تأثير ألياف الكربون المقطعة (CCF) على تحسين خصائص الجبس النقي

م.م.عصام هاشم عليوي
الجامعة المستنصرية / كلية الهندسة/ قسم المدني
Essam.h.elaiwi@gmail.com

الملخص

تتناول الدراسة الحالية تأثير استخدام ألياف الكربون المقطعة (CCF) على خصائص كثافة وقوة ضغط الجبس النقي. تم استخدام أربعة مجموعات مختلفة من الجبس النقي. تم تصنيف المجموعات إلى مجموعتين بناءً على نسبة الماء إلى الجبس النقي البالغة 0.55 و0.65. تم تقسيم كل مجموعة إلى مجموعتين بناءً على نسبة الحجم (Vf) البالغة 0.0٪ و0.25٪ من ألياف الكربون المقطعة (الجبس النقي الليفي وغير الليفي). تم استخدام ثلاث عينات بقياس 50mm * 50 * 50 لكل خليط. وقد ثبت أن استخدامCCF في خلطات الجبس النقي يعزز ويحسن قوة الضغط لنسبتين من الماء إلى الجبس النقي (W/PG) كما إن معدل تحسن قوة الضغط مع استخدام الجبس النقي يتناسب طردياً مع نسبة (W/PG). بالإضافة إلى ذلك، تجدر الإشارة إلى أن زيادة نسبة W/PG تؤدي إلى انخفاض في كل من الكثافة وقوة الضغط على العكس من ذلك، فإن سلوك الجبس النقي الليفي يقلل من معدل انخفاض كل من الكثافة وقوة الضغط.

The Effect of Chopped Carbon Fibers (CCF) on the Properties of Pure Gypsum.

Abstract

The present study investigates the effect of using chopped carbon fibers (CCF) on the density and compressive strength properties of plain gypsum. Four different groups of plain gypsum mixtures were used. The groups were classified into two main groups based on water-to-plain-gypsum ratios of 0.55 and 0.65. Each main group was further divided into two subgroups according to the volume fraction (Vf) of chopped carbon fibers, namely 0.0% and 0.25% (non-fibrous and fibrous plain gypsum).

Three specimens with dimensions of 50 mm × 50 mm × 50 mm were prepared for each mixture. The results showed that the incorporation of CCF into plain gypsum mixtures enhances and improves the compressive strength at both water-to-plain-gypsum ratios (W/PG). Moreover, the rate of improvement in compressive strength with the use of fibrous plain gypsum is directly proportional to the W/PG ratio. In addition, it is noted that increasing the W/PG ratio leads to a reduction in both density and compressive strength; conversely, the fibrous plain gypsum behavior reduces the rate of decrease in both density and compressive strength.

1. مقدمة

الجبس المعدني، المعروف أيضًا باسم كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4 .2H_2 O$)، مطلوب جداً ويستخدم غالباً في العديد من أعمال البناء. تم استغلال الجبس على نطاق واسع في العديد من التطبيقات، بما في ذلك استخدامه كمواد رابطة في البناء، ومواد زخرفية داخلية، ووحدات بناء مسبقة الصنع، وعزل الضوضاء في الجدران [1-2]. يتميز الجبس بعدد من الخصائص المميزة، مثل اتساق حجمه، وكثافته المنخفضة، ومقاومته للحرارة أو الحريق، وسهولة بنائه، وتكلفته المنخفضة، وشكله الجذاب [2-3]. بالإضافة إلى استخدامه في البناء، للجبس استخدامات متنوعة، بما في ذلك في مجالات الطب وطب الأسنان [4]، وقوالب السيراميك، وكمكون رئيسي في الأسمنت البورتلاندي العادي، مما يساعد على تأخير وقت تماسك الأسمنت [5] . وفقاً لنتائج عدد من الدراسات [6-19] ، فإن استخدام مواد مختلفة (مثل الرماد المتطاير والأسمنت البورتلاندي العادي ودخان السليكا) لديه القدرة على تحسين الخصائص الفيزيائية/الكيميائية لمصفوفة الجبس، مما قد يؤدي بدوره إلى تأثيرات إيجابية على الخصائص المتصلبة والطازجة .في سياق استغلال مواد التعزيز، تم إجراء عدد من التجارب لإثبات أهمية إدراج مجموعة متنوعة من الألياف في خلطات الجبس[32-20, 3]. وقد ثبت أن الألياف يمكن استخدامها بفعالية من أجل إحداث تحسينات في قوة الشد، واستقرار الأبعاد، وقوة الجبس. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تتمتع بالقدرة على حماية هيكلها من التلف أو الفشل.

تسُتخدم فئة جديدة من المواد عالية القوة تعُرف باسم ألياف الكربون في الغالب لغرض تقوية المواد المركبة [33] . ومع ذلك، تسُتخدم ألياف الكربون في تطبيقات التكنولوجيا المتقدمة مثل الهندسة النووية والطيران [34] .

عند مقارنتها بمواد التسليح الليفية الأخرى، تمتلك المواد المركبة المدعمة بألياف الكربون أعلى مقاومة مسجلة بين جميع المواد الليفية المقواة. فعند تعرّضها لدرجات الحرارة الاعتيادية، لا تُظهر ألياف الكربون السلوك نفسه الذي تُظهره البوليمرات العضوية أو الألياف الزجاجية، مثل الانكسار الناتج عن الإجهاد أو الفشل الناتج عن التآكل. وخاصة عند ارتفاع درجة الحرارة، فإن معامل المرونة ومقاومة هذا النوع من المواد تكون أفضل من نظيراتها من المواد الأخرى [33]. تُعد المواد المركبة المدعمة بألياف الكربون خيارًا جيدًا للتطبيقات التي تتطلب مقاومة أعلى ووزنًا أقل وتحسينًا في خصائص الفشل. بالإضافة إلى ذلك، تتميز ألياف الكربون بمعامل تمدد حراري منخفض [35]، فضلاً عن تمتعها بموصلية حرارية وكهربائية عالية. إن البنية الكربونية التي تحتويها ألياف الكربون هي ما يحدد خصائصها الأساسية. وبحسب المرجع [36]، تُعد ألياف الكربون المادة الأخف وزنًا والأكثر صلابة بين المواد الأخرى.

