Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (5), Issue (5) : 30 Dec 2021
P: 65 - 77

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (5)، العدد (5) : 30 ديسمبر 2021م
ص: 65 - 77

The effect of adding natural wastes on some properties of gypsum

Alaa Ahmad Zohir Kattan

Nada Altonji

Faculty of Technical Engineering || University of Aleppo || Syria

Fatima Alsaleh

Faculty of Civil Engineering || Aleppo University || Syria

Abstract: In this research, the effect of adding some natural wastes to gypsum was studied in order to use them as thermal insulation materials in buildings and to recycle these wastes. Thermal insulation panels were installed from gypsum (as a basic material) and natural wastes (sawdust, peanut shells, wheat straw, cottonwood) at percentages (10, 15, 20) %, and some of their mechanical and physical properties, and their thermal conductivity were studied. The results indicated an improvement in some properties of gypsum after adding wastes, and obtaining thermal building materials that have better properties than the reference sample (gypsum) in some cases. Rough sawdust samples (SdR15, SdR20) achieved the highest compressive strength exceeding (4MPa). The flexural strength was for peanut shells samples (P10:1.76 MPa, P15:1.8 MPa), while the most efficient samples as thermal insulation were ground straw and smooth sawdust samples (SdS15, SdS20, GSt15, GSt20) where their thermal conductivity was (0.194-0.141W/m.K), which makes it acceptable according to the Syrian thermal insulation code.

Keywords: Thermal insulation material- Recycle- Building materials.

تأثير إضافة المخلفات الطبيعية على بعض خواص الجبس

آلاء أحمد زهير قطان

ندى التنجي

كلية الهندسة التقنية || جامعة حلب || سورية

فاطمة الصالح

كلية الهندسة المدنية || جامعة حلب || سورية

المستخلص: تمّ في هذا البحث دراسة تأثير إضافة بعض المخلفات الطبيعية على مادة الجبس بهدف استخدامها كمادة عازلة للحرارة في المباني وإعادة تدوير هذه المخلفات. تمّ تركيب ألواح عازلة للحرارة من الجبس (كمادة أساسية) والمخلفات الطبيعية (نشارة الخشب، قشور الفول السوداني، قش القمح، حطب القطن) بنسب %(10، 15، 20)، ودراسة بعض خصائصها الميكانيكية والفيزيائية، وعامل توصيلها الحراري. أشارت النتائج إلى تحسّن بعض خواص الجبس بعد إضافة المخلفات، والحصول على مواد بناء عازلة للحرارة تمتلك في بعض الحالات خواصاً أفضل من العيّنة المرجعية (الجبس). حققت عينات النشارة الخشنة (SdR15, SdR20) أعلى إجهاد ضغط تجاوز (4MPa)، وأعلى إجهاد شد كان لعينات قشور الفول السوداني(P10:1.76 MPa, P15:1.8 MP) ، أمّا أكثر العينات كفاءةً كعزل حراري كانت عينات القش المطحون والنشارة الناعمة (SdS15, SdS20, GSt15, GSt20) حيث كان عامل توصيلها الحراري (0.194-0.141W/m.K) مما يجعلها مقبولة حسب كود العزل الحراري السوري.

الكلمات المفتاحية: مادة عازلة للحرارة-إعادة تدوير- مواد بناء

مقدمة.

يشهد العالم في العقود الأخيرة نهضة عمرانية واسعة ويُرافق ذلك زيادة ملحوظة في استهلاك الوقود والطاقة الكهربائية لأغراض التدفئة والتكييف، وبهدف تخفيض الطلب على الطاقة وحماية البيئة من التلوث الناتج عن حرق الوقود الأحفوري وتحقيق متطلبات الارتياح الحراري يأتي خيار العزل الحراري للمباني[1-2] ، لذلك اهتمت الدراسات بتطوير وتصميم أنواع مختلفة من المواد العازلة للمباني لتقليل استهلاكها للطاقة [3-4]. وبهدف ترشيد استهلاك الطاقة وتأمين مواد عازلة بأقل كلفة والمساهمة في حماية البيئة، ازداد الاهتمام بإعادة تدوير المخلفات الصناعية والطبيعية من خلال إضافتها إلى مواد البناء. لذلك تمّ في هذا البحث إنتاج مواد عازلة حرارية صديقة للبيئة قائمة على الجبس وبعض المخلفات الطبيعية (القش، نشارة الخشب، حطب القطن، قشور الفول السوداني)، ودراسة بعض خصائصها الفيزيائية والميكانيكية وعامل توصيلها الحراري لمعرفة تأثير إضافة المخلفات الطبيعية على الجبس، وإمكانية تطبيق هذه المواد لأغراض العزل الحراري.

أهمية البحث:

يهدف البحث إلى توفير مواد عازلة بأقل كلفة تتمتع بمزايا جيّدة تشجّع المستهلك على استخدامها، تمّ في هذا البحث تصنيع ألواح من الجبس وبعض المخلفات (قش القمح، نشارة الخشب، قشور الفول السوداني، حطب القطن)، ودراسة بعض خصائصها الفيزيائية والميكانيكية والحرارية، حيث تمّ إجراء تجارب إجهاد الشد بالانعطاف والضغط وقياس الإيصالية الحرارية وحساب كثافة الألواح بعد تحديد نسب خلط المواد، وإجراء مقارنة بين النتائج.

