمدد والتقلص التي تسببها العوامل الجوية فهذا الفاصل يمنع من عملية الفصل بين المونة والحجر أثناء التمدد والتقلص . ويمكن بعد الأنتهاء من عملية التركيب أضافة لون أسود مثلا على الفاصل ليعطي جمالية للحجر ومن هنا يتم الحصول على جمالية للتركيب والحفاظ

على مكان الحجر لمدة أطول.وبالنسبة لألوان الحجر الصناعي فهي صبغات سائلة تتناسب مع الحجر الصناعي ويتم استيرادها من ألمانيا فهي خاضعة لتحاليل ودراسات وأثبتت أن عمرها يتراوح مابين ٣٢سنة الى ٣٥سنة لتبقى زهوة اللون ساطعة على مادة الحجر وبعد ذلك تتحول إلى اللون العادي أي لا يتغير اللون ولكن تختفي بعد ٣٢ سنة زهوة اللون(سطوعه).ويمكن تطبيق عملية التعتيق على الحجرالصناعي. ويعد التعتيق فن في دمج الألوان وهو يحتاج إلى الخبرة[6].

مواصفات الحجر الصناعي:

- مقاوم للعوامل الجوية
- عازل للحرارة والرطوبة
- تزهره معدوم
- إمكانية واسعة لتعدد الألوان والديكورات
- يمتاز بالقساوة العالية
- ثبات الألوان
- نسبة الامتصاص للماء بحدود ٢% . [٦]

الحجر الجيري:

تعريف الحجر الجيري (Limestone):

الحجر الجيري: هو نوع من أنواع الصخور الرسوبية وغالباً ما يحتوي على كميات متفاوتة من السيليكا في صورة شوائب وكذلك كميات متفاوتة من الطين والطمي والرمال. الحجر الجيري النقي غالباً ما يكون أبيض اللون، لكن الشوائب مثل الطمى والرمل وأكاسيد الحديد تجعله يتلون بألوان مختلفة. ويوجد في القشرة الأرضية بكثرة[7].

تواجده في الطبيعة:

يتكون الحجر الجيري بطرق ترسيب آلية أو كيميائية أو عضوية ونجد أن بقايا الكائنات الحية هى أهم المصادر الرئيسية لمحتويات الحجر الجيرى. ووجد أن أكثر صخور الحجر الجيري قد تترسب في مناطق استوائية إلى شبه استوائية،وفى بيئات ضحلة يقل عمق الماء فيها عن (15متر) حيث يتوفر فيها الضوء والحرارة والمواد الغذائية. وله عدة أنواع مثل: الحجر الجيري العضوي و الحجر الجيري الفتاتي و الحجر الجيري الكيميائي.

والمتعارف عن الحجر الطبيعي بكافة أنواعه بأنه أملس من الجانب الخلفي نتيجة التقطيع يعد ذلك عائق أمام المدة الزمنية للحفاظ على بقاء الحجر ثابت لفترة طويلة من الزمن على المكان الملصق عليه وخصوصا في المباني المرتفعة التي تتعرض الى اهتزازات ناتجة عن العوامل الجوية وهذه الاهتزازات تؤدي إلى عملية تحريك الحجر ولقيام بفصل بين الحجر ومونته وهذا ما نشاهده اليوم في المباني المرتفعة المكسية[6]. يتواجد الحجر الجيري في العراق في منطقة السليمانية ومنطقة كفري شمال الموصل .

الجانب العملي :

تحديد المواد الأولية الداخلة في تصنيع البلاطات المحلية:

1- **السمنت** : السمنت المستخدم هو سمنت ابيض نوع طاس لوجه وهو مطابق للمواصفات العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤.

جدول رقم (١) التحليل الكيمياوي لنسب مكونات السمنت المستعمل وحدود المواصفة القياسية العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤

Compound composition	Abbreviation	Percentage By Weight	Limits of Iraqi Specification No.5/1984
Silica (%)	SiO_2	21.8	-
Lime (%)	CaO	60.3	-
Alumina (%)	Al_2O_3	4.70	-
Iron Oxide (%)	Fe_2O_3	3.5	8
Sulfate	SO_3	2.3	3% ≤
Magnesia (%)	MgO	2.16	5% ≤
Loss On Ignition (%)	L.O.I	2.7	4% ≤
Lime Saturation Factor	L.S.F	0.86	0.66 – 1.022
Insoluble Residue (%)	I.R	1.3	1.5 ≤

جدول رقم (٢) الخواص الفيزياوية للسمنت المستعمل في البحث

Physical Property	Test result	Limits of sp. No
Specific Surface Area	309	230 kg/m^2 (min)
Setting time Initial hrs : min Final hrs : min	 3:15 4:30	 0:45 (min) 10:0 (max)
Compressive strength (N/mm^2) 3 days 7 days	 19.26 27.04	 15 (min) 23 (min)
Whiteness degree	78	78