في عدد من الدراسات، تم استخدام مكونات مختلفة مثل ألياف الفولاذ، وألياف الكربون، ومسحوق قشر الأرز بهدف تحسين الخرسانة الإسفلتية أو الخرسانة خفيفة وعادية الوزن [37-48].

2. هدف البحث

تُعد الكثافة ومقاومة الانضغاط من الخصائص المهمة للجبس النقي، وتهدف هذه الدراسة إلى تحسين هاتين الخاصيتين. ولغرض تقييم تأثير هذه العوامل على مقاومة الانضغاط والكثافة للجبس النقي، تم إجراء دراسة تحليلية باستخدام نسب ماء إلى جبس نقي (W/PG) مقدارها 0.55 و0.65، وكذلك نسب ألياف كربون مفرومة مقدارها 0.0% و0.25%.

3. برنامج التجارب

3.1 المواد

3.1.1 الجبس النقي

في هذه الدراسة تم استخدام الجبس النقي العراقي. والمادة المستخدمة هي جبس نصف مائي من كبريتات الكالسيوم، والممثلة بالصيغة الكيميائية $CaSO4·2H2O$. أما الماء المستخدم في خلط جميع عينات الجبس فكان من ماء الصنبور.

3.1.2 ألياف الكربون المقطعة

تم الحصول على ألياف الكربون من المصنع بشكل مقطع بطول 8 ملم، كما هو موضح في الشكل (1). ويعرض الجدول (1) خصائص ألياف الكربون النموذجية [47].

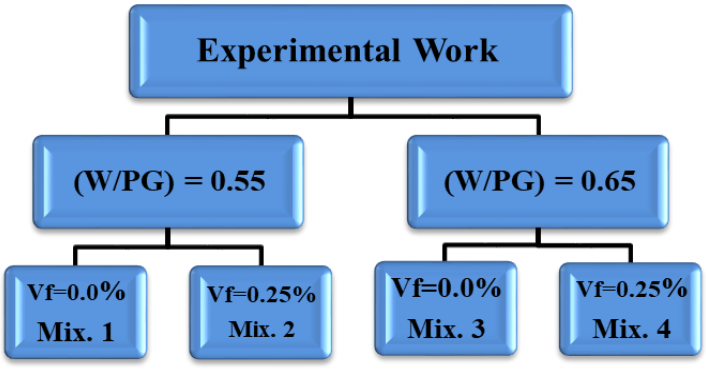
جدول 1: خصائص الياف الكربون المقطعة

Characteristics	Elements
Fiber Type	Carbon
length of Fabric	8 mm
Diameter of Fabric	166 µm
Unit-weight	1.78 g/cm^3
Tensile strength	(3449 – 3899) MPa
Tensile modulus of elasticity	231 GPa
Elongation	% 1.5

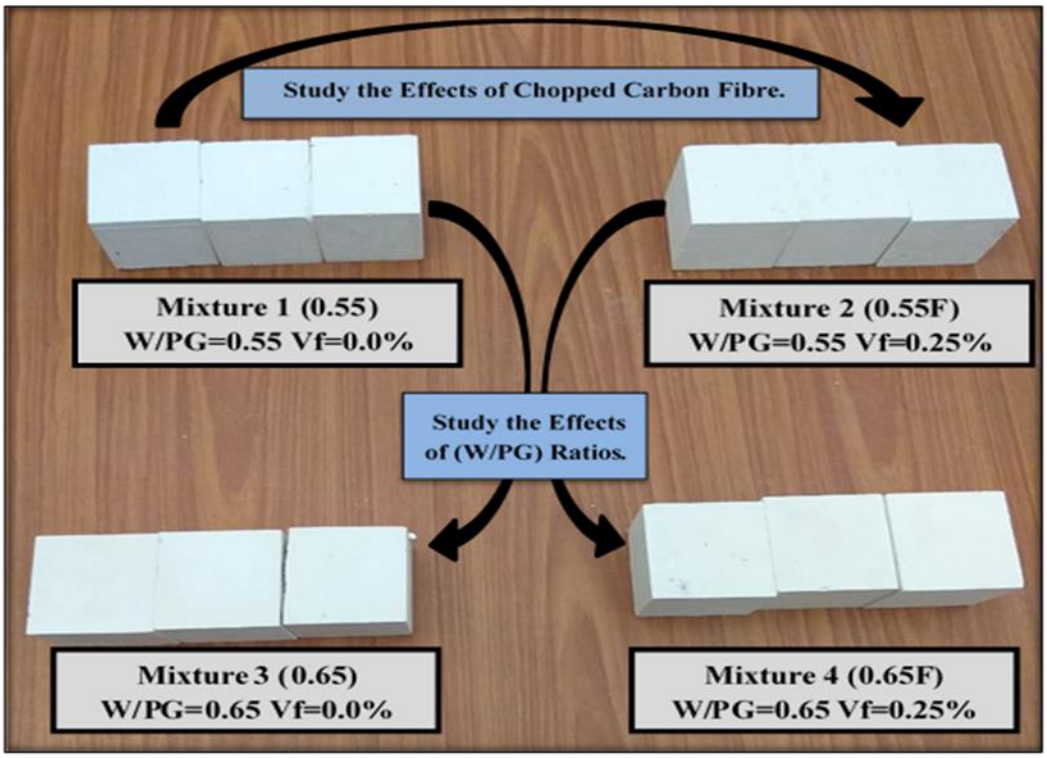
شكل (1). الياف الكربون المقطعة

3.2. برنامج التجارب

تم إعداد أربع خلطات مختلفة من الجبس كجزء من هذه الدراسة. تم تقسيم الخلطات إلى مجموعتين بناءً على كمية الماء الى الجبس التي تحتويها (0.55 و0.65). وتم تقسيم كل مجموعة إلى مجموعتين فرعيتين بناءً على النسبة الحجمية لكمية ألياف الكربون المقطعة التي تحتويها (0.0% و0.25%). يوضح الشكلان (2) و(3) برنامج التجارب.