الدراسات المرجعية:

اهتمت العديد من الأبحاث بدراسة إمكانية استخدام مواد المخلفات والمواد المعاد تدويرها في المباني، بهدف دعم الاقتصاد والحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل الآثار البيئية الناتجة من قطاع البناء، حيث يستهلك حوالي 30٪ من الموارد الطبيعية [5-6].

- قام الباحثان[7] بتحضير مركّب حيوي من الجبس ونشارة الخشب، تمت إضافة نسب مختلفة من النشارة (10-30-20%)، وتحضير ثلاثة أنواع من المركبات وهي (1) الجبس / نشارة الخشب الخام، (2) الجبس/ نشارة الخشب الخام/ ملدنات، (3) الجبس/ نشارة الخشب المطلي/ ملدنات، وأشارت النتائج إلى أن زيادة نسبة نشارة الخشب المضافة تقلل من الأداء الميكانيكي للجبس بشكل ملحوظ، يُمكن للعينات بنسبة 20٪ من نشارة الخشب أن تفي بمتطلبات البلوك المستخدم في البناء وفقًا لـ لمواصفات المعيار المُتّبع، حيث كان إجهاد الشد وإجهاد الضغط للعينة 4.59 Mpa و 13.25 Mpa على التوالي؛ أما العينات بنسبة 30 ٪ من نشارة الخشب فتم الحصول على أداء ميكانيكي أعلى من المواد التجارية ذات الكثافة المنخفضة، وكانت قيم إجهاد الشد والضغط 3.36Mpa و 8.73Mpa، على التوالي.
- وقام باحثون [8] في أحد جامعات اسبانيا بدراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لمركبات من (الجبس-الخشب)، استخدم الباحثون الجبس كمادة أساسية ونفايات الخشب (النشارة) كمادة مُضافة أساسية مع إضافة ألياف طبيعية (قش) وألياف صناعية (ألياف زجاجية) لتحسين خصائص المركب الجديد. أشار الباحثون إلى انخفاض الكثافة مع زيادة النسبة المئوية للمخلفات المضافة، كما أن انخفاض التوصيل الحراري ارتبط بانخفاض كثافة العينات، وأعطت العينات التي تحتوي نسبة 40% من نشارة الخشب ذات الكثافة

($702Kg/m^3$) أداءاً حرارياً أفضل مع عامل توصيل حراري قريب من (0.2W/m.K). إضافة الالياف الطبيعية والصناعية إلى المادة المركبة لا تقوي الخصائص الميكانيكية ولكن إضافة نسبة أقل من20% تجعل الزيادة في المقاومة أكثر أهمية خاصة في عينات نشارة الخشب، كانت مقاومة الانضغاط في جميع الحالات تفي بمعيار EN 13279-1 الذي يحدد 2MPa كحد أدنى لمتطلبات مقاومة الضغط على الرغم من انخفاضها عن مقاومة الضغط للعينة المرجعية. تتفوق الخصائص الحرارية للمواد المركبة الجديدة على تلك الخاصة بالمواد المرجعية التي تتكون فقط من الجبس. ويلاحظ أنه مع زيادة نسبة نفايات الخشب، تنخفض الموصلية الحرارية قليلاً، مما يمنح المادة سلوكًا حراريًا أفضل.

