تأثير إضافة الطوب الآجر المطحون على الخلطة الخرسانية

عواطف الطويل، أحمد الفرجاني، محمد صقر، أسامة ساسي

قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة غريان

الملخص:

تتضمن هذه الورقة دراسة حول تأثير إضافة الطوب الآجر المطحون (الطوب الأحمر) على خواص الخرسانة اللدنة والمتصلده، حيث تم إضافة الطوب الآجر المطحون إلى الخلطات الخرسانية كبديل جزئي للإسمنت وبنسب مختلفة وهي كالتالي (15% ، 25% ، 35%) من وزن الإسمنت، وتمت مقارنة جميع الخلطات المضاف إليها الطوب الآجر المطحون بخلطة خرسانية لم يستخدم فيها الآجر المطحون حيث اعتبرت هذه الخلطة مقياسا للمقارنة.

تم تقييم الخرسانة في الحالة المتصلدة عن طريق اختبار مقاومة الضغط، ولقد تم أخذ متوسط قوة ضغط 3 عينات لكل حالة، وذلك بعد معالجة العينات ببقائها مغمورة تحت الماء لمدة 7 أيام، 14يوم، و 28 يوما. كما تم اختبار التغيير في الكثافة على العينات بعد 28 يوم لجميع الخلطات، وكذلك تم إجراء اختبار الانحناء على الكمرات بعد 28 من المعالجة تحت الماء. قيست درجة التشغيلية للخرسانة اللدنة باستخدام مخروط الهبوط وحدد مقدار الهبوط لجميع نسب الخلط. حيث أعدت أربع خلطات خرسانية، وبإجمالي 40 مكعب و 8 كمرات وبنسبة اسمنت إلى ركام (ناعم وخشن) 4:2:1 وبنسبة ماء إلى الإسمنت 0.6.

أوضحت النتائج إن الخلطة الخرسانية ذات نسبة (15%) من الطوب الآجر المطحون كانت الأنسب للاستخدام في الأعمال الإنشائية.

الكلمات المفتاحية: الطوب الآجر المطحون، مقاومة الضغط، مقاومة الانحناء.

Abstract:

The study includes the effect of additional the crushed red bricks in concrete mixture on its softening and hardening properties, where added the crushed red bricks to concrete mixture and partial replaced in cement with different percentage (15%, 25%, 35%) from weight of cement . Hardened concrete was studied by compressive strength test, the average compressive strength of three samples were taken , and that is after the samples have been treated by immersing in water for a period of 7 days, 14 days, and 28 days. Also the concrete mixture was tested by density test and flexural strength test after 28 days. The operational degree of softened concrete was determined by slump test for all the above mentioned rations, where four concrete

mixtures were prepared, with a total of 40 cubes and 8 beams, at a ratio of mixing 1:2:4 cement and aggregate (fine, coarse) and by adding water to cement in a ratio of 0.6.

The results indicated that the concrete mixture of (15%) crushed red bricks was the most suitable for use in construction buildings.

Key Words: crushed red bricks, compressive strength, flexural strength.

المقدمـة:

تطورت الخرسانة كمادة إنشائية استخدمت منذ القدم، وهي عبارة عن خليط من الركام والرمل والاسمنت والماء بنسب محددة، وإن التقدم العلمي في عالم البناء وطور الخرسانة كمادة إنشائية عمل على إنتاج منشآت عصرية بأحدث مبتكرات العلم الحديث في تكنولوجيا البناء باستخدام مكونات بديلة لمواد البناء تحقق الاستدامة وتكون صديقة للبيئة. لوحظ وجود كميات كبيرة فائضة أو غير مرغوب فيها من طوب الآجر المكسور عند إنشاء المباني، وأيضا في مواقع بيع وتصنيع الطوب الآجر. وللاستفادة من هذه المخلفات تعتبر خطوة هامة في التخلص من النفايات الصلبة بطرق مجدية تخفض من التلوث البيئي وخطوة تدفع نحوها المعنيين في صناعة البناء والتشييد والمهتمين بالبيئة نحو مشروع إعادة تدوير مخلفات البناء واستخدامها في إنتاج الخرسانة. ومن هذا المنظور جاءت دراسة سلوك الخرسانة المنتجة بإضافة طوب الآجر المطحون كبديل جزئ للإسمنت وإجراء الاختبارات المعملية عليها لدراسة تأثيره على الخلطة الخرسانية.