الركام الناعم Fine Aggregate :

استعمل رمل الاخضير المطابق للمواصفات العراقية رقم ٤٥ لسنة ١٩٨٤

جدول رقم (٣) التحليل المنخلي للركام الناعم

رقم المنخل (ملم)	% المار	حدود المواصفة العراقية ٤٥ لسنة ١٩٨٤
4.75	99	90 – 100
2.23	87	75 – 100
1.18	76	55 – 90
0.6	47	35 – 59
0.3	18	8 – 30
0.15	6.4	0 – 10
0.075	1.2	0 - 3
معامل النعومة 2.32		
الوزن النوعي 2.61 ونسبة الاملاح 0.07 ونسبة امتصاص 0.16		

الركام الخشن Coarse Aggregate:

تم استعمال حصى نهري من منطقة النباعي بمقاس يتراوح بين ٥ – ١٠ ملم ومطابق للمواصفة العراقية رقم (٤٥) لسنة ١٩٨٤ .

جدول رقم (٤) التحليل المنخلي للركام الخشن

رقم المنخل (ملم)	% المار	حدود المواصفة العراقية ٤٥ لسنة ١٩٨٤
12.5	100	100
9.5	99	85 – 100
4.75	16	0 – 25
2.23	1.8	0 - 5
معامل النعومة 2.48		
الوزن النوعي 2.63 ونسبة الاملاح 0.07 ونسبة امتصاص 0.5		

4- المضافات:هي ملدنات متفوقة مجهزة محلياً من الاسواق والمعروفة تجارياً بأسم Melement L10 وكيميائياً Melamine Formaldehyde Condensate والمبينة خواصه في جدول رقم (٥) والاسلوب الذي أتبع عند استعماله

هو تحديد الكمية المضافة بحالته السائلة كنسبة من وزن الأسمنت تحدد مواصفات الجمعية الامريكية للفحص والمـواد (ASTM c494 – 1982) التي تعرف الملدن المتفوق بأنه المضاف الذي يقلل المحتوى المائي بما لا يقل عـن ١٢% بأن يتم تحديد كمية المضاف من تجارب مختبرية او من مواصفات فنية وتعليمات للشركة المنتجة .

5- نسبة الماء الى السمنت تتراوح بين 0.2 و 0.35 .

جدول رقم (٥) خواص الملدن المتفوق المستعمل

المادة	النسبة
نسبة المادة الصلبة في المحلول (التركيز)	%٢٠
الكثافة Density	١٠١ غم / سم^{٣}
محتوى الكلوريدات chloride content	% 0.005 >
محتوى السكريات sugar content	لا يوجد
الرقم الهيدروجيني PH value	٩ – ٧
فترة الخزن (وعلى ان لا يعرض الى حرارة عالية)	لا تزيد على سنتين

جدول (٦) المتطلبات الفيزيائية للملدن المتفوق بموجب المواصفات الامريكية (ASTM C494 type F – 1982)

نوع الفحص	بموجب الفحص المختبري	متطلبات المواصفات
المحتوى المائي، نسبة مئوية من الخلطة المرجعية كحد اعلى	80.6	88
مقاومة الانضغاط ، نسبة مئوية من الخلطة كحد ادنى		
عمر يوم واحد	194	125
عمر (٣) أيام	202	115
عمر (٧) ايام	173	110
عمر (٢٨) يوم	129	110
مقاومة الانثناء، نسبة مئوية من الخلطة المرجعية، كحد ادنى		
عمر (٣) ايام	215	110
عمر (٧) ايام	205	100
عمر (٢٨) يوم	138	100
انكماش الجفاف ، ما زاد عن الخلطة المرجعية كحد اعلى	0.004	0.01

زمن التجمد الابتدائي والنهائي للخرسانة		
زمن التجمد الابتدائي / لا يقل ولا يزيد عن زمن التجمد للخرسانة المرجعية	يزيد بـــ (٦٠) دقيقة	لا يقل عن ساعة ولا يزيد عن ساعة ونصف
زمن التجمد النهائي / لا يقل ولا يزيد عن زمن التجمد للخرسانة المرجعية	يزيد بـــ (٤٥) دقيقة	كذلك

النسب المستخدمة في الخلط

اجريت عدة خلطات تجريبية على المنتج لموادها الاولية السمنت والرمل والحصى حتى تـــم اختيـــار انـــسب الخلطات وكانت بنسب ١ سمنت : ٢ رمل : ٣ حصى ووجد في انتاج هذه البلاطات ان احسن نسبة ملدنات مضافة هي 0.2 من نسبة الماء الى السمنت وبنسبة ماء الى سمنت = 0.2 أي ان نسبة الملدن = 0.4% من وزن السمنت.

زيارة المصنع وتحديد طريقة انتاج الحجر

تم زيارة المصنع الكائن في بوب الشام صورة رقم (٢) وذلك للتعرف على الأجهزة والأدوات والمواد الداخلة في إنتاجه وطريقة تصنيعه.