- وأجرى مجموعة من الباحثين في رومانيا دراسة [9] للحصول على مادة عازلة جديدة من القش المطحون، تمّ التركيز على تأثير القش المطحون في تكوين عينّات بوجود مواد رابطة مختلفة من الاسمنت والجبس والغراء والجير. قارن الباحثون بين أربعة قوالب للقش المطحون وكل قالب يحتوي أحد المواد الرابطة فكانت أعلى قيمة لإجهاد الشد بالانعطاف وإجهاد الضغط لرابط الاسمنت، وأدنى قيمة لرابط الجير، أما معامل التوصيل الحراري فكان لقالب القش-الاسمنت (0.355 W/m.K)، ولقالب القش- الجبس (0.254 W/m.K)، ولقالب القش- الغراء (0.124W/m.K)، أمّ لقالب القش- الجير (0.199W/m.K).
- كما قام باحثون في أحد جامعات فرنسا [10] بتقييم إمكانية استخدام ألواح الجبس كعوازل حرارية في المباني عبر إضافة ألياف النخيل (DPF) إلى مادة الجبس بهدف تقليل استهلاك الطاقة في المباني. تمّت إضافة نسب متغيّرة من ألياف النخيل تتراوح من 20%-0%، ودراسة الخصائص الفيزيائية للألواح، وأظهرت النتائج أنّ إضافة 20% من DPF تُعطِ مركّباً عامل توصيله الحراري (0.17W/m.K) بكثافة ($736Kg/m^3$) وخواص ميكانيكية جيّدة، لذلك يمكن استخدامه في قطاّع البناء كمادة جديدة لتحقيق كفاءة الطاقة في المباني.
- وطوّر الباحثون [11] عازل حراري بالاعتماد على قش القمح وألياف قشور الذرة، ودرس الباحثون بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية للمواد الجديدة. كانت قيم معامل التوصيل الحراري للعيّنات بين (0.046-0.047W/m.K)، مما يجعلها قابلة للمقارنة مع البولسترين الموسع بكثافة ($10Kg/m^3$)، وعلى أساس النتائج تمّ إجراء محاكاة لأداء مبنى باستخدام برنامج Designbuilderv3.4.0.039، ومقارنة ثلاث حالات: عزل حراري للسقف فقط، عزل حراري للجدران فقط، وعزل حراري للسقف والجدران، ثمّ إجراء تحليل اقتصادي، وأظهرت نتائج المحاكاة أنّ فترة الاسترداد لتطبيق هذه المواد لعزل المبنى هي بعد السنة الثانية لقش القمح وبعد السنة الثانية ونصف لقشور الذرة.
- وتركّزت الدراسة التي قام بها باحثون من جامعة رومانيا [12] على الخصائص الحرارية لمواد عزل جديدة قاما بإنتاجها من ألياف القنب وصوف الأغنام الخشن بإضافة رابط الجبس أو الاسمنت الأبيض، وأشار الباحثان إلى أنّ أقل كثافة كانت لعينة القنب مع الجبس(HG) لأن كمية الجبس تقل بنسبة 20% مقارنة مع عينة الصوف والجبس(WG)، ولوحظ في الدراسة أنّ نوع الألياف والمادة الرابطة تؤثر على قيمة معامل التوصيل الحراري، وكانت قيم عامل التوصيل الحراري للعينتين HG و WG على التوالي (0.051W/m.K) و (0.046W/m.K) وهو يفي بالشروط التي تمّ العمل بها.
- وفي إحدى الدراسات [13] أنتج باحثون مادة عازلة من عباد الشمس وساق القمح مع الفيرميكوليت بوجود الجبس، وأوضحت الدراسة أنّ معامل التوصيل الحراري يعتمد على نوع وكمية الألياف العضوية وكمية الجبس، كما أن مواد العزل المُقترحة يمكن أن تكون بدائل جيدة لمواد العزل المتاحة لزيادة كفاءة الطاقة، حيث كان معامل توصيلها الحراري (0.334-0.063 W/m.K) وكثافتها ($0.166-0.302\ g/cm^3$).

مواد البحث وطرائقه.

المواد المستخدمة في البحث:

تمّ استخدام مادة الجبس التجاري المستخدم لأغراض البناء والمخلفات الطبيعية التالية: نشارة الخشب (الخشنة والناعمة) وتمّ جمعها من أحد المناجر في مدينة حلب، قش القمح (غير المطحون والمطحون) وتم جمعه من مخلفات حصاد القمح، حطب القطن المطحون الذي تم الحصول عليه من مخلفات حصاد القطن، وقشور الفول السوداني المطحونة، ويوضّح الجدول 1 أبعاد المواد المستخدمة في البحث.

الجدول (1) مواصفات المواد المستخدمة في البحث

المواد	الجبس (Gypsum)	النشارة الخشنة (Rough Sawdust)	النشارة الناعمة (Smooth Sawdust)	القش غير المطحون (Straw)	القش المطحون (Ground Straw)	حطب القطن (Cotton Stalks)	قشور الفول السوداني (Peanut Shells)
الرمز	(G)	(SdR)*	(SdS)*	(St)*	(GSt)*	(CoS)*	(P)*
الأبعاد[mm]	(0-1)	(5-10)	(0-3)	(30-60)	(0.5-1)	(0-1)	(0-1)

*تُمثل الرموز اختصاراً لأسماء المواد باللغة الإنكليزية.

تحضير العينات:

تمّ تجفيف المخلفات ثم تشكيل مزيج بنسب % (10-15-20) وزناً من كل مادة مع الجبس، ثمّ يُضاف الماء بنسبة (0.5-0.8) من وزن المواد الجافة ويُحرّك المزيج جيداً، ثم يُصبّ المزيج في القوالب المناسبة وتُترك العينات حتّى تمام جفافها قبل إجراء الاختبارات عليها. تمّ تشكيل عينات بأبعاد cm (1×14.5×14.5) تُناسب جهاز قياس الإيصالية الحرارية، وعينات بأبعاد cm (4×4×4) تُناسب جهاز اختبار إجهاد الضغط، وعينات لاختبار إجهاد الشد بالانعطاف بأبعاد cm (4×4×16)، وتبيّن الأشكال الآتية العينات على التوالي.