البرنامج العملي:

قيست درجة التشغيلية للخرسانة اللدنة باستخدام قمع الهبوط وحدد مقدار الهبوط لجميع الخلطات طبقا للمواصفات الأمريكية (ASTM C143)[8]، وتعيين التغير في الكثافة لكل عينة من الخلطات الخرسانية وهي جافة لتحديد كثافتها مع تغيير وزنها تبعا لإضافة الطوب الآجر المطحون مع ثبات حجم العينة وذلك مقارنة بعينات الخرسانة العادية. وكذلك تم قياس قوة ضغط الخرسانة الناتجة ومقارنتها بالعينة المرجعية، ولقد تم أخذ متوسط قوة ضغط 3 عينات لكل حالة وذلك بعد معالجتها بغمرها تحت الماء لمدة 7 أيام ، 14يوم، و 28 يوم. وكذلك تم إجراء اختبار الانحناء على الكمرات بعد 28 من المعالجة ومقارنتها بالخلطة المرجعية.

مكونات الخلطات الخرسانية

في هذه الدراسة تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع البرج زليتن طبقا للمواصفات القياسية الليبية 2009/340 [4] ، تم استخدام ركام خشن رقم 1 و 1.5 من محجر منطقة أبورشادة وهي من ضمن الحدود الإدارية لمدينة غريان، وتم الخلط بنسبة 1:1 وكانت نتائج إختبار التحليل المنخلي عند خلط الركام ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات البريطانية (BS882:1992) [7] ، والجدول (1) يوضح نتائج التحليل المنخلي

للخليط. وقد تم استخدام الركام الناعم الطبيعي المورد من منطقة أبورشادة وتم إجراء التحليل المنخلي له وكان ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات البريطانية (BS 882:1992)[7] وكما هو مبين في الجدول (2).

الجدول (1) التحليل المنخلي للركام الخشن

قطر المنخل (mm)	النسبة المئوية للمار (%)	الحدود المسموح بها المواصفات البريطانية (BS 882:1992)
37.5	100	100–90
20	66.5	70–35
14	51.73	55–25
10	22.08	40–10
5	0.96	5–0

الجدول (2) التحليل المنخلي للركام الناعم

قطر المنخل (mm)	النسبة المئوية للمار (%)	الحدود المسموح بها المواصفات البريطانية (BS 882:1992)
5	100	100
2.36	99.41	100–80
1.18	95.44	100–70
0.6	95.44	100–55
0.3	40.92	70–5
0.15	12.6	15–0

تم استخدام بقايا طوب الآجر المكسور الناتج من مخلفات المباني، حيث تمت عملية الطحن بطرق يدوية ومن ثم تنظيفه وإمراره على المناخل القياسية، ويوضح الشكل (1) بقايا الركام المكسور والركام بعد طحنه وإمراره على المناخل القياسية.

تصميم الخلطات الخرسانية

استخدمت الطريقة الحجمية لتحديد كميات مكونات الخلطة للمتر المكعب من الخرسانة، بنسبة إسمنت إلى ركام (ناعم وخشن) 4:2:1 وكانت كمية الإسمنت المستعمل 300 كيلوجراما للمتر المكعب. تم تنفيذ عدد (4) خلطات خرسانية

عادية، منها عدد (3) خلطات تحتوي على الطوب الآجر المطحون وبنسب (15% ، 25%، 35%) من وزن الاسمنت، بالإضافة إلى خلطة خالية من الطوب الآجر المطحون وهي الخلطة المرجعية حيث اعتبرت هذه الخلطة مقياسا للمقارنة. والجدول (3)، (4) يوضح أوزان ونسب الخلطات الخرسانية للمكعبات والكمرات الخرسانية على التوالي.

الشكل (1) طوب الآجر المكسور في الموقع وبعد الطحن.

الجدول(3) تفاصيل تصميم الخلطات الخرسانية للمكعبات

رقم الخلطة	عدد العينة	نسبة الآجر %100	وزن الآجر Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الركام الناعم Kg	وزن الإسمنت Kg	وزن الماء L
1	10	0.00	0.00	38.54	23.10	10.125	6.075
2	10	15	1.519	38.54	23.10	8.606	6.075
3	10	25	2.531	38.54	23.10	7.594	6.075
4	10	35	3.544	38.54	23.10	6.581	6.075