صورة رقم (٢) مصنع انتاج الحجر الصناعي المحلي

وسنتطرق الآن إلى شرح طريقة إنتاجه:

يتم أولا تحضير المكونات(سمنت ورمل وحصى) من أجل التصنيع ثم توضع هذه المواد(الرمل والحصى) بالماء لمدة ٢٤ ساعة لتنظيفها من الشوائب الكلسية المترسبة على الحصى وبعد مرور ٢٤ ساعة يتم شفط الماء الذي يحوي على الشوائب وبعد ذلك يتم وضع هذه المواد (الاسمنت والرمل الحصى) داخل خلاطه لخلط المواد صورة رقم (٣) والحصول على العجينة بعد إضافة الماء إليها وهذه العملية تحتاج إلى ربع ساعة تقريبا. بعد الحصول على العجينة يتم تجهيز القوالب (وهي قطع بلاستيكية مصنعة مسبقا تحوي على رسومات وأشكال هندسية وذات مقاسات معينة) ثم يتم سكب العجينة داخل هذه القوالب بنسب ثابتة ومعينة ومن ثم يتم وضع القالب على هزاز (وهو عبارة عن آلة مسطحة أفقية تقوم بعملية الاهتزاز من أجل نشر العجينة داخل القالب وبمنسوب واحد وتقوم بعملية تفريغ العجينة من فقاعات الهواء وبهذه العملية تعمل العجينة على نسخ الرسم أو شكل القالب) ثم بعد ذلك تتم عملية رش بعض الحصى الناعم على ظهر العجينة وإدخال بعض الأسلاك المعدنية إلى العجينة مع بقاء نصف الأسلاك خارج العجينة لكي تكون بمثابة

الرابط القوي أثناء تركيب الحجر بين الحجر ومونته فهي نصفها مثبت داخل الحجر ونصف الأخر سوف يصبح داخل مونه تركيب الحجر على غرار الحجر الطبيعي الذي يعد أملس من الجانب الخلفي وبعد عملية زرع الحصى الناعم والأسلاك المعدنية داخل العجينة يتم نقل القالب الذي يحوي على العجينة إلى الرفوف صورة رقم (٤) وهي ثابتة ولا تتحرك وتحوي على هيترات حرارية من أجل الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للعجينة وتبقى القوالب داخل الرفوف لمدة ٢٤ ساعة وبعد ذلك يلاحظ إن العجينة تحولت إلى حجر صلب ويمكن تركيبه على الفور ثم أخيرا يتم فك القوالب وإخراج الحجر من داخلها.

صورة رقم (٣) الخلاط

صورة رقم (٤) رفوف توضع داخلها القوالب

<u>الفحوصات المختبرية:</u>

فحص الامتصاص الكلي:

اجري الفحص بموجب المواصفة الامريكية ASTM C97-83 [٨] .

واستخدم القانون التالي لحساب الامتصاص الكلي .

$$\text{الامتصاص الكلي} = \frac{W_3 - W_2}{W_2} * 100 \quad \text{----} \quad (١)$$

حيث ان W_2 يساوي وزن النموذج الجاف (غم)

W_3 يساوي وزن النموذج المشبع الجاف السطح (غم)

فحص الكثافة:

اجري الفحص بموجب المواصفة العراقية لعام ١٩٨٩ [٩] واستخدم القانون التالي

$$\text{الكثافة ووحداتها } kg/m^3 = \frac{\text{الوزن (W) كغم}}{\text{الحجم (V) م}^3} \quad \text{---} \quad (٢)$$

علما إن أبعاد الحجر هي:

الطول: 0.195m ، العرض:0.190m ، السمك:0.025m

1			
	2	5	
		3	
			4

<u>فحص الانضغاط:</u>

الانضغاط : هو قياس تحمل الحجر للضغط ويعطي فكرة واضحة عن تماسك مكونات الحجر ومقاومته للقوى.يستعمل للفحص جهاز الفحص العام أو جهاز فحص الكتل الخرسانة القياسي.يؤشر الحجر على شكل مربعات بأبعاد(2*2) انج وبنفس سمك الحجر على أن تقطع المربعات من أماكن مختلفة من النموذج ويفضل انتخاب المربعات حسب التسلسل المبين بالشكل:

توضع هذه الأحجار المقصوصة في جهاز الفحص على أن تسلط صفيحة التحميل على وجه الحجر وتستعمل السرعة القياسية للفحص ويلاحظ مقدار القوة التي تسحق هذه الأحجار ومن ثم تم التسجيل.وبموجب المواصفة العراقية للكاشي [10] وحسب المواصفات الامريكية[11].