الشكل (1) عينات لقياس الإيصالية الحرارية

الشكل (2) عينات لقياس إجهاد الضغط

الشكل (3) عينات لقياس إجهاد الشد بالانعطاف

الاختبارات:

اختبار إجهاد الضغط:

تم إجراء اختبار تحمل إجهاد الضغط باستخدام الجهاز المتوفر في مخبر الغزل والنسيج في كلية الهندسة الميكانيكية- جامعة حلب، وهو جهاز بريطاني الصنع من نوع Testometric مبيّن في الشكل(4). الجهاز متصل بحاسوب يعطِ منحني إجهاد الضغط ويتم أخذ حمولة الانكسار منه (F) لحساب مقاومة الضغط، ويتم حساب مقاومة الضغط من العلاقة [14]:

$$\delta = F/A \qquad (1)$$

حيث:

δ: مقاومة الضغط [N/mm^2].

F: أكبر حمولة ضغط يمكن تطبيقها على العينة [N]، وتمّ أخذ قيمتها من منحني إجهاد الضغط.

A: مساحة سطح العينة [mm^2].

الشكل (4) جهاز اختبار الضغط

اختبار إجهاد الشد بالانعطاف:

تمّ إجراء اختبار الشد بالانعطاف باستخدام الجهاز المتوفر في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية- جامعة حلب، والجهاز موضّح بالشكل (5). توضع العيّنة على مساند الجهاز ونطبق الحمولة في منتصفها وعلى كامل عرض العينة حتى الانكسار. تؤخذ القراءة على حلقة القوة وهي حمولة الانكسار ثم تُحسب مقاومة الشد للعينة من العلاقة التالية [14]:

$$\sigma = \frac{3}{2}\frac{P.L}{b.h^2} \qquad (2)$$

حيث:

P: حمولة الانكسار [N]

L: البعد بين المسندين [mm]

b: عرض العينة [mm]

h: ثخانة العينة [mm]

الشكل (5) جهاز اختبار إجهاد الشد

قياس الإيصالية الحرارية:

تمّ قياس الإيصالية الحرارية للعينات بجهاز الإيصالية الحرارية الموجود في مخبر الفيزياء- كلية الهندسة الميكانيكية- جامعة حلب، يستخدم الجهاز تقنيّة المربع الساخن وفق المعيار [15] لتحديد عامل التوصيل الحراري، والجهاز موضّح بالشكل (6). يتم ضبط جهازي عرض الحرارة على التدريجة 200°C≤، والجهد المغذّي للسخان على القيمة 8V، ونتيجة ارتفاع درجة حرارة السطح السفلي للعينة الناتج عن وجود السخان الكهربائي ينتقل التيار الكهربائي من الأسفل إلى الأعلى عبر العينة المختبرة وينتج تدرج حراري، تُؤخذ درجات الحرارة من اللحظة t=0 وحتى الوصول إلى الحالة المستقرة وذلك بثبات الفرق بين درجتي الحرارية العلوية والسفلية (الملامسة للعينة المختبرة) مع مرور الزمن الذي يتراوح بين (45-60 min). ثمّ بحساب الفرق بين درجتي الحرارة العلوية والسفلية وأبعاد العينة والتدفق الحراري عبر العينة، يمكن ببساطة حساب عامل التوصيل الحراري k باستخدام قانون فوريه الذي يُعطى بالعلاقة التالية [1]:

$$Q = A \times k \times \frac{\Delta T}{\delta} \rightarrow k = Q \times \frac{\delta}{A \times \Delta T} \qquad (3)$$

حيث:

Q: التدفق الحراري ويقدّر ب W.

ΔT: فرق درجات الحرارة بين سطحي العينة ويقدّر ب K.

K: عامل التوصيل الحراري ويقدّر ب W/m.K.

A: مساحة سطح العينة تقدّر ب m^2.

δ: سماكة العينة تقدر ب m.

ويُحسب التدفق الحراري Q باستخدام العلاقة:

$$Q = V \times I$$

الشكل (6) جهاز قياس الإيصالية الحرارية

النتائج.

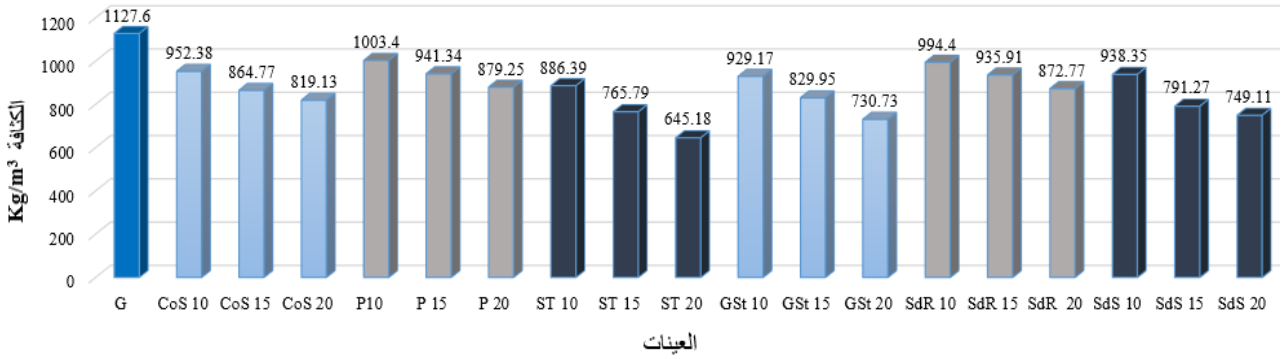
تمّ حساب كثافة الألواح من خلال قياس الوزن والحجم (الأبعاد) وفق المعيار [16] باستخدام ميزان يسمح بقراءة الوزن بدقة حتى ±0.001g، وبياكوليس (لقياس الحجم) بدقة تصل إلى ± 0.01mm، وذلك بعد تجفيفها لمدة 12ساعة في فرن تجفيف على درجة حرارة 50°C، حيث تراوحت نسبة الرطوبة للعينات بين % (0.9-1.5). وتمّ حساب إجهاد الضغط وإجهاد الشد بالانعطاف لكل عيّنة بتطبيق العلاقتين 1و2 على التوالي وذلك بعد إجراء الاختبارات عليها، كما تم حساب عامل التوصيل الحراري من العلاقة (3)، ويوضّح الجدول (2) النتائج التي تمّ الحصول عليها.