الجدول(4) تفاصيل تصميم الخلطات الخرسانية للكمرات

رقم الخلطة	عدد العينة	نسبة الآجر %100	وزن الآجر Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الركام الناعم Kg	وزن الإسمنت Kg	وزن الماء L
1	2	0	0.00	39.20	21.464	10.128	6.077
2	2	15	1.519	39.20	21.464	8.609	6.077
3	2	25	2.532	39.20	21.464	7.596	6.077
4	2	35	3.545	39.20	21.464	6.583	6.077

النتائج والمناقشة:

إشتملت نتائج الاختبارات المعملية على تعيين مقدار الهبوط لعينات الخرسانة اللدنة، وعلى تعيين قوة ضغط المكعبات الخرسانية الصلدة، وكذلك مقاومة الانحناء للكمرات، كما تضمنت النتائج تعيين التغير في الكثافة لجميع العينات.

أولا: قابلية التشغيل

هناك اختلاف في مقدار الهبوط ما بين العينات المرجعية والعينات المضاف لها الطوب الآجر المطحون، وبالرجوع إلى الجدول (4) يتضح تناقص ملحوظ في مقدار الهبوط كلما زادت نسبة الآجر في الخلطة الخرسانية، حيث انخفض معدل الهبوط بنسبة (84 .36– 56.68%) مقارنة بالخلطة المرجعية، وكان أقل هبوط 33 مم للخلطة رقم (4) والتي تحتوي على نسبة الآجر المطحون 35%. رغم إضافة 60% من الماء في كل خلطة من وزن الإسمنت، والسبب أن الآجر المطحون يحتوي على نسبة كبيرة من الصلصال الذي يعتبر من أكثر مواد البناء التي لها قابلية كبيرة من امتصاص الماء.

الجدول (4) قيم اختبار الهبوط للخلطات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة الآجر المطحون %	قيمة الهبوط mm
1	0	76

2	15	48
3	25	41
4	35	33

ثانيا: الكثافة

إن إضافة طوب الآجر المطحون للخلطة الخرسانية ليس لها تأثير كبير على كثافة الخلطات الخرسانية مقارنة مع الخلطة المرجعية، كما هو موضح في الجدول (5)، وبشكل عام فإن إضافة الآجر المطحون قللت من كثافة الخلطة الخرسانية مقارنة بكثافة الخلطة المرجعية، حيث كانت نسبة النقصان في الكثافة بمقدار 16.86% بنسبة 35% من الآجر المطحون.

الجدول(5) التغيير في الكثافة للعينات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة الآجر %	كتلة العينة الجافة (Kg)	حجم العينة (m^3)	الكثافة (kg/m^3)
1	0	9.170	0.003375	2717.037
2	15	8.033	0.003375	2380.148
3	25	7.800	0.003375	2311.111
4	35	7.624	0.003375	2258.963

ثالثا: مقاومة الضغط

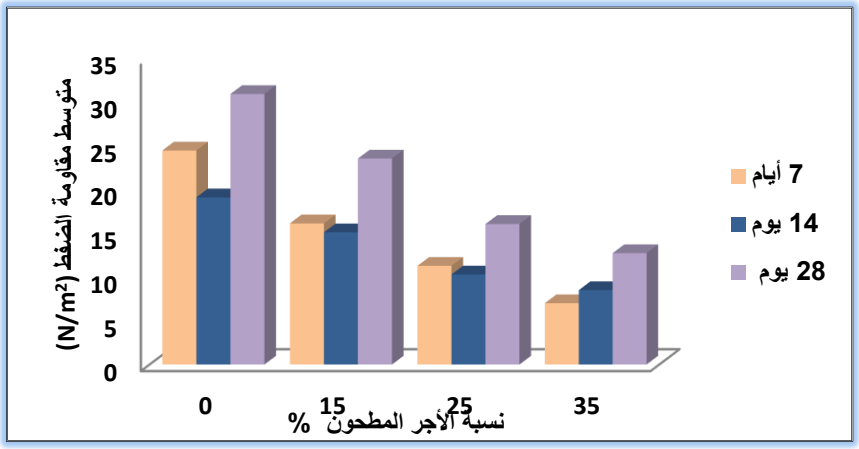
تم تعيين مقاومة الضغط للعينات الخرسانية طبقا للمواصفات البريطانية (BS EN 12390-3) [10] ، بتحميل أحمال قياسية على مكعبات خرسانية بأبعاد (150 * 150 * 150) مم. ويوضح الجدول (6) متوسط نتائج اختبار مقاومة الضغط للعينات بعد 7 أيام، 14 يوم، و28 يوم من معالجتها في الماء، حيث أخذ المتوسط لثلاثة عينات لكل خلطة. وقد تبين من النتائج انخفضت مقاومة ضغط العينات الخرسانية تدريجيا مع زيادة نسبة الآجر المطحون في الخلطات الخرسانية.