<u>معاير الكسر:</u>

اجري الفحص بموجب المواصفة الامريكية C99 – 87 [١٢]

واستعمل القانون التالي لاستخراج معاير الكسر ك

$$\text{ك} = \frac{\text{ق م}^3}{} \quad \text{---} \quad (٣)$$

ث^{2} ٢د

حيث إن:

ق : أعلى قوة تقرأ بالجهاز

م : مسافة الفضاء المستعمل بين المسندين

ث : معدل العرض الكلي من جانب إلى الجانب الآخر

د : معدل العمق (السمك) الكلي من الوجه إلى الظهر

ك : معاير الكسر

اجريت الفحوصات في مختبرات الخرسانة ومواد البناء في القسم المدني في معهد التكنولوجيا / بغداد ما عدا فحص الملدن الذي أجري في مختبرات مركز بحوث البناء .

النتائج والمناقشة :

١- نتائج الفحوصات المختبرية:

١-١ نتائج فحص الامتصاص الكلي:

جدول رقم(٧) : نسب الامتصاص الكلي مع المعدل

رقم النموذج	W_1	W_2	W_3	الامتصاص الكلي %
1	1922.6	1879.4	1980.7	5.390
2	2007.4	1968.3	2067.3	5.050
3	2121.3	2071.2	2178.0	5.156
المعدل				5.182

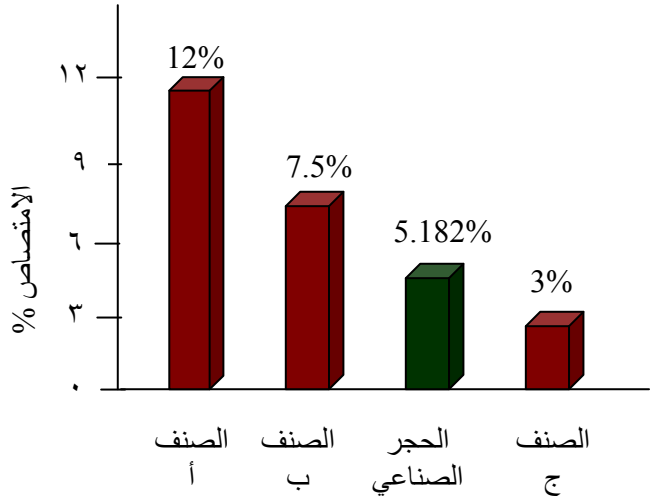
W_1 = وزن النموذج وهو رطب

W_2 = وزن النموذج الجاف (غم)

W_3 = وزن النموذج المشبع الجاف السطح (غم)

١-٢ مناقشة نتائج فحص الامتصاص الكلي :

من النتائج الموضحة في الجدول رقم (٧) والشكل رقم (١) نرى ان نسب الامتصاص الكلي للنماذج متقاربة وفي حدود ٥% وبالرجوع الى المواصفة العراقية للحجر نرى انه ضمن حدود المواصفة العراقية والحجر الجيري الطبيعي برقم 1989 / 1387 للنوع ــ ب ــ وهي اكثر من امتصاص الحجر الصناعي المنتج خارج العراق ويمكن تقليل الامتصاص بزيادة مادة الميلامونت الملدنة له والتي يحددها معهد الخرسانة الامريكي بـ 7.5% كحد اعلى من وزن السمنت .



الشكل (١) الحد الأقصى لنسب الامتصاص لأصناف الحجر الجيري ومقارنتها مع الحجر الصناعي

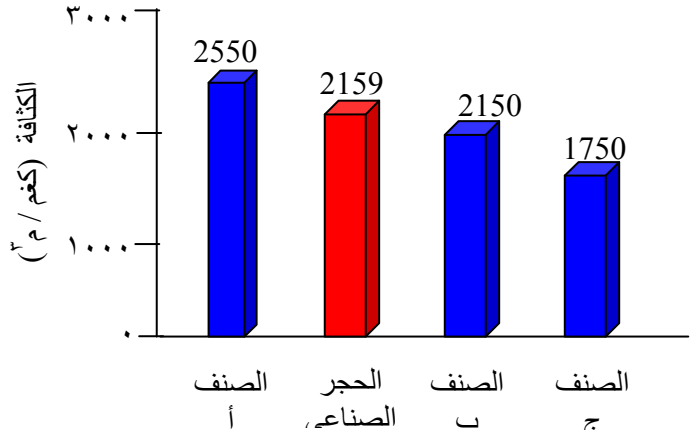
٢ نتائج فحص الكثافة:

جدول رقم(٨) يبين الكثافة والمعدل لنماذج الحجر الصناعي

رقم النموذج	الوزن W_1 كغم	الكثافة (كغم/م^3)
1	1.9226	2075.68
2	2.0074	2167.23
3	2.1218	2290.74
4	1.9735	2180.63
5	1.8869	2087.13
6	1.9082	2160.13
المعدل		2159.92

مناقشة نتائج فحص الكثافة :

من النتائج الموضحة في الجدول رقم (٨) والشكل رقم (٢) نرى ان الكثافة المقاسة كانـــت بمعـــدل 2159.92 (كغم / م^3) وبالرجوع الى المواصفة العراقية تبدو قريبة من صنف(ب) .



الشكل (٢) الحد الأقصى للكثافة (كغم / م^3) لأصناف الحجر الجيري ومقارنته بالحجر الصناعي

٣ نتائج فحص الانضغاط

جدول رقم(٩) يبين اقوة لانضغاط والمعدل لنماذج فحص الانضغاط

رقم المجموعة	قوة الانضغاط (نت/ملم^{٢})
1	2.4
2	1.84
٣	2.3
المعدل	2.18

مناقشة نتائج فحص الانضغاط :

من النتائج المستحصلة في مختبرات الخرسانة ومواد البناء في القسم المدني في معهد التكنولوجيا / بغداد والموضحة في الجدول رقم (٩) تبدو بعيدة عن المواصفة العراقية وحتى الامريكية ولا يمكن المقارنة معها لان النماذج المأخوذة اقرب الى البلاط (الكاشي) منه الى الحجر ، لذا تم اعتماد المواصفة الخاصة بالكاشي والخاصة بالانضغاط حيث اوضح الدواف[10] ان مقاومة الانضغاط الخاصة بهذا الفحص تبلغ كحد ادنى ٢,١٢ نت/ملم^{٢} وبهذا يمكن اعتباره ناجح في هذا الفحص.

نتائج فحص معاير الكسر:

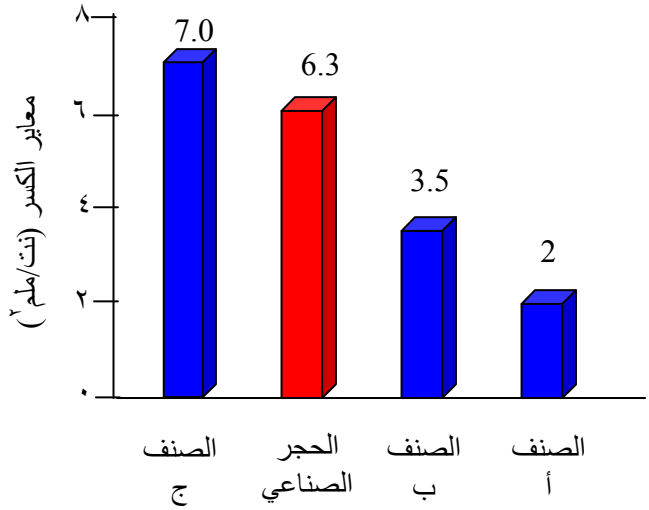
جدول رقم (١٠) يبين معاير الكسر والمعدل

رقم المجموعة	معاير الكسر(نت/ملم^{٢})
1	4.3
2	8.46
3	6.2
المعدل	6.32

نتائج فحص معاير الكسر:

من النتائج الموضحة في الجدول رقم (١٠) نرى ان معاير الكسر يبلغ معدله ٦,٣٢ نت / ملم^{٢} .

وبالرجوع الى المواصفة العراقية الخاصة بالحجر الجيري نرى انه مطابق للصنف (ب)



الشكل (٣) الحد الأقصى لمعاير الكسر (نت/ملم^{٢}) ضمن حدود المواصفة العراقية للحجر الجيري ومقارنته بالحجر الصناعي

<u>الجدوى الاقتصادية</u>:

إن الغاية الكبرى من إجراء التقييم هو دراسة مدى الاقتصاد بالكلفة والاستفادة من الفرق الحاصل بالمال والاستفادة منه لإنجاز أعمال أخرى وفتح ابواب جديدة للمصانع الموجودة حاليا والمستخدمة لأنتاج الكاشي الموزائيك ، لأنتاج هذا النوع الجديد من الحجر حيث مزاياه موضحة بالتفصيل في الفقرة (٥-٢) وتبين انهُ باشكاله المختلفة ولمعانه ولونهِ الموحد وسهولة تركيبه وعمره الاقتصادي وقلة امتصاصه للرطوبة يمكن ان يستعمل بنجاح في تغليف الواجهات . إن سعر المتر المربع السادة من الحجر الصناعي هو 9000 دينار والنقش منه سعره ١٢٠٠٠ دينار والحجر الطبيعي الجيري هو16000 دينار والنقش منه يتراوح بين (٢٠٠٠٠-٣٠٠٠٠) دينار وذلك فرق في السعر إن ذلك الفرق في السعر عائد إلى الفرق في الجهد بين النوعين (الحجر الصناعي عبارة عن خلطة خرسانية مصبوبة في قوالب أما الجيري عبارة عن حجر موجود في الطبيعة ويحتاج إلى مكائن لأستخراجه ونقله وتقطيعه إلى البعد المطلوب).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- إن النتائج التي تم الحصول عليها هي نتائج مقاربة لصنف الحجر الجيري(ب).
2- نتيجة لأجراء فحص الامتصاص وجدنا انه ضمن الحدود وبالاعتماد على ذلك يمكن استخدامه بالتغليف بنجاح .
3- بالنسبة إلى فحص الانضغاط لا يمكن أن يكون ناجح عند الاعتماد على المواصفة العراقية للحجر الجيري لأن النموذج المستخدم في هذه المواصفة يكون على شكل مكعب وبالصناعي لا يمكن الحصول على ذلك المكعب لأن سمكه قليل مقارنة بالسمك المطلوب لذلك اعتمدنا على المواصفة العراقية للكاشي.
4- نتائج فحص الكثافة ناجحة وجيدة وضمن حدود المواصفة العراقية للصنف (ب) .
5- نتائج فحص معاير الكسر ناجحة عند مقارنتها مع المواصفة العراقية والأمريكية للحجر الجيري وللصنف (ب) ، وأكثر من متطلبات الصنف (ب) بكثير .
٦- من ملاحظة النتائج يمكن أعتبار المنتوج المحلي ناجح ويمكن أستخدامه للتغليف. ولكن يمكن تحسين خواصه لتقليل الامتصاص إلى أقل درجة.