شكل (2). مجموعات العينات المفحوصة



شكل (3): البرنامج العملي

3.3. إجراء الخلط

أولاً، تم وزن ألياف الكربون المقطعة، ثم أضيفت إلى كمية من الجبس النقي التي تم وزنها أيضًا. بعد ذلك، خضعت الخلطة لعملية خلط جاف قوية حتى تم توزيع ألياف الكربون المفرومة بشكل متساوٍ داخل المكونات الجافة. بعد ذلك، أُضيف الماء إلى الخلطة حتى وصلت إلى حالة تجانس تام. بعد الانتهاء من عملية الخلط، يُسكب الخليط في قوالب قياسية مكعبة، طول ضلع كل منها خمسون مليمترًا. وتُجرى الاختبارات في مختبرات تسمى "مختبر مواد البناء" في كلية الهندسة بجامعة المستنصرية. بعد انتهاء فترة النضج المطلوبة، يتم أخذ مكعب الجبس الناتج من القوالب القياسية وتعريضه لمصدر حرارة بدرجة 40 درجة مئوية.

3.4. إجراء الاختبار

المعيار المستخدم هو "ASTM C472-20 " طرق الاختبار المعيارية للاختبار الفيزيائي للجبس، وجبس البلاستر، والخرسانة الجبسية [49]، وتم إجراء اختبار الانضغاط وفقًا لهذا المعيار. لمعرفة مقاومة الانضغاط لعينات مكعبة بأبعاد 50×50×50 ملم، يتم إجراء الاختبار بعد مرور أسبوع من التصنيع.

4. النتائج والمناقشة

4.1. مقاومة الجبس النقي

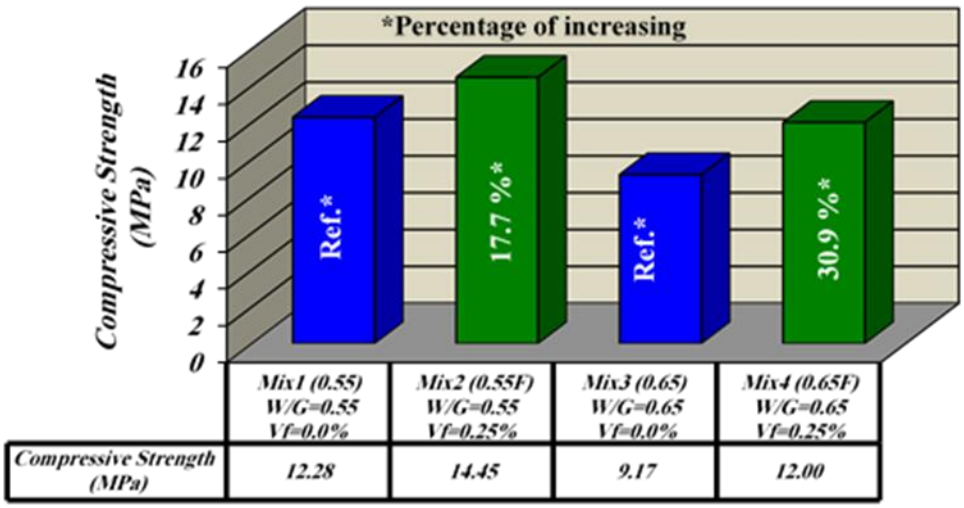
4.1.1 تأثير إضافة ألياف الكربون المقطعة على مقاومة الانضغاط للجبس النقي عند نسب W/PG المختلفة

توضح النتائج الخاصة بإضافة 0.25% من ألياف الكربون المقطعة إلى الجبس النقي مع نسبتين مختلفتين من W/PG هما 0.55 و0.65 في الجدول (2) والشكل (4). تُظهر النتائج أن مقاومة الانضغاط تتحسن بزيادة كمية ألياف الكربون المفرومة، كما يتضح من المقارنة بين الخلطتين 1 و3. ويظل هذا النمط ثابتًا عبر نطاق نسب W/PG. يمكن أن يُعزى هذا السلوك إلى زيادة مقاومة الشد لألياف الكربون المقطعة، مما يمنع تكوّن الشقوق الأولية ويؤخر انتشارها مع زيادة التحميل. ويُدعم هذا الرأي الملاحظة بأن العينات التي تحتوي على ألياف الكربون المقطعة لم تنهار، على عكس العينات العادية التي لا تحتوي على هذه الألياف، كما يوضح الشكل (4).