الجدول (2) نتائج الاختبارات

العينة	نسبة المخلفات	الكثافة الجافة	إجهاد الضغط	إجهاد الشد	عامل التوصيل الحراري
	%	Kg/m^3	Mpa	Mpa	W/m.K
G	0	1127.6	2.5716	1.8444	0.41094
CoS 10	10	952.38	2.8528	1.2633	0.34062
CoS 15	15	864.77	3.2588	1.0106	0.31735
CoS 20	20	819.13	3.328	0.8843	0.28574
P10	10	1003.4	3.5896	1.8191	0.341861
P 15	15	941.34	3.3996	1.7686	0.290862
P 20	20	879.25	1.7008	0.758	0.24747
ST 10	10	886.39	2.4712	0.9216	0.326398
ST 15	15	765.79	2.3448	0.8843	0.2807
ST 20	20	645.18	1.9252	0.6408	0.26766
GSt 10	10	929.17	2.4832	0.7074	0.27122
GSt 15	15	829.95	2.3448	0.8843	0.19467
GSt 20	20	730.73	1.9252	1.0864	0.1689
SdR 10	10	994.4	2.9436	0.6316	0.25921
SdR 15	15	935.91	4.0616	0.758	0.23326
SdR 20	20	872.77	4.1528	0.8053	0.21184
SdS 10	10	938.35	1.588	0.5053	0.284527
SdS 15	15	791.27	1.8752	0.7327	0.18778
SdS 20	20	749.11	2.152	1.3896	0.141703

الكثافة:

أبدت جميع العينات انخفاضاً في الكثافة مقارنةً مع العينة المرجعية (G)، وتراوحت نسب انخفاض الكثافة بين 11% و42.7%، وكانت عينات القش غير المطحون (ST) هي الأخف وزناً والأقل كثافةً، تليها عينات القش المطحون (GSt) ثمّ عينات النشارة الناعمة(SdS). يبيّن الشكل (6) كثافة العينات.

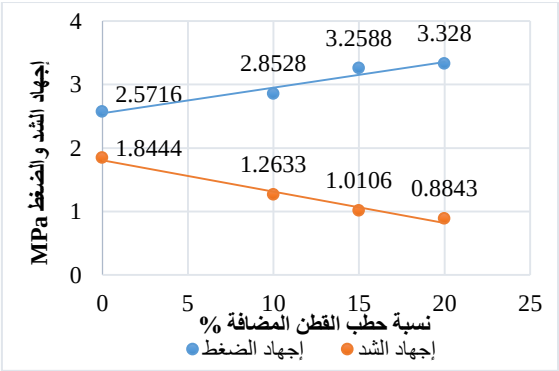


الشكل (6) كثافة العينات

إجهاد الشد والضغط:

- عينات ساق القطن:

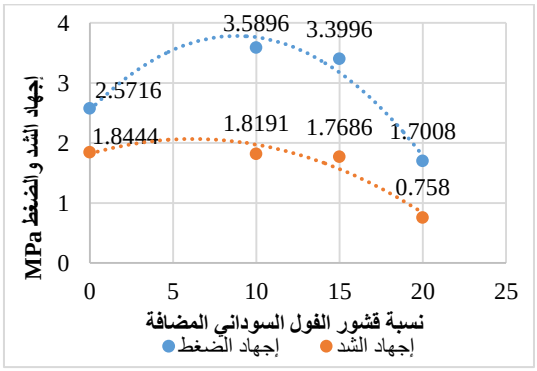
تناسبت زيادة نسبة المخلفات المضافة لعينات ساق القطن طرداً مع إجهاد الضغط، وكانت قيم إجهاد الضغط لجميع عينات ساق القطن أعلى منها للعينة المرجعية (G:2.5716 MPa)، أمّا بالنسبة لإجهاد الشد فإن إضافة المخلفات أدى إلى انخفاض قيم إجهاد الشد مقارنةً مع العينة المرجعية (G:1.844 MPa). ويبين الشكل (7) إجهاد الشد والضغط لعينات ساق القطن مع العينة المرجعية.



