

تأثير استخدام ألياف السيزال المقطعة (CSF) على تحسين خصائص الجبس النقي

Aqeel Raheem Jabur

Civil Engineering Department, Engineering College, Mustansiriyah-University.
Baghdad, Iraq.

المستخلص:

الملخص: يدرس هذا العمل تأثير استخدام أحد الألياف الطبيعية (وهو: ألياف السيزال (SF)) على خصائص الجبس النقي (وبالتحديد مقاومة الانضغاط والكثافة). تتكون خطة البحث من استخدام أربعة خلطات من الجبس؛ وتنقسم هذه الخلطات إلى مجموعتين وفقاً لنسب (الماء/الجبس) (0.55 و 0.65). وتنقسم كل مجموعة إلى فئتين بناءً على النسبة الحجمية (Vf) لألياف السيزال المقطعة CSF (0.0 و 0.8) في المائة. تم عمل ثلاث عينات مكعبة (50×50×50) مم لكل خلطة. ووجد أن استخدام CSF في خلطات الجبس يحسن مقاومة الانضغاط لكلا النسبتين (W/PG)، وتزداد نسبة التحسين عند زيادة نسبة (W/G). من ناحية أخرى، في حالة عدم وجود CSF فالزيادة بنسبة (W/PG)، يسبب نقصان بمقاومة الانضغاط لجميع النسب الحجمية (Vf)، وتنخفض نسبة النقصان عند وجود CSF.. ووجد أيضاً أن استخدام CSF لخلطات الجبس النقي يؤدي إلى انخفاض طفيف في الكثافة لكلا النسبتين (W/PG)، وتكون نسبة هذا النقصان أقل مع زيادة نسبة (W/PG). علاوة على ذلك، عندما يتم زيادة نسبة (W/PG)، تنخفض الكثافة لجميع النسب الحجمية (Vf) في حالة عدم وجود CSF، وتنخفض هذه النسبة اقل بقليل عند وجود CSF .

الكلمات المفتاحية: ألياف السيزال المقطعة (CSF)، الجبس النقي (PG)، مقاومة الانضغاط، نسبة حجم (Vf) ألياف السيزال المقطعة، طول قياس ألياف السيزال المقطعة.

Effect of using chopped sisal fiber (CSF) on improving the properties of pure gypsum

Abstract:

This work investigates the effect of using a natural fiber (specifically, sisal fiber (SF)) on the properties of pure gypsum (compressive strength and density). The research plan involves using four gypsum mixtures, which are divided into two groups according to their water/gypsum ratios (0.55 and 0.65). Each group is further divided into two categories based on the volumetric percentage (Vf) of the cut sisal fibers (CSF) (0.0 and 0.8%). Three cubic samples (50×50×50 mm) were prepared for each mix. It was found that the use of CSF in gypsum mixes improves the compressive strength for both volumetric (W/PG) ratios, with the improvement increasing as the W/G ratio increases. Conversely, in the absence of CSF, increasing the W/PG ratio results in a decrease in compressive strength for all volumetric (Vf) ratios, and this decrease is less pronounced when CSF is present. It was also found that the use of CSF in pure gypsum mixtures leads to a slight decrease in density for both the W/PG ratio and the percentage of this decrease, with the decrease being less pronounced as the W/PG ratio increases. Furthermore, when the W/PG ratio is increased, the density decreases for all volumetric ratios (Vf) in the absence of CSF, and this decrease is only slightly less pronounced in the presence of CSF .

Keywords: Chopped sisal fiber (CSF), Pure gypsum (PG), Compressive strength, Volume ...ratio (Vf) of chopped sisal fiber. Length gauge of chopped sisal fiber

1. مقدمة

يعتبر الجبس، المعروف أيضًا باسم كبريتات الكالسيوم المائية ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)، مادة مرغوبة للغاية وتستخدم غالبًا في العديد من أعمال البناء. وقد استُخدم الجبس على نطاق واسع في العديد من التطبيقات، بما في ذلك استخدامه كمادة 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 و/أو الحريق، وسهولة استخدامه في البناء، 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]. وفقًا لنتائج عدد من الدراسات [6 - 19]، فإن استخدام مواد مختلفة (مثل الرماد المتطاير والأسمنت البورتلاندي العادي ودخان السيليكا) لديه القدرة على تحسين الخصائص الفيزيائية/الكيميائية لمصفوفة الجبس، مما قد يؤدي بدوره إلى تأثيرات إيجابية على الخصائص الصلبة والطازجة. في سياق استغلال مواد التعزيز،