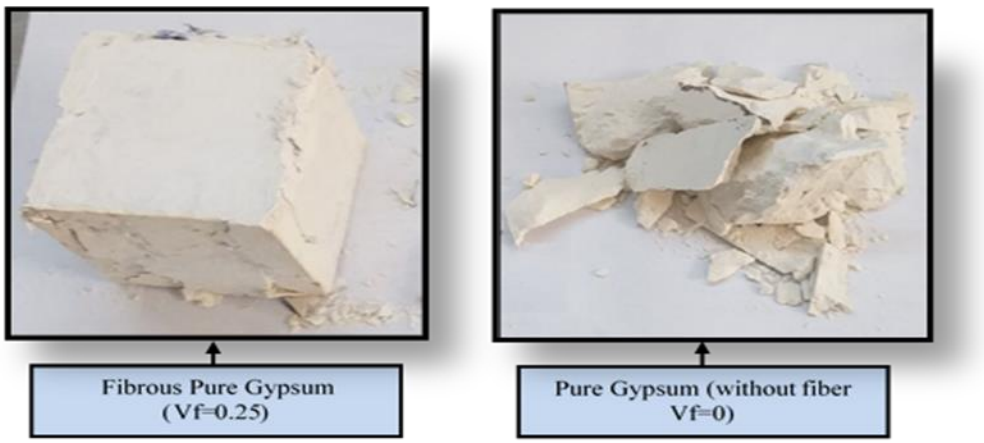
بالإضافة إلى ذلك، يتضح من الجدول (2) والشكل (4) أنه بالمقارنة مع الخلطات المرجعية (خلطة1 وخلطة3)، فإن الزيادة في نسبة مقاومة الانضغاط الناتجة عن إضافة ألياف الكربون المفرومة (Vf=0.25%) تتضاعف مع زيادة نسبة W/PGمن 0.55 → 0.65. ويمكن تفسير الزيادة الملحوظة في مقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة W/PG بأن مقاومة الانضغاط في الخلطة المرجعية التي تحتوي على نسبة W/PG مقدارها 0.65 (التي تُعرف بـ خلطة3) أقل مقارنة بالخلطة المرجعية التي تحتوي على نسبة W/PG مقدارها 0.55 (التي تُعرف بـ خلطة 1).

الجدول (2): تأثير محتوى ألياف الكربون المقطعة (Vf) على مقاومة الانضغاط للجبس النقي عند نسب W/PG المختلفة

Name of the Mix.	Mix sign	The percentage of chopped carbon fibers (Vf)	Ratio of water to pure gypsum (W/PG)	Compression strengths (MPa)	Increasing Percentage %
Mixture 1	0.55	0.0	0.55	12.28	-------
Mixture 2	0.55 F	0.25	0.55	14.45	17.7
Mixture 3	0.65	0.0	0.65	9.17	-------
Mixture 4	0.65 F	0.25	0.65	12.00	30.9



الشكل (4): تأثير محتوى ألياف الكربون المقطعة على مقاومة الانضغاط للجبس النقي عند نسب مختلفة من(W/PG)



الشكل (5): شكل العينات الفاشلة التي تم الحصول عليها مع وبدون ألياف الكربون المقطعة

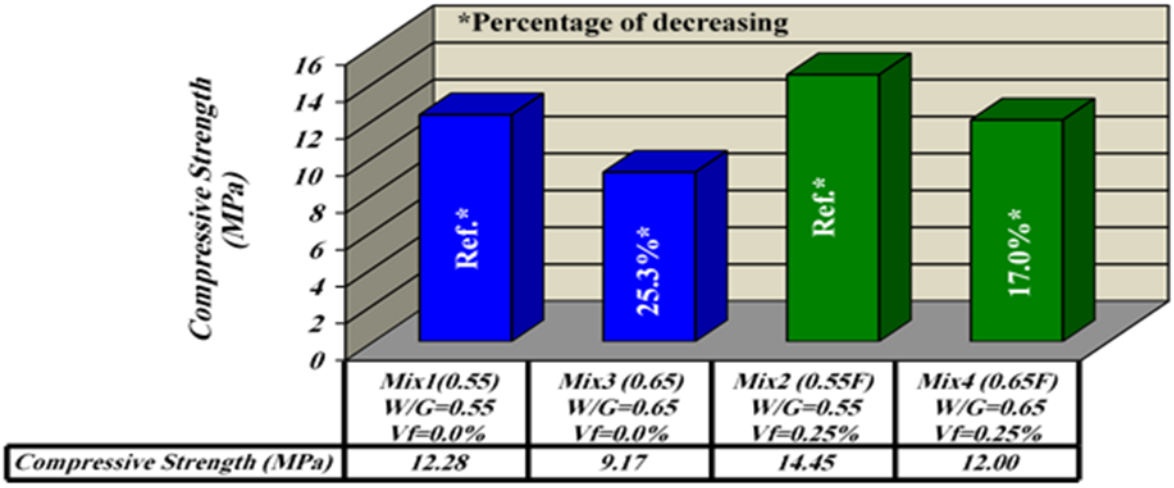
4.1.2 تأثير تغير نسب (W/PG) على مقاومة الانضغاط للجبس النقي الليفي وغير الليفي

توضح التغيرات في مقاومة الانضغاط للجبس النقي عند نسب ألياف الكربون المقطعة (CCF) مقدارها 0.0% و0.25% في الجدول (3) والشكل (6). تم زيادة نسبة W/PG من 0.55 إلى 0.65. وعند مقارنة الخلطة 1 بالخلطة 2، تظهر النتائج أن مقاومة الانضغاط تقل مع زيادة نسبة .W/PG ويعود السبب وراء هذا السلوك إلى أن زيادة محتوى الماء (فوق مستوى الماء التفاعلي) تؤدي إلى التبخر، مما يترك فراغات داخل الخلطة الصلبة، وهو ما يزيد من مسامية الخلطة المتصلبة. وهذا بدوره يضعف البنية الداخلية للجبس، مما يقلل من مقاومة الخلطة [50 ,11].