الشكل(7) إجهاد الشد والضغط لعينات حطب القطن

- عينات قشور الفول السوداني:

يُبيّن الشكل (8) أنّ إضافة نسبة 10-15% من قشور الفول السوداني يُحسّن إجهاد الضغط حيث وصل إلى 3.6MPa، ولكنّ زيادة نسبة القشور المُضافة عن 15% أدّى إلى انخفاض مقاومة الضغط مقارنةً مع العينة المرجعية. وبالنسبة لمقاومة الشد فإنّ إضافة نسبة 10% و15% من قشور الفول السوداني أعطت مقاومة شد جيدة وقريبة جداً من مقاومة الشد للعينة المرجعية، ولكنّ زيادة النسبة المضافة عن 15% لم تعطِ مقاومة شد جيدة، وهذا ما يوضّحه الشكل (8).



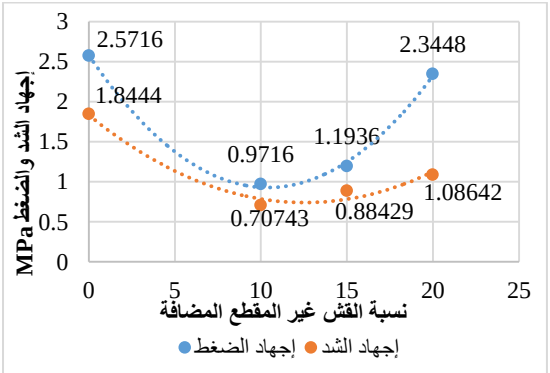
الشكل(8) إجهاد الشد والضغط لعينات قشور الفول السوداني

- عينات القش:

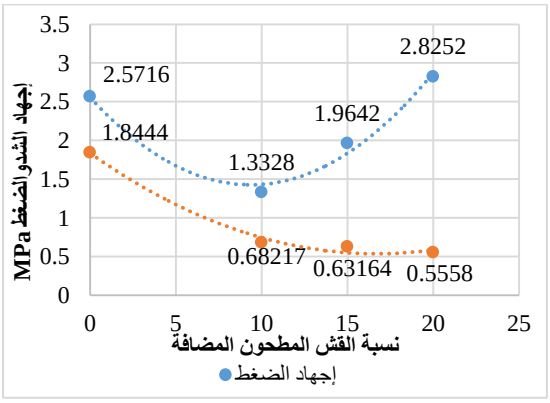
إضافة نسبة 5-10% من القش (ST, GSt) أدى إلى انخفاض قيم إجهاد الضغط بشكل ملحوظ عن العينة المرجعية، ولكنّ زيادة نسبة الإضافة أعطت قيمة إجهاد ضغط MPa (ST:2.344-GSt:2.825) وهي قيمة قريبة جداً من إجهاد الضغط للعينة المرجعية، أمّا مقاومة الشد لعينات القش (ST, GSt) فكانت جميعها أدنى من مقاومة الشد للعينة المرجعيّة ولكنّها كانت مقبولة في العينة (ST20: 1.086MPa)، والشكل (9) و(10) يوضّحان إجهاد الضغط والشد لعينات القش غير المطحون والمطحون على التوالي.

- عينات النشارة:

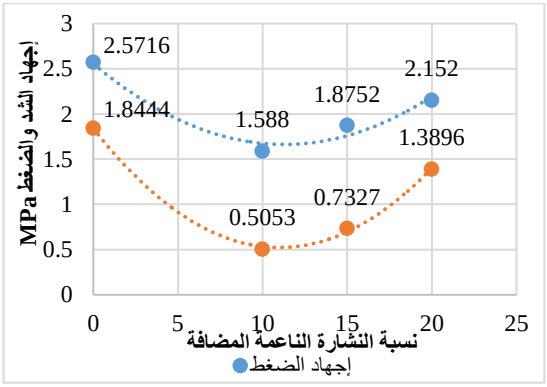
ارتفعت مقاومة الضغط لعيّنات النشارة الناعمة والخشنة بزيادة النسبة المُضافة، أعطت جميع عينات النشارة الخشنة مقاومة ضغط أفضل من مقاومة الضغط للعينة المرجعية على عكس عيّنات النشارة الناعمة (الشكل11)، وكانت أعلى قيمة لإجهاد الضغط في عينة النشارة الخشنة20% (SdR20:4.153 MPa)، وهو ما يوضّحه الشكل (12). أمّا مقاومة الشد لعيّنات النشارة فقد انخفضت جميعها عن مقاومة الشد للعينة المرجعية، ولكنّها تحسّنت في النشارة الناعمة بزيادة النسبة المُضافة، وهذا ما يوضّحه الشكلان (11و12).