وبالرجوع إلى الشكل (2) الذي يوضح العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الآجر المطحون بعمر 7 أيام، 14 يوم، و28 يوم، كما يتضح ان إضافة الطوب الآجر المطحون في الخلطات الخرسانية كبديل جزئي من وزن الإسمنت اذى بدوره إلى خفض قيمة مقاومة الضغط تدرجيا للعينات وذلك في مختلف فترات المعالجة. وعند إضافة الآجر

المطحون بنسبة 15% من وزن الإسمنت كانت نتائج مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية ضمن حدود المواصفة البريطانية (BSEN12390-3). وعند إضافة الآجر المطحون بنسبة 25% و 35% كانت نتائج مقاومة الضغط منخفضة مقارنة مع نتائج الخلطة المرجعية في جميع فترات المعالجة، وكانت خارج حدود المواصفة البريطانية (BSEN12390-3). أي أن أفضل مقاومة ضغط تم الحصول عليها كانت بالنسبة 15% من الآجر المطحون ويمكن استخدامها في الخرسانات التي لا تتطلب إجهادات عالية.

الجدول (6) متوسط الضغط للعينات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة الآجر المطحون %	متوسط مقاومة الضغط (N/mm^2)		
		7 أيام	14 يوم	28 يوم
1	0	24.43	19.08	30.88
2	15	16.11	15.09	23.51
3	25	11.26	10.28	16.04
4	35	7.00	8.49	12.71



الشكل (2) مقاومة الضغط بعمر 7 أيام، 14 يوم، 28 يوم.

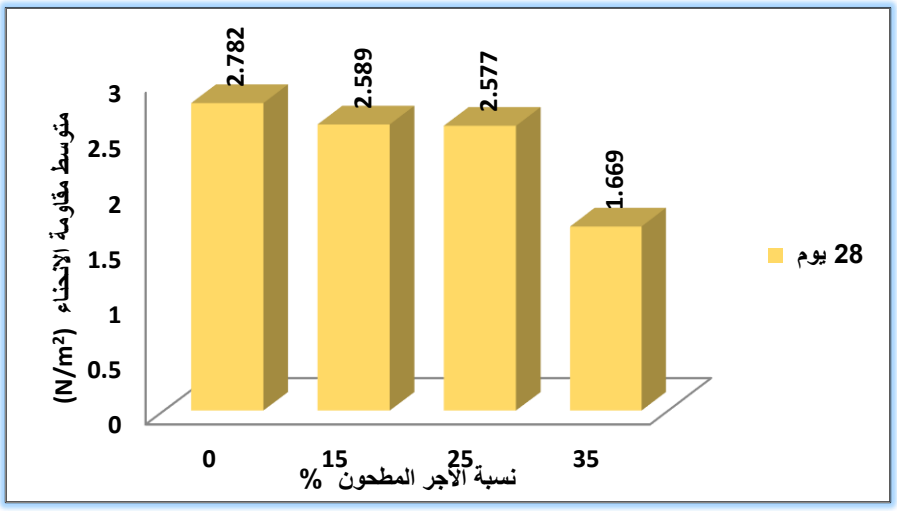
رابعا: مقاومة الانحناء

تم إجراء الاختبار على كمرات خرسانية بأبعاد (150 * 150 * 750) مم لتحديد مقاومة الانحناء للخرسانة المتصلدة وذلك طبقا للمواصفات البريطانية (BS EN 12390-3) [10]، حيث تم تعيين مقاومة انحناء 8 كمرات خرسانية وهي بعمر 28 يوم، حيث أخذ متوسط عينتين لكل خلطة. ويوضح الجدول (6) متوسط نتائج اختبار مقاومة الانحناء للكمرات بعد 28 يوم من المعالجة.

تبين من خلال النتائج كلما زادت نسبة الآجر في الخلطة الخرسانية كلما قلت نسبة مقاومتها للانحناء. وكما لوحظ أيضا عدم وجود فرق واضح في مقاومة الانحناء عند إضافة الآجر المطحون بنسبة 15% و25%، بينما كان الانخفاض كبير في مقاومة الانحناء عند إضافة الآجر بنسبة 35%.