علاوة على ذلك، يُظهر كل من الجدول (3) والشكل (6) أن وجود ألياف الكربون المقطعة يقلل من انخفاض مقاومة الانضغاط. ويمكن تفسير النتيجة الملحوظة من خلال آلية الفشل، والتي تتضمن سحق العينات المكعبة، حيث يؤدي هذا النمط من الفشل إلى تأثير مماثل لألياف الكربون المقطعة في تعزيز مقاومة الانضغاط لكلا نسبتي .W/PG ويمكن عزو تقليل تدهور مقاومة الانضغاط عند إضافة ألياف الكربون المقطعة إلى أن الخلطات المرجعية التي تحتوي على CCF (Mixture2 , Mixture4) تمتلك مقاومة انضغاط أكبر مقارنة بالخلطات المرجعية التي لا تحتوي على.(Mixture1 and Mixture 2) CCF

الجدول (3): تأثير نسب (W/PG) على مقاومة الانضغاط للجبس النقي مع تغير الكسر الحجمي لألياف الكربون المقطعة

Name of the Mix.	Mix sign	The percentage of chopped carbon fibers (Vf)	Ratio of water to pure gypsum (W/PG)	Compression strength (MPa)	Reduction Percentage %
Mixture 1	0.55	0.0	0.55	12.28	-------
Mixture 3	0.65	0.0	0.65	9.17	25.3
Mixture 2	0.55 F	0.25	0.55	14.45	-------
Mixture 4	0.65 F	0.25	0.65	12.00	17.0



الشكل (6): تأثير نسب (W/PG) على مقاومة الانضغاط للجبس النقي مع تغير الكسر الحجمي لألياف الكربون المقطعة

4.2. كثافة الجبس النقي

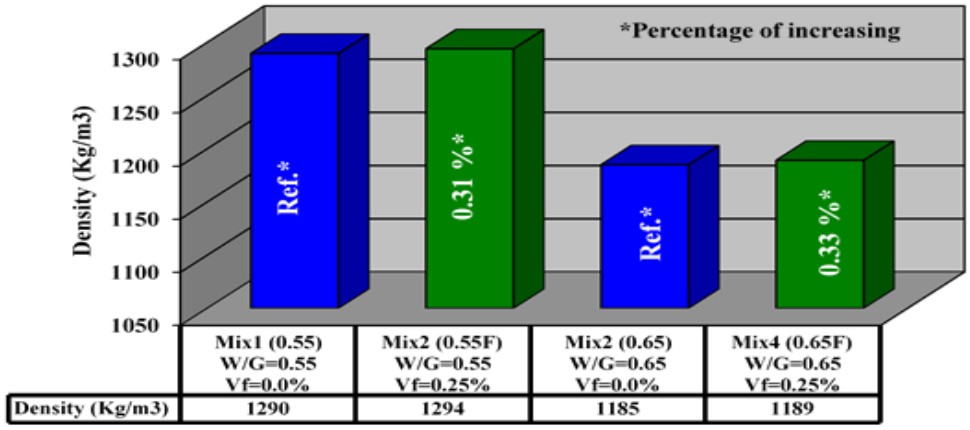
4.2.1 تأثير ألياف الكربون المقطعة CCF على كثافة الجبس النقي عند نسب ماء إلى جبس نقي (W/PG) مختلفة

يوضح الشكل (7) والجدول (4) تأثير إضافة 0.25% من ألياف الكربون المقطعة إلى الجبس النقي على كثافته عند نسبتي W/PG مختلفتين هما 0.55 و0.65. عند مقارنة النتائج مع الخلطتين 1 و3 (بعد مرور أسبوع من الصنع)، تظهر النتائج أن استخدام ألياف الكربون المقطعة يؤدي إلى زيادة طفيفة في الكثافة. ويظل هذا السلوك ثابتًا عند نسبتي W/PG المختلفتين. يمكن أن يُعزى هذا السلوك إلى أن ألياف الكربون المقطعة توفر مساحة سطحية أكبر، مما يؤدي إلى تقليل كمية الماء في الخلطة (حتى وإن كان ذلك بنسبة صغيرة).

بالإضافة إلى ذلك، كما هو موضح في الشكلين (7) و(4)، كانت نسبة الزيادة (حتى وإن كانت بسيطة) متقاربة جدًا عند نسبتي W/PG البالغتين 0.55 و0.65.

الجدول (4): تأثير ألياف الكربون المقطعة على كثافة الجبس النقي عند نسب (W/PG) المختلفة

Name of the Mix.	Mix sign	The percentage of chopped carbon fibers (Vf)	Ratio of water to pure gypsum (W/PG)	Density (Kg/m^3)	Increasing Percentage %
Mixture 1	0.55	0.0	0.55	1290	-------
Mixture 2	0.55 F	0.25	0.55	1294	0.31%
Mixture 3	0.65	0.0	0.65	1185	-------
Mixture 4	0.65 F	0.25	0.65	1189	0.33%



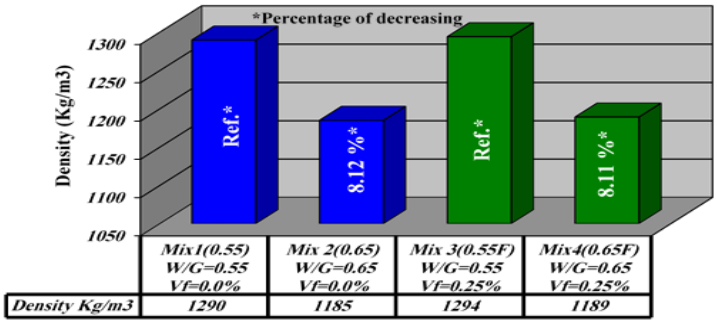
الشكل (7): تأثير ألياف الكربون المقطعة على كثافة الجبس النقي عند نسب (W/PG) المختلفة