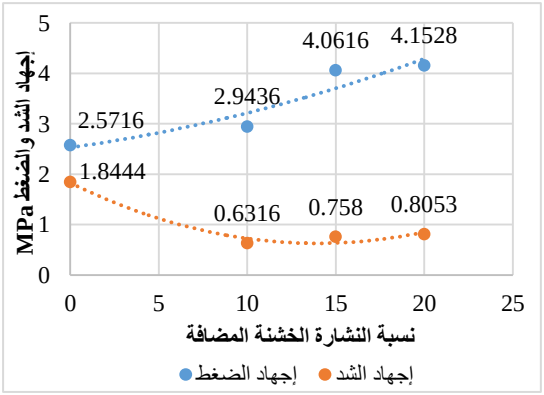
الشكل (9) إجهاد الشد والضغط لعينات القش غير المطحون



الشكل (10) إجهاد الشد والضغط لعينات القش المطحون



الشكل (11) إجهاد الشد والضغط لعينات النشارة الناعمة



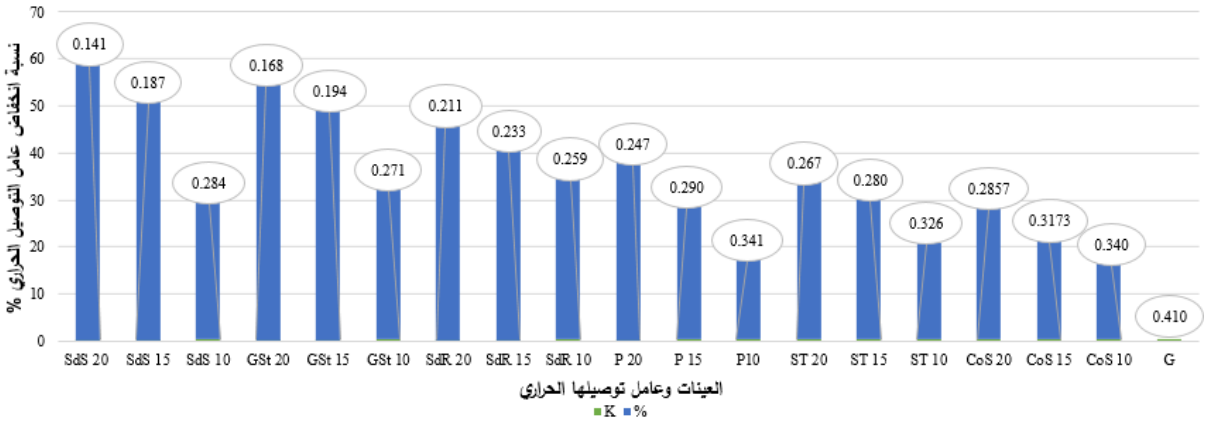
الشكل (12) إجهاد الشد والضغط لعينات القش المطحون

عامل التوصيل الحراري:

انخفض عامل التوصيل الحراري بزيادة نسبة المخلفات المُضافة، وتفوّقت عيّنات النشارة الناعمة (SdS) والقش المطحون (GST) والنشارة الخشنة(SdR) بنسبة (15-20%)على باقي العينات حيث عامل توصيلها الحراري هو الأقل، وتراوحت نسب انخفاض عامل التوصيل الحراري للمواد السابقة مقارنةً مع العينة المرجعية (G) (40-65%)، تليها عينات قشور الفول السوداني(P) ثم القش غير المطحون(ST)، وكانت عيّنات ساق القطن(CoS) هي الأسوأ كعزل حراري مقارنةً بباقي العينات، حيث نسبة انخفاض عامل التوصيل الحراري لها (17-30%). يوضّح الشكل (13) قيم عامل التوصيل الحراري للعينات ونسبة انخفاضه عن العينة المرجعية.

وبمقارنة نتائج البحث مع الدراسة [9] التي أعطت عامل توصيل حراري لقالب القش- الجبس (0.254 W/mK)، نجد تقارب قيم عامل التوصيل الحراري لعينات القش ST بنسبة 15و20% حيث كانت (0.26-0.28)

(W/m.K، وكان عامل التوصيل الحراري لجميع عينات النشارة (0.28-0.14W/mK) وهو قريب من نتائج الدراسة[8] التي حققت فيها عينة النشارة بنسبة 40% عامل توصيل حراري قريب من 0.2W/m.K.



الشكل (13) نسبة انخفاض عامل التوصيل الحراري للعينات

الاستنتاجات:

1- انخفضت كثافة العينات بزيادة نسبة المخلفات المُضافة وهذا يتفق مع الدراسة [8]، وحقّقت عينات القش والنشارة الناعمة بنسبة 20% أقل قيم للكثافة، تلتها عينات قشور الفول السوداني وحطب القطن والنشارة الخشنة.

2- أبدت عينات قشور الفول السوداني بنسبة 10-15% وجميع عينات حطب القطن والنشارة الخشنة مقاومة ضغط أعلى من مقاومة الضغط للعيّنة المرجعيّة (2.57MPa)، وحققّت العيّنة SdR20 أعلى قيمة لإجهاد الضغط (4.15MPa)، فيما أعطت العينات ST10, ST15, GSt10, GSt15, SdS20 قيم إجهاد ضغط (2.15-2.47 MPa)، وهي قيم قريبة جداً من إجهاد الضغط للعينة المرجعية، وجميعها مقبولة حسب مواصفات المعيار2-EN13279 الذي يُحدّد أدنى قيمة لإجهاد الضغط 2MPa [17].