تم إجراء عدد من التجارب لإثبات أهمية إدراج مجموعة متنوعة من الألياف في خلطات الجبس [3، 20-32]. وقد ثبت أن الألياف يمكن استخدامها بفعالية من أجل تحسين قوة الشد والاستقرار الأبعاد وقوة الجبس. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تتمتع بالقدرة على حماية هيكلها من التلف أو الفشل. تعتبر الألياف الطبيعية (مثل ألياف السيزال) الآن مادة تقوية مناسبة، وذلك بفضل خصائصها الفائقة، بما في ذلك قابليتها لإعادة التدوير، ونسبة قوتها إلى وزنها العالية، وتكلفتها المنخفضة. وتتمثل ميزة المواد المركبة مقارنة بالمواد التقليدية بشكل أساسي في صلابتها العالية، وقوتها المحددة، وخصائصها المقاومة للتعب، مما يجعل التصميم الهيكلي أكثر تعديدية [33]. يمكن استخدام ألياف السيزال المقوية كألياف مقطعة موزعة عشوائيًا، أو ألياف طويلة، أو كنسيج ليفي [34].

قام العديد من الباحثين بتجربة استخدام مواد أخرى مثل ألياف الصلب أو ألياف الكربون المقطعة لتحسين الخرسانة والخرسانة الإسفلتية أو ملاط الأسمنت [35-46].

الهدف من هذا العمل هو استخدام ألياف السيزال لتحسين قوة ضغط الجبس من خلال إنتاج مركب جبسي مقوى بألياف السيزال القصيرة الموزعة عشوائيًا فيه. تم اختيار ألياف السيزال لقوتها العالية ووزنها الخفيف ومقاومتها للتآكل وتكلفتها المنخفضة ومخاطرها الصحية الأقل، كما أنها مستمدة من موارد متجددة [47، 48].

2. أهداف الدراسة

الهدف من هذا البحث هو تحسين خاصيتين مهمتين من خصائص الجبس النقي، وهما: الكثافة ومقاومة الانضغاط. أجريت دراسة عملية لنسب الماء/الجبس (0.55%، 0.65%) ونسبة الحجم (V_f) لألياف السيزال المقطعة CSF (0.0%، 0.8%) لمعرفة تأثيرها على كثافة الجبس وقوته الانضغاطية. وايضا يهدف هذا البحث إلى تعزيز كفاءة النماذج الجبسية باستخدام 0.8% من ألياف السيزال الطبيعية، مع التركيز على دور الألياف في ترميم خصائص الجبس ذو المحتوى المائي W/G

(0.55%، 0.65%). أظهرت النتائج أن الألياف تعمل بفاعلية أكبر في النماذج الجبسية الأقل كثافة (الأضعف)، حيث عوضت النقص في مقاومة الانضغاط بنسبة تحسن تفوق تلك المسجلة في الخلطات

الكثيفة. وتتجلى القيمة التطبيقية لهذا العمل في إمكانية إنتاج قواطع جدارية وألواح سقفية مستدامة وخفيفة الوزن، تتميز قابلية تشغيل عالية ومقاومة جيدة للصدمات، مما يوفر حلاً اقتصادياً يوازن بين خفض الوزن والحفاظ على السلامة الهيكلية باستخدام مواد صديقة للبيئة.

3. العمل التجريبي

3.1. المواد المكونة

3.1.1 الجبس النقي

في هذه الدراسة، تم استخدام الجبس النقي العراقي (البورك). المادة المستخدمة هي الجبس شبه المائي كبريتات الكالسيوم، والذي يمثله الصيغة $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$. الماء المستخدم لخلط جميع خلطات الجبس هو ماء الاساله.

3.1.2 ألياف السيزال.