4.2.2 تأثير زيادة نسب W/PG على كثافة الجبس النقي الليفي وغير الليفي

يوضح الجدول (5) والشكل (8) نتائج دراسة حول تأثير زيادة نسبة W/PG من 0.55 إلى 0.65 على كثافة الجبس النقي. وتُعرض النتائج لنسب مختلفة من الكسر الحجمي لألياف الكربون المفرومة (Vf بنسبة 0.0% و0.25%) عند عمر 36 ساعة. كما يتضح من النتائج، تنخفض الكثافة مع زيادة نسبة W/PG عند المقارنة بين الخلطة 1 والخلطة 2، ويظهر هذا السلوك أيضًا بالنسبة للقيمتين المختلفتين لألياف الكربون المفرومة. ويمكن تفسير هذا السلوك بنفس المبرر الذي ذُكر في القسم (4.2.1). علاوة على ذلك، تشير البيانات المعروضة في الجدول (5) والشكل (8) إلى أن نسبة الانخفاض في الكثافة كانت متقاربة جدًا بين Vf = 0.0% للجبس النقي غير الليفي وVf = 0.25% للجبس النقي الليفي.

الجدول (5): تأثير نسبة W/PG على كثافة الجبس النقي مع تغير الكسر الحجمي (Vf) لألياف الكربون

Name of the Mix.	Mix sign	The percentage of chopped carbon fibers (Vf)	Ratio of water to pure gypsum (W/PG)	Density (Kg/m^3)	Reduction Percentage %
Mixture 1	0.55	0.0	0.55	1290	-------
Mixture 3	0.65	0.0	0.65	1185	**8.12**%
Mixture 2	0.55F	0.25	0.55	1294	-------
Mixture 4	0.65F	0.25	0.65	1189	**8.11**%



الشكل (7): تأثير نسب (W/PG) على كثافة الجبس النقي مع تغير الكسر الحجمي لألياف الكربون المقطعة

5. الاستنتاجات

فيما يلي ملخص لأهم النتائج التي يمكن استخلاصها من الدراسة الحالية:

1- مقاومة الضغط للخليط الذي يحتوي على ألياف الكربون المقطعة بنسبة حجمية 0.25% تتحسن مقارنة بالخليط الخالي من ألياف الكربون (الخليط 1 والخليط 3). هذا التأثير ثابت عبر نسب W/PG المختلفة.

2- عند إضافة ألياف الكربون المقطعة بنسبة 0.25%، تتحسن مقاومة الضغط عند زيادة نسبة الماء إلى الجبس النقي من 0.55 إلى 0.65 مقارنة بالخليط المرجعي.

3- عند زيادة نسبة (W/PGمن 0.55 إلى 0.65، تقل مقاومة الضغط مقارنة بالخليط المرجعي، وهذا التأثير ثابت لكلا محتويي ألياف الكربون المقطعة (Vf = 0.0 و0.25%).

4- مع زيادة نسبة W/PG من 0.55 إلى 0.65، تصبح نسبة الانخفاض في مقاومة الضغط أقل عند وجود ألياف الكربون.

5- عند استخدام ألياف الكربون المقطعة بنسبة Vf = 0.25%، تكون الكثافة أعلى قليلًا مقارنة بالخليط الخالي من ألياف الكربون، أي الخليط 1 والخليط 3، وهذا التأثير ثابت عبر نسب W/PG المختلفة.

6- مقارنة بالخليط المرجعي، تقل الكثافة عند زيادة نسبة W/G من 0.55 إلى 0.65. هذا الاتجاه ثابت لكل من Vf = 0.0% و0.25%.

الشكر والتقدير

يعبر الباحثون عن شكرهم لجامعة المستنصرية في بغداد، العراق، على دعمها ومساعدتها في إنجاز هذا العمل (www.uomustansiriyah.edu.iq)

المصادر

[1] Mucha M., Mróz P, Kocemba A. Polymer composites based on gypsum matrix. In VIII International Conference on “Times of Polymers and Composites”, American Institute of Physics, (2016). Cited by reference [14].

[2] Yu Q, HJ Brouwers. Microstructure and mechanical properties of b-hemihydrate produced gypsum: An insight from its hydration process. Construction and Building Materials. (2011); 25: 3149–3157. Cited by reference [14].

[3] Yıldızel S and Çarbaş S. Mechanical performance comparison of glass and mono fibers added gypsum composites. Challenge Journal Of Structural Mechanics. (2018); (4)1:9-12. Cited by reference [14].

[4] Sanad ME, Combe, Grant AA. The Use of Additives to Improve the mechanical properties of Gypsum Products. Journal of Dental Research. (1982); (61)6: 808-810. Cited by reference [14].

[5] Papageorgiou A, Tzouvalas G Tsimas S. Use of Inorganic Setting Retarders in Cement Industry. Cement and Concrete Research. (2005);25:183-189 Cited by reference [14].

[6] Murat M, Attari A. Modification of some physical properties of gypsum plaster by addition of clay minerals. Cement and Concrete Research. (1991);2:378-378. Cited by reference [14].

[7] Joshi RC, Thomas JO, Adam RB. Properties of gypsum wall boards containing fly ash. Journal of Materials in Civil Engineering. (1992);4(2):212–25. Cited by reference [14].

[8] Bentur A, Kovler K, Goldman A, "Gypsum of improved perfromance using blends with portland cement and silica fume," advance in cement research. (1995); (6)23:109-116. Cited by reference [14].

[9] Deng Y, Furuno T, Uehara T. Improvement on the properties of gypsum particleboard by adding cement. Journal of Wood Science. (1998);44:98-102. Cited by reference [14].

[10] Hernandez F, Bollati MR, Rioc M, Parga B. Development of cork gypsum composites for building applications. Construction and Building Materials. (1999);13:179–86. Cited by reference [14].