الجدول (6) متوسط مقاومة الانحناء للعينات الخرسانية

رقم الخلطة	نسبة الآجر المطحون %	مقاومة الانحناء (N/mm^2)		متوسط مقاومة الانحناء (N/mm^2)
		28 يوم	28 يوم	
1	0	2.65	2.913	2.782
2	15	2.803	2.374	2.589
3	25	2.423	2.370	2.577
4	35	1.552	1.785	1.669



الشكل (3) مقاومة الانحناء بعمر 28 يوم

أشكال الفشل

هناك اختلاف كبير في شـكل الفشـل بين مكعبات الخرسـانة العادية ومكعبات الخرسـانة المضـاف إليها الآجر المطحون ففي مكعبات الخرسانة العادية الفشل يأخذ الشكل التقليدي الذي هو عبارة عن مخروطين متداخلين، أما في مكعبات الخرسـانة المضـاف إليها الآجر المطحون تكون المكعبات غير قادرة على المحافظة على شـكلها كمكعب كلما زادت نسبة الآجر زادت نسبة التفتت والفشل. وكما موضح في الشكل (4)، (5).

الشكل (4) أشكال الفشل في العينات للخلطة المرجعية

الشكل (5) أشكال الفشل في العينات للخلطات المضاف إليها الطوب الآجر

الخلاصة

تمحورت الدراسة البحثية حول تأثير إضافة الطوب الآجر المطحون على خواص الخلطة الخرسانية، حيث أضيف الآجر المطحون بنسبة (15% ، 25% ، 35%) من وزن الإسمنت، فإنه يمكن تلخيص النتائج التالية:

- تؤثر إضافة الطوب الآجر المطحون على خواص الخرسانة اللدنة، حيث قللت من قابلية التشغيل.
- أظهرت النتائج نقصا في قيم الهبوط عند زيادة نسبة الآجر المطحون في الخلطات الخرسانية وخاصة الخلطات التي تحتوي على نسبة الآجر 35% من وزن الإسمنت.
- إضافة الآجر المطحون قلت نسبيا من كثافة الخرسانة عند جميع نسب الخلط مقارنة بالخلطة المرجعية.
- مقاومة الضغط قلت تدريجيا بزيادة نسبة الآجر المطحون في الخلطة الخرسانية ، وقد لوحظ انخفاض واضح في مقاومة الضغط للنسبة (35% آجر مطحون) حيث وصلت إلى ($12.71N/mm^2$).
- عند إضافة الطوب الآجر المطحون للخلطة الخرسانية بنسبة 15% و25% قلت مقاومة الانحناء بنسبة 93.06% و 92.63% على التوالي.
- من خلال نتائج اختبار مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء تبين لنا أن انسب خلطة هي الخلطة التي تحتوي على نسبة(15%) من الطوب الآجر، حيث اعطت مقاومة ضغط ($23.51N/mm^2$) ومقاومة انحناء ($2.589N/mm^2$) وكانت ضمن حدود المواصفة .
- حالات الإنهيار بالنسبة للعينات المرجعية كانت أعتيادية، بينما عينات الخرسانة المضافة إليها الطوب الآجر المطحون غير محافظة على شكلها بعد الوصول إلى الإنهيار النهائي.
- كما يتضح من النتائج إنه من المفضل أن لا يزيد محتوى الآجر المطحون على نسبة 15%.

المراجع

[1] عبد الله محمد مغازي "خواص المواد الهندسية" ، دار الصفاء عمان ، 2007.

[2] محمود امام، محمد أمين " خواص المواد واختباراتها" الطبعة الأولى، 2008.

[3] محمود إمام "الخرسانة وتصميم الخلطات الخرسانية" 2007.

[4] المواصفات القياسية الليبية رقم (2009:340)، الإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس، 2009.

[5] Neville A M "Properties of Concrete" Fourth Edition, Pearson Eduction, 1995.

[6] Tlemat, Pilakoutas, Neocleous, "stress–strain characteristic of SFRC using recycled fibers", 39(3), pp-365-377, 2006.

[7] British Standard Institute, BS882: 1992, "Specification for Aggregate from Natural Sources for Concrete".

[8] American society for testing and materials (ASTM C143-C143M), (2015) "Test method for slump of hydraulic-Cement concrete".

[9] American society for testing and materials (ASTM C642-97) " Standard test method for density, Absorption, and voids in hardened concrete".

[10] British standard institution (BSEN 12390-3:2009), "Testing hardened concrete, Compressive strength of test specimens".