3- أعطت العينات P10 وP15 (قشور الفول السوداني بنسبة 10-15%) أعلى قيم لإجهاد الشد بالانعطاف (1.67-1.81MPa)، تلتها العينات CoS10 وSdS20 حيث تراوحت قيم إجهاد الشد لهذه العينات (1.2-1.81 MPa)، وهي قيم قريبة من إجهاد الشد للعينة المرجعية (1.84 MPa)، وتتوافق مع مواصفات المعيار2-EN 13279 [17] الذي يحدّد القيمة الدنيا المطلوبة لإجهاد الشد بالانعطاف (1MPa).

4- إنّ زيادة النسبة المُضافة من المخلفات المُستخدمة في البحث (لجميع العينات) أدّى إلى انخفاض عامل التوصيل الحراري بشكل ملحوظ مقارنةً مع العيّنة المرجعيّة (0.41W/m.K) وهذا يتفق مع الدراسة[8]، تراوحت نسب انخفاض عامل التوصيل الحراري(20-65%)، أقل العينات انخفاضاً عينات حطب القطن والقش غير المطحون، وكانت عينات النشارة الناعمة والقش المطحون بنسبة 15%و20% هي الأفضل كعزل حراري حيث كان عامل توصيلها الحراري أقل من 0.2W/m.K، وبالتالي يمكن اعتبارها مواد عازلة للحرارة حسب كود العزل الحراري السوري[1].

5- ارتبط انخفاض عامل التوصيل الحراري للعينات بانخفاض الكثافة وهذا يتفق مع الدراسة [8].

6- يمكن تطبيق الألواح التي أعطت قيم إجهاد ضغط وشد مقبولة في الجدران أو الأسقف التي لا تتعرض لإجهادات عالية.

التوصيات والمقترحات.

1- دراسة خواص أخرى للعينات كنسبة امتصاص الرطوبة وعزل الصوت.

2- استخدام مواد رابطة أخرى كالإسمنت مع المخلفات لتحسين الخواص الميكانيكية.

قائمة المراجع.

1- كشكة هيثم وآخرون، 2006، كود العزل الحراري السوري. صادر عن وزارة الكهرباء.

2- التنجي ندى وآخرون، 2020، أسس تقنيات العزل، صادر عن منشورات جامعة حلب.

3- R. Gomes, J.D. Silvestre, J. de Brito, 2019, Environmental life cycle assessment of thermal insulation tiles for flat roofs, Materials 12: 2595.

4- L. Aditya, T.M.I. Mahlia, et al., 2017, A review on insulation materials for energy conservation in buildings, Renew. Sustain. Energy Rev. 73: 1352–1365.

5- Balador, Z., Gjerde, M., Isaacs, N., 2020, Influential factors on using reclaimed and recycled building materials. In: Littlewood, J., Howlett, R., Capozzoli, A., Jain, L. (Eds.), Sustainability in Energy and Buildings, vol. 163. Springer, Singapore, pp. 37e47.

6- Bilal, M., Ahmad Khan, K.I., Thaheem, M.J., Nasir, A.R., 2020, Current state and barriers to the circular economy in the building sector: towards a mitigation framework, J. Clean. Prod. Volume 276.

7- Dasong Daia, Mizi Fana, 2015, Preparation of bio-composite from wood sawdust and gypsum, Industrial Crops and Products, 74: 417–424.

8- M.J. Morales-Conde, C. Rodríguez-Liñán, M.A. Pedreño-Rojas, 2016, Physical and mechanical properties of wood-gypsum composites from demolition material in rehabilitation works, Construction and Building Materials, 114: 6–14.

9- I.Miron, D.Manea, D.Cantor, C.Aciu, 2017, Organic Thermal Based on Wheat Straw, Procedia Engineering, 181: 674 – 681.

10- A.Braiek, M.Karkri, A.Adili, L.Ibos, S.Nasrallah, 2017, Estimation of the thermophysical properties of date palm fibers/gypsum composite for use as insulating materials in building Aymen, Energy and Buildings, 140: 268–279.

11- C. Rojas, M. Cea, A. Iriarte, et al., 2019, Thermal insulation materials based on agricultural residual wheat straw and corn husk biomass, for application in sustainable buildings, Sustainable Materials and Technologies, 17: e00102.

12- I.Florea, D.L.Manea, 2019, Analysis of Thermal Insulation Building Materials Based on Natural Fibers, Procedia Manufacturing, 32: 230–235.

13- H. Binicia, O. Aksogana, et al., 2020, The possibility of vermiculite, sunflower stalk and wheat stalk using for thermal insulation material production, Thermal Science and Engineering Progress, 18: 100567.

14- محمد ساطع الحصري، 1994، مواد البناء واختباراتها (منشورات جامعة حلب)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.

15- ASTM C177-13, 2013, Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.

16- ASTM C138, 2017, Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete1.

17- EN 13279-1, 2006, Gypsum Binders and Gypsum Plasters – Part 1: Definitions and Requirements.