[11] AL-Ridha, S. D., Ali A. Abbood, and Hussein H. Hussein. "Improvement of gypsum properties using SF additive." International Journal of Science and Research 6.8 (2015): 504-509.
[12] Abbood A. A. "Improvement of Gypsum Characteristics using (T.G.P.) and (P.V.A.) Additives", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 7, Issue 2, February 2018.
[13] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Ali F. Atshan, Hussein H. Hussein, Layth Sahib Dheyab, Mohammed Sabah Mohialdeen, and Hameed Zaier Ali. "A Comparative Study Between the Individual, Dual and Triple Addition of (SF),(TGP) and (PVA) for Improving Local Gypsum (Juss) Properties." In International Congress and Exhibition" Sustainable Civil Infrastructures", pp. 65-79. Springer, Cham, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34249-4_7
[14] Dhaheer, MS Abo, and H. K. Ammash. "Improvement of ordinary and pure gypsum properties by using polyvinyl alcohol (PVA)." *Int. J. Civ. Eng. Technol* 9.9 (2018): 323-334.
[15] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Yasir M. Al-Badran, Hussein H. Hussein, Layth Sahib Dheyab, Ali F. Atshan, Isam Dhahir Khudhur, Mahdi Resham Alak, and Aisha Arkan Ahmed. "Comparative study between the individual, dual and triple addition of (SF),(TGP) and (PVA) for improving Local Plaster of Paris (LPOP) properties." Materials Today: Proceedings 56 (2022): 2721-2729. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.401
[16] Abbood, Ali A., Ali F. Atshan, and Ahmed SD AL-Ridha. "Improvement of Local Gypsum Plaster Setting Time by the Combined Usage of (TGP) and (PVA) Additives." In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 870, no. 1, p. 012106. IOP Publishing, 2020. https://doi.org/10.1088/1757-899X/870/1/012106
[17] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Essam H. Elaiwi, Hussein H. Hussein, and Layth Sahib Dheyab. "Increasing the Setting Time of Local Gypsum (Joss) by the Use of TGP additive." In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 888, no. 1, p. 012078. IOP Publishing, 2020. https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012078
[18] Elaiwi, Essam H., Ali Kadhim Ibrahim, Saeb F. Al-Chalabi, Ali A. Abbood, Farah M. Hussein, Hussein H. Hussein, and Ahmed SD AL-Ridha. "The influence of water-gypsum ratio on the properties of national gypsum (Joss) for various additives." Materials Today: Proceedings 80 (2023): 1327-1333.
[19] Al-Chalabi, Saeb F., Essam H. Elaiwi, Farah M. Hussein, Ali A. Abbood, Sinan Khaleel Ibrahim, Hussein H. Hussein, Firas Saeed Abbas, Eng Lubna Najim Abdullah, Eng Zinah Ahmed Shukri, and Ahmed SD AL-Ridha. "Evaluating the individual, dual usage of (TGP) and (SF) additives on improving gypsum characteristics." Materials Today: Proceedings 62 (2022): 4567-4573. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.305
[20] Singh M, Mridul G. Glass fibre reinforced water resistant gypsum based composites. Cement Concrete Reasearch. (1992);14(1):23–32. Cited by reference [14].
[21] Li G, Yu Y, Zhao Z, Li J, Li C. Properties study of cotton stalk fiber/gypsum composites. Cement Concrete Reasearch. (2003);33(1):43–6. Cited by reference [14].
[22] Medina NF, Barbero-Barrera MM. Mechanical and physical enhancement of gypsum composites through a synergic work of polypropylene fiber and recycled isostatic graphite filler. Construction and Building Materials. (2017);131:165-177. Cited by reference [14].
[23] Wu YF, Dare MP. Flexural and shear strength of composite lintels in glass fiber reinforced gypsum wall constructions. Journal of Materials in Civil Engineering. (2006);18(3): 415-423. Cited by reference [14].
[24] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Laith S. M. Al-Asadi, Hussein H. Hussein and Layth Sahib Dheyab "Effect of Adding Chopped Carbon Fiber (CCF) on the Improvement of Gypsum Plaster

Characteristics " In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2020

[25] Jameel, Mohammed Abid, Laith SM Al-Asadi, Zuhair Abd Hacheem, and Ahmed SD AL-Ridha. "Effect of Chopped Carbon Fibre (CCF) on enhancing the compressive strength and density of gypsum plaster." Materials Today: Proceedings (2022).

[26] Al-Ridha, Ahmed SD, Abbas Firas Saeed, Mahdi Faris Hamid Abdul, Dheyab Layth Sahib, Ali Hameed Zaier, and Mohialdeen Mohammed Sabah. "The influence of chopped copper fibre (CF) on the improvement of pure gypsum by compressive strength." Journal of Applied Engineering Science 20, no. 2 (2022): 546-551.

[27] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Farah M. Hussein, Layth Sahib Dheyab, Eng Lubna Najim Abdullah, Eng Hameed Zaier Ali, Eng Mohammed Sabah Mohialdeen, and Eng Azaldeen Ali Abdulhussein. "Effect of Chopped Sisal fiber (CSF) on enhancing the compressive strength of Local Plaster of Paris (LPOP)." Materials Today: Proceedings 47 (2021): 2575-2579.

[28] Shubber, Arshad Nadhom, Firas Saeed Abbas, Hayder Mohammed AL-Taweel, Sinan Khaleel Ibrahim, Ali Al-Balhawi, Yasir M. Al-Badran, Layth Sahib Dheyab, and Ahmed SD Al-Ridha. "The Evaluation Effect of Copper Fibre Diameter on Enhancing Compressive Strength of Pure Gypsum." Journal of Ecological Engineering 24, no. 11 (2023): 148-154.