تُستخرج ألياف السيزال من أوراق نبات يُسمى "Agave sisalana". موطن هذا النبات الأصلي هو المكسيك، ويُزرع حالياً بشكل رئيسي في إندونيسيا والهند وهايتي وشرق إفريقيا والبرازيل. اسم "السيزال" مشتق من اسم مدينة في المكسيك [50،49]. ينتج نبات السيزال ما بين 200 و 250 ورقة [51]، تحتوي كل ورقة على حوالي 700 – 1400 حزمة من الألياف بطول يقارب 50 - 100 سم [52]. تتكون أوراق السيزال من بنية شبيهة بالساندويتش تتألف من حوالي 1% من البشرة، و 4% من الألياف، و 8% من المواد الجافة، و 87% من الماء [51].

لا يبدو أن معامل المرونة وقوة الشد للألياف مرتبطان بطول المقياس، كما هو موضح في الجدول (1) [34]. يتراوح معامل المرونة بين 9 و 19 جيجا باسكال وقوة الشد من 347 إلى 577 ميجا باسكال. كما ذكرنا في المقدمة، يمكن تفسير هذا التباين المشترك بثلاثة عوامل رئيسية: (1) قياسات المساحة (2) خصائص النبات (3) معلمات/شروط الاختبار. يمكن اختصار معلمات الاختبار التي يمكن أن تؤثر على النتائج على النحو التالي: معدل الإجهاد، وطول المقياس، ودقة الأجهزة، ومطابقة الآلات، ونوع المقابض. أما بالنسبة لخصائص النبات، فإن الاستجابة الميكانيكية لألياف السيزال تعتمد على عمرها، ومصدر النبات، ونوع المعالجة (آلية استخراج الألياف) بالإضافة إلى البنية المجهرية للألياف [34]. كما أن الخصائص الفيزيائية لألياف السيزال تشمل نطاق كثافة يتراوح بين 1400 و 1450 كجم/م³، و قطر الألياف يتراوح بين $100 \sim 300$ μm [53]

في البحث الحالي، تم استخدام ألياف السيزال المقطعة (25 مم) ومتوسط قطر 0.3 مم فيصبح نسبة الطول الى القطر 83 % كما هو موضح في الشكل (1).

الجدول (1): مخطط اختبار الشد تراوح معدل الاستطالة من (0.15 إلى 0.16) في الثانية؛ ومعدل الإزاحة (0.1) مم في الدقيقة]. [34]

Gage length (mm)	Elastic modulus (GPa)	Tensile strength (MPa)	Area (mm ²)	Strain-to-failure (%)
10	10.7 ± 4.0	391 ± 89	0.046 ± 0.008	5.2 ± 2.5
20	10.4 ± 3.0	392 ± 105	0.050 ± 0.020	3.8 ± 1.1
30	14.8 ± 6.2	385 ± 99	0.040 ± 0.004	2.8 ± 0.6



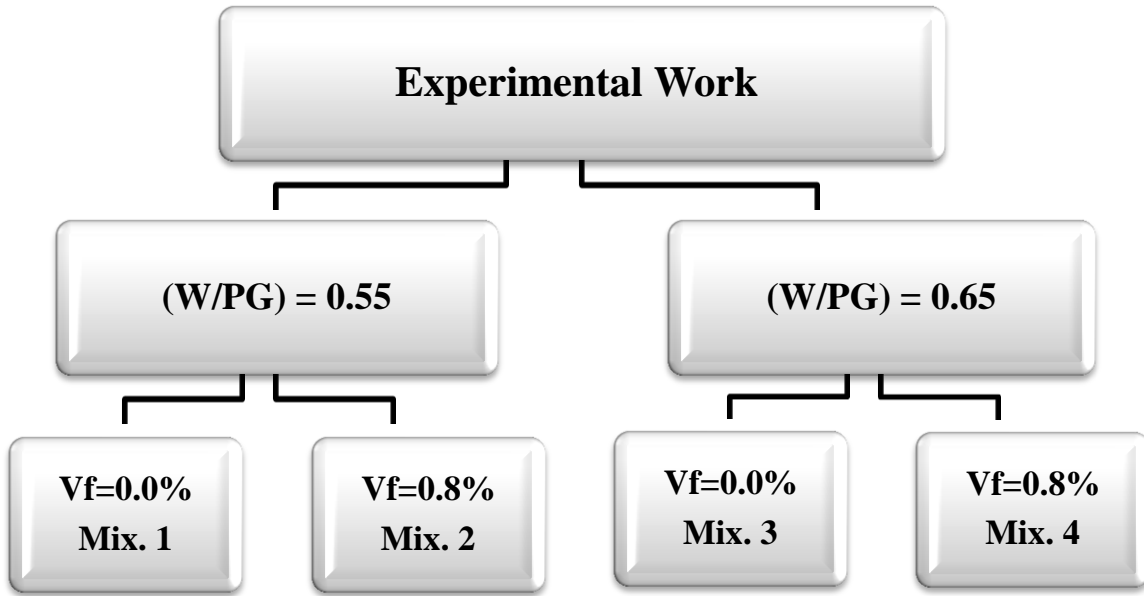
شكل (1): ألياف السيزال المقطعة

3.1.3 مزج الماء

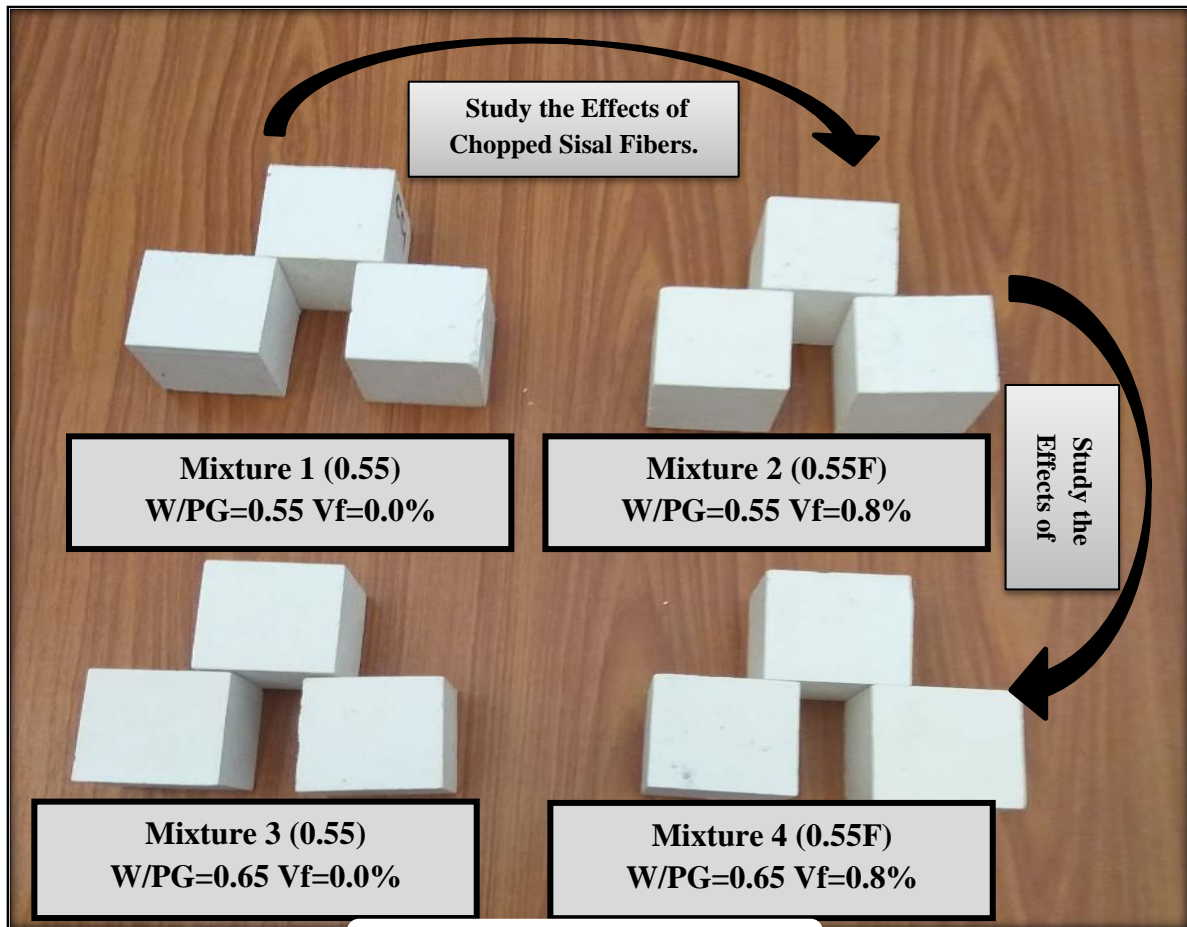
الماء المستخدم في جميع خلطات الجبس النقي (PG) (مع أو بدون CSF) في الدراسة الحالية هو ماء عادي صالح للشرب.

3.2. خلطات الجبس النقي

تم تحضير أربعة خلطات من الجبس في هذا البحث. تم تصنيف الخلطات إلى مجموعتين بناءً على نسب الجبس (0.55 و 0.65)، وتم تصنيف كل مجموعة إلى مجموعتين فرعيتين بناءً على نسبة حجم (Vf) ألياف السيزال المقطعة (CSF) (0.0، 0.8٪)، ويوضح الشكل (2) والشكل (3) البرنامج التجريبي.



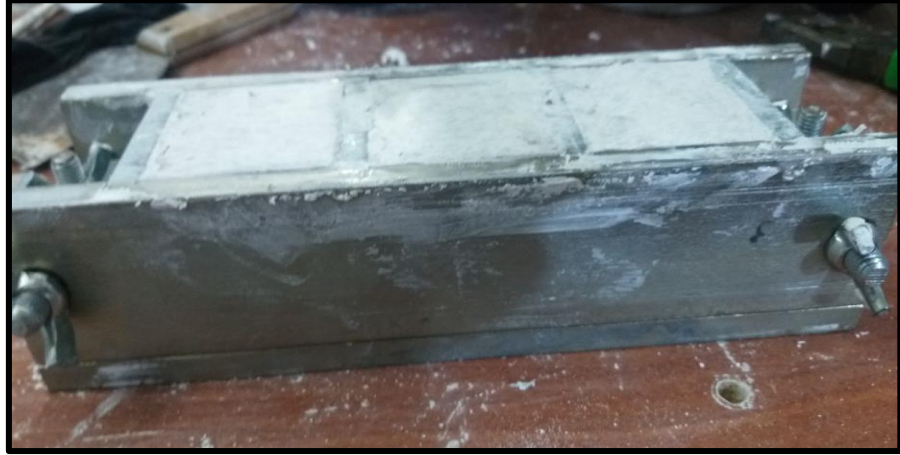
شكل (2): مجموعات العينات التي تم اختبارها



شكل (3): مخطط العمل التجريبي

3.3. طريقة وإجراءات الخلط:

في البداية، يتم شراء CSF من السوق المحلي في بلدنا على شكل حزمة من الألياف بطول حوالي (75 سم)، ثم يتم تقطيعها باستخدام مقص خاص (25 مم)، ويتم وزنها وإضافتها إلى الكمية الموزونة من الجبس النقي ويتم خلطها جيداً حتى يتم نشر CSF وتوزيعها بشكل متساوٍ على الخليط الجاف. بعد ذلك، يضاف الماء وفقاً لنسبة (W/G) (0.55 أو 0.65). يتم خلط المزيج ووضعه في قوالب مكعبة بحجم (50 × 50 × 50) مم. بعد الانتهاء من مرحلة التصلب، يتم إزالة مزيج الجبس النقي (PG) من القوالب وتعرضه لمصدر حرارة بدرجة حرارة 40 درجة مئوية. تستخدم المزانج المرجعية نفس الخطوات السابقة ولكن بدون CSF. شكل (4)



شكل (4) قوالب الصب المكعبة

3.4. خطة الاختبار (طريقة الفحص)

تتضمن خطة الاختبار للدراسة الحالية إجراء الفحوصات التي تثبت تأثير إضافة CSF على مقاومة الانضغاط والكثافة لخلطات الجبس النقي (PG) باستخدام أجهزة الاختبار في أحد المختبرات التابعة للجامعة المستنصرية "مختبر مواد البناء" داخل كلية الهندسة. شكل (5)



شكل (5) أجهزة مختبر مواد البناء

3.4.1. مقاومة الانضغاط والكثافة .

تم اختبار العينات المكعبة ($5 \times 5 \times 5$) سم شكل (6) في هذا العمل بعد سبعة أيام من عمرها لتحديد مقاومة الانضغاط والكثافة الخاصة بها. تم إجراء فحص الانضغاط والكثافة وفق المواصفة الأمريكية [ASTM : C472-99] في هذا العمل [53].



شكل (6) نماذج الفحص

4. النتائج التجريبية

4.1. قوة الجص الجبسي

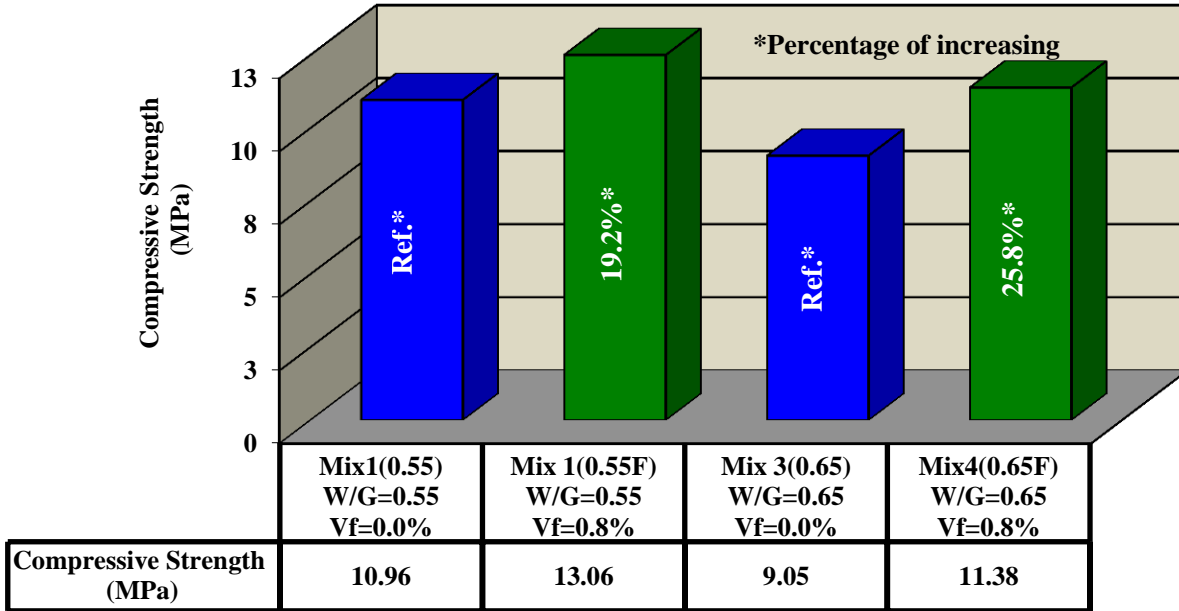
4.1.1 تأثير إضافة ألياف السيزال المقطعة (CSF) على قوة الانضغاط للجبس النقي بنسب مختلفة (W/PG)

يوضح الجدول (2) والشكل (7) نتائج تأثير إضافة CSF بنسبة (0.8 في المائة) على قوة الضغط للجبس النقي لنسبتين (W/PG) (0.55 و 0.65). ونتيجة لذلك، تزداد قوة الضغط مع زيادة محتوى ألياف السيزال المقطعة مقارنة بالمزائج (مزج 1 ومزج 3 المرجعيين)، ويكون السلوك متنسقاً لكلا النسبتين (W/PG). قد يكون هذا السلوك ناتجاً عن قوة الشد الأعلى لألياف السيزال المقطعة (CSF)، مما يمكنها من العمل على منع تشكل الشقوق الأولية (لم تتشكل بعد) وتأخير تطور الشقوق التي تشكلت (ظهرت) نتيجة لزيادة الحمل، والدليل البصري على هذا التفسير هو أن طريقة فشل العينات التي تحتوي على