مقارنة بين الحجر الصناعي والطبيعي:

الحجر الصناعي	الحجر الجيري
قوة الكسر تعتمد على نوع الخلطة الخرسانية	قوة الكسر تعتمد على نوع صخور المنشأ
شكله يعتمد على شكل القالب الذي يصب فيه	شكله يعتمد على النقاش للحجر(الدقيق) أو مصنعيه الحجر
نسبة امتصاصه للرطوبة تعتمد على نوع الخرسانة وقد يكون مثل للحجر الطبيعي او اقل	نسبة امتصاصه للرطوبة تعتمد على نوع الصخر:- صنف أ (٣-٥) و ب (5-7) %
أبعاده موحده حسب القالب ويمكن عمل القوالب حسب الطلب	أبعاده غير موحده تماما
لونه موحد تماما كونه صناعي	لونه غير موحد تماما كونه طبيعي

تكلفته 50%تقريبا من الحجر الطبيعي	الجيد منه عالي التكلفة يسبب طريقة استخراج الحجر الطبيعي من الارض وعملية تقسيمه وهيكله .
وزن الحجر الصناعي يعادل ثلث وزن الحجر الطبيعي	وزن الحجر الطبيعي اكبر
المسافة بين صفوف الحجر اكبر قليلا من (٨-١٠) ملم.	المسافة بين صفوف الحجر من (٥-٨) ملم
الجهد اقل مقارنة بطريقة استخراج الحجر الطبيعي	الجهد كبير مقارنة مع طريقة تصنيع الحجر الصناعي
يمكن إضافة مادة الميلامونت (الملدن المتفوق) الى الخلطة فتصبح نسبة الامتصاص ٢% من الوزن الإجمالي .	لا يمكن إضافة مادة الميلامونت اليه
الوجه الخلفي ليس أملس ليساعد على عملية الربط بين الحجر والمادة اللاصقة	الرابط القوي بين الحجر والمادة اللاصقة هو (ماء + أسمنت +أتربة كلسية)
كلفة متر مربع سادة 9000 دينار عراقي. وكلفة المنقوش منه 12000 دينار.	كلفة متر مربع سادة 16000 دينار.وكلفة المنقوش منه من (20000-30000) دينار
في الحجر الصناعي لمعة مميزة ورائعة خصوصاً عندما تسقط عليها اشعة الشمس ولا يفقدها بسبب الامطار او التعرض الطويل للشمس او عندما يصيبه دخان السيارات	ان الحجر الطبيعي يتغير لونه بفعل الزمن والاتربة ودخان السيارات لذا يتم اجراء عملية الحت عليه بعد فترة من الزمن لارجاع الرونق اليه .

ملاحظات عن تطبيق الحجر الصناعي والطبيعي

إن الجانب الخلفي من الحجر الصناعي يكون خشناً وكما موضح في الصور المرفقة في الملحق الصور رقم (٥ ، ٦ ، ٧) . وهذهِ الخشونة تساعد على تثبيت الحجر بشكل احسن من تطبيق الحجر الطبيعي كون الاخير وبما انهُ يقطع بالآت خاصة كالمنشار تكون ذات جانب خلفي املس لذلك نلاحظ في حالة عدم تطبيقه بالشكل الجيد قد نرى في بعض الاحيان سقوط بعض قطع الحجر الطبيعي من اماكنها . ولهذا الامر يستلزم عمل رشة من مونة الاسمنت + رمل + ماء بما يسمى بالعامية (شربت سمنت) ويجب رشها على سطح الجدار المراد لصق الحجر عليه عند عمل التكسية ويجب وضع سمنت + ماء برشة على الوجه الخلفي للحجر لكي لا يمتص ماء المونة السابقة على الجدار ويستعمل كذلك للتخلص من الاتربة الكلسية الناتجة من قطع الحجر وكذلك وضع طبقة من اسلاك BRC المثبتة على وجه الجدار بقضبان من حديد التسليح مع مسامير خاصة .

اما الحجر الصناعي فيما أن جانبه الخلفي يكون خشناً ومثبتاً فيه اسلاك خاصة تساعد في ربطه على الجدار وكذلك ان طريقة تصنيع الحجر الصناعي لا تكسب الحجر الاتربة فلا يستلزم نفس الخطوات السابقة ما عدا رش وجه الجدار بمونة سمنت + رمل + ماء . وبذلك تكون عملية تطبيقيه اسهل واسرع واقل كلفة ، ومن الافضل للطريقتين ترك مسافة تعادل اسم بين الحجر والآخر من الجانب الافقي بحيث يكون الصف الاول من الحجر معزول على الصف الثاني من الحجر لمنع فصل بين المونة والحجر اثناء التمدد والتقلص بفعل المؤثرات الجوية .

مقارنة بين الحجر الصناعي المحلي والعربي

من خلال بحثنا هذا والاطلاع على مكونات الحجر الصناعي خارجياً ومحلياً نورد هنا بعض نقاط الاختلاف في المواد الداخلة في تصنيع الحجر الصناعي :

- ان المواد الداخلة في تركيب الحجر الصناعي المحلي كما ورد سابقاً هي السمنت والرمل والحصى والماء والملدنات بنسبة ١ : ٢ : ٣ . اما الحجر الصناعي الخارجي فان نسبة المواد الداخلة في تركيبه هي ٢/١ بودرة ناعمة (سمباذج) ١ : سمنت : ١ رمل : ٢ حصى + ماء + مواد كيمياوية كملدنات لأكسابه الصلابة واللمعان .
- نسبة الرطوبة في الحجر الصناعي المحلي تبلغ ٥% ولكن نسبة الرطوبة في الحجر المصنع خارجياً تكون اقل حيث تبلغ 2 – 2.5% بسبب زيادة مادة الميلامونت الملدنة ، والتي في حال استخدامها بنفس النسبة في المنتج المحلي ممكن تقليل الرطوبة الى نفس نسبة امتصاص المنتج الخارجي .

التوصيات:

نوصي بأجراء فحص التآكل وذلك لعدم التمكن من إجراءه في المختبرات لأن جهاز هذا الفحص صعب التشغيل يحتاج إلى أشخاص ماهرين لإتمامه. ونوصي في السنوات القادمة بتغليف منشأ أو جزء من منشأ لمعرفة مدى تأثير الظروف الجوية من شمس وحرارة وبرودة ومياه أمطار وما تحتويه من (حوامض وأملاح كبريتية ...الخ.) على مقاومته وتغير خواصه ولونه نتيجة لذلك .

ونوصي بأستخدام هذا المنتج في التغليف لكون كلفته نصف كلفة الحجر الجيري ومزاياه المتعددة وكذلك نوصي باصدار مواصفة عراقية لهذا النوع من مواد التغليف الحديثة.

المصادر :

١-الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين "المواد الاولية الطبيعية لاغراض الصناعات الانشائية في العراق" وقائع ندوةواقع وافاق تطور صناعة المواد الانشائية في العراق المنعقدة للفترة من ١٣-١٤ / ٣ / ١٩٩٩ بغداد ص59 .

٢- عبد الرسول ، سليمة "المباني التراثية في الكرخ" مطبعة جامعة الموصل\ مديرية دار الكتب للطباعة والنشر1987ص17.

٣- ذنون، يوسف "العمائر السكنية في الموصل" المكتب الاستشاري الهندسي ، موصل 1998، ص٩.

٤- السدخان ، سهير كريم "المادة والشكل" رسالة ماجستير،جامعة بغداد ، كلية الهندسة قسم الهندسة المعمارية 1999.

٥- "Building design and construction " June 1990 p p 141.

٦- الموقع الالكتروني مستشارك في البناء .

٧- ساكو، زهير "انشاء المباني" جامعة بغداد كلية الهندسة قسم الهندسة المدنية1990.

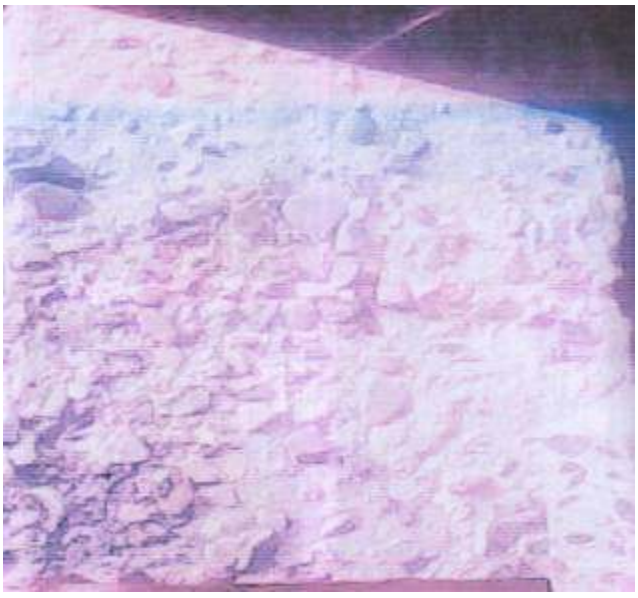
٨- المواصفة الامريكية ASTM C217-85.

٩- المواصفة القياسية العراقية لفحص الكثافة1989.

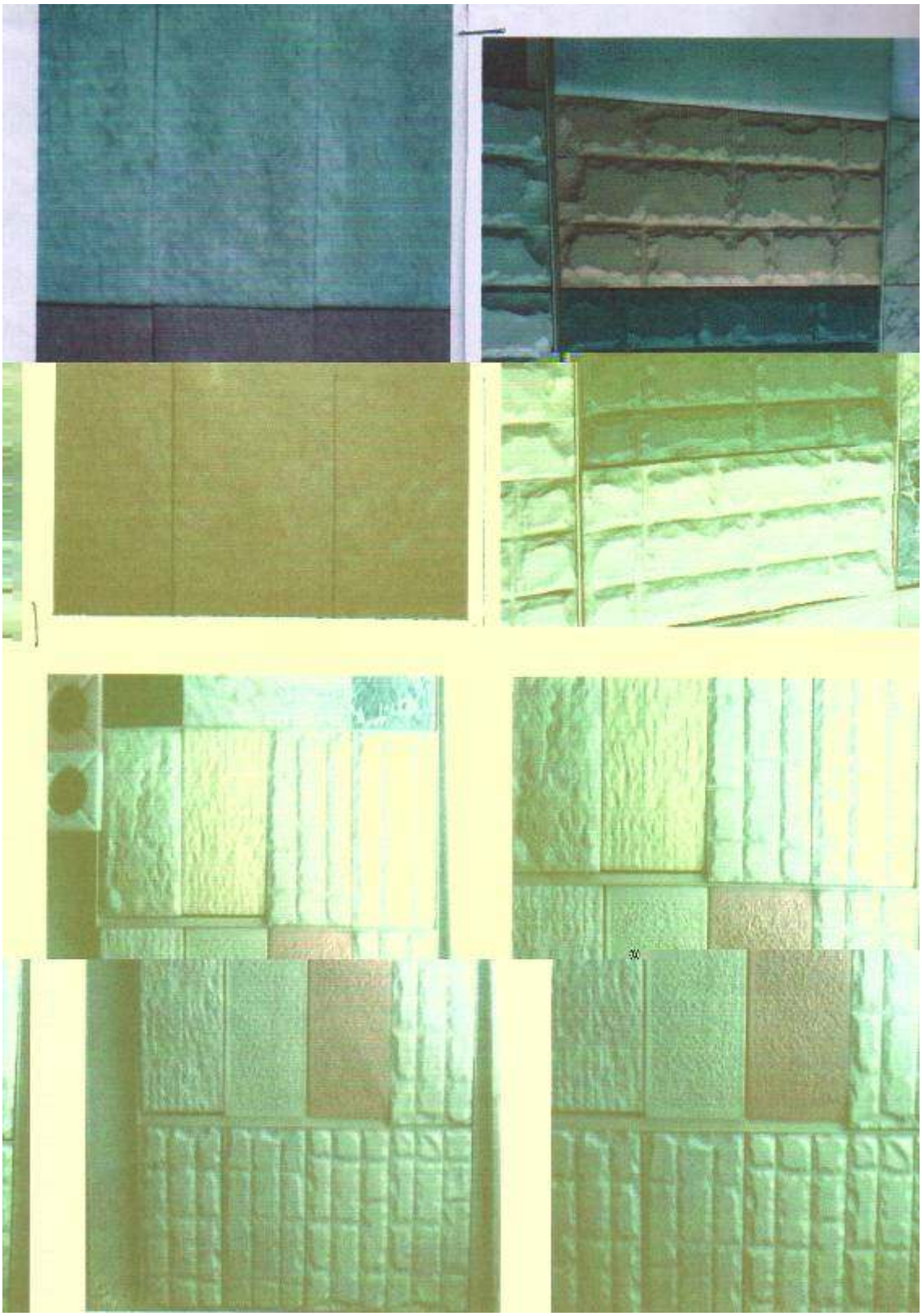
١٠- الدواف،يوسف،مجلة المهندس،1969،العدد41،جمعية المهندسين العراقيين.
١١- المواصفة الامريكية ASTM C170-87
١٢- المواصفة الامريكية ASTM C99-87

الملحق :

صورة رقم (٥) واجهة للحجر الصناعي المحلي



صورة رقم (٦) خلفية الحجر الصناعي المحلي



صورة رقم (٧) اشكال مختلفة من الحجر الصناعي المحلي المنتج