[29] Hussein, Farah M. "Effect of chopped carbon fibers (CCF) and water to gypsum ratio on the compressive strength and density of gypsum plaster." In AIP Conference Proceedings, vol. 2917, no. 1. AIP Publishing, 2023. https://doi.org/10.1063/5.0175848

[30] Ibrahim, S. K., et al. " Influence of steel fiber (SF) addition on the enhancement compressive strength of pure gypsum." Materials Today: Proceedings (2023).

[31] Jabur, Aqeel Raheem, Ahmed A. Ahmed, and Ahmed SD AL-Ridha. "Evaluating the Characteristics of Fibrous Pure Gypsum Containing Chopped Carbon Fiber (CCF)." E3S Web of Conferences. Vol. 559. EDP Sciences, 2024.

[32] Jaafar, Esraa Kamal, et al. "Investigate the influence of Aspect Ratio of Copper Fiber on the improvement of pure gypsum's compressive strength." E3S Web of Conferences. Vol. 559. EDP Sciences, 2024.

[33] W. S . SMITH, "Engineered Materials Handbook-Vol. 1" (ASM International, Ohio, 1987) p. 49. Cited by reference[31]

[34] Chand, S. "Review carbon fibers for composites." Journal of materials science 35.6 (2000): 1303-1313.

[35] J. B. DONNET and R. C. BANSAL, "Carbon Fibers" (Marcel Dekker, Inc., New York, 1990). Cited by reference [31].

[36] S. Bharathidasan, T. K. Krushnadesikan **" Carbon Fibre Reinforced Gypsum Buildings" International Journal of Innovative Science Engineering and Technology ,** Vol. 2 Issue 2, February 2015.

[37] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali Kadhim Ibrahim, Hayder Mohammed AL-Taweel, and Layth Sahib Dheyab. "Effect of Steel Fiber on Ultrasonic Pulse Velocity and Mechanical Properties of Self-Compact Light Weight Concrete." In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 518, no. 2, p. 022017. IOP Publishing, 2019. https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022017

[38] Fadhil H., Luma. 2010. "Residual Compressive and Flexural Strength of Self Compacting Concrete Exposed to High Temperature". Journal of Engineering and Sustainable Development 14 (1):149-

68. https://jeasd.uomustansiriyah.edu.iq/index.php/jeasd/article/view/1488.
[39] Abudel Salam, Lina. 2015. "Effect of Steel Fiber and Silica Fume on Hardened Concrete Compressive and Flexural Strength". Journal of Engineering and Sustainable Development 19 (1):68-86. https://jeasd.uomustansiriyah.edu.iq/index.php/jeasd/article/view/687
[40] AL-Ridha A. S. D "The Influence of Size of Lightweight Aggregate on The Mechanical Properties Of Self-Compacting Concrete With and Without Steel Fiber" International Journal of Structural & Civil Engineering Research, Vol. 3, No. 1, February 2014.
[41] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, Saeb F. Al-Chalabi, Abaa M. Aziz, and Layth Sahib Dheyab. "A Comparative Study between the Effect of Steel Fiber on Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) in Light and Normal Weight Self-Compacting Concretes." In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 888, no. 1, p. 012081. IOP Publishing, 2020. https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012081
[42] AL-Ridha, Ahmed SD, Ali A. Abbood, and Ali F. Atshan. "Assessment of the Effect of Replacing Normal Aggregate by Porcelinite on the Behaviour of Layered Steel Fibrous Self-Compacting Reinforced Concrete Slabs under Uniform Load." Journal of Engineering 2020 (2020). https://doi.org/10.1155/2020/3650363
[43] Al-Ridha, Ahmed SD, A. HAmeed, and Sinan Khaleel Ibrahim. "Effect of steel Fiber on the Performance of Hot Mix Asphalt with Different Temperatures and Compaction" Australian Journal of Basic and Applied Sciences 8, no. 6 (2014): 123-132.
[44] AL-Ridha, Ahmed SD, Asst Lec Sinan K. Ibrahim, and Eng Layth Sahib Dheyab. "Steel Fiber Effect on the Behavior of Hot Mixture Asphalt with Variable Asphalt Content" International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Volume No 04, Special Issue No. 01, February 2016.
[45] Al-Sarraf, S.Z ,Diab, A.S., Al-Shaarbaf, I.A. and Diab, A.S., 2011. Effect of Steel Fiber on the Behavior of Deep Beams with and without Web Opening. Engineering and Technology Journal, 29(1), pp.1-19.
[46] Elaiwi EH, Al-Chalabi SF, Al-Asadi LS, Abbood AA, AL-Ridha AS. "Evaluating the Performance of Fibrous Cement Mortar Containing Chopped Carbon Fiber (C.C.F.)" In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. IOP Publishing
[47] AL-Ridha, A.S.D., Abuzaid, E.K.M. and Abbood, A.A.R., 2018. Effect of Addition of Chopped Carbon Fiber on The Behavior of Reinforced Concrete Beams With Variable (Shear Distance To Effective Depth) Ratios. Journal of Engineering and Sustainable Development, 22(1), pp.137-148. https://jeasd.uomustansiriyah.edu.iq/index.php/jeasd/article/view/336
[48] Al-Ridha, Ahmed SD, et al. " Influence of Fibrous Layers on the Behavior of Self-Compacting Light-weight Reinforced Concrete (SCLRC) Slabs under Area Load." *Advances in Civil Engineering Materials* 13.1 (2024): DOI: 10.1520/ACEM20230130
[49] ASTM C472-20 (2020), Standard Test Methods for Physical Testing of Gypsum, Gypsum Plasters and Gypsum Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020
[50] Q. L. Yu and H. J. H. Brouwers, "Microstructure and mechanical properties of b-hemihydrate produced gypsum: An insight from its hydration process, " Construction and Building Materials, vol. 25, pp.3149- 3157, 2011. Cited by reference Sayonara M. M. Pinheiro and Gladis Camarini "Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles" IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 7, No. 3, June 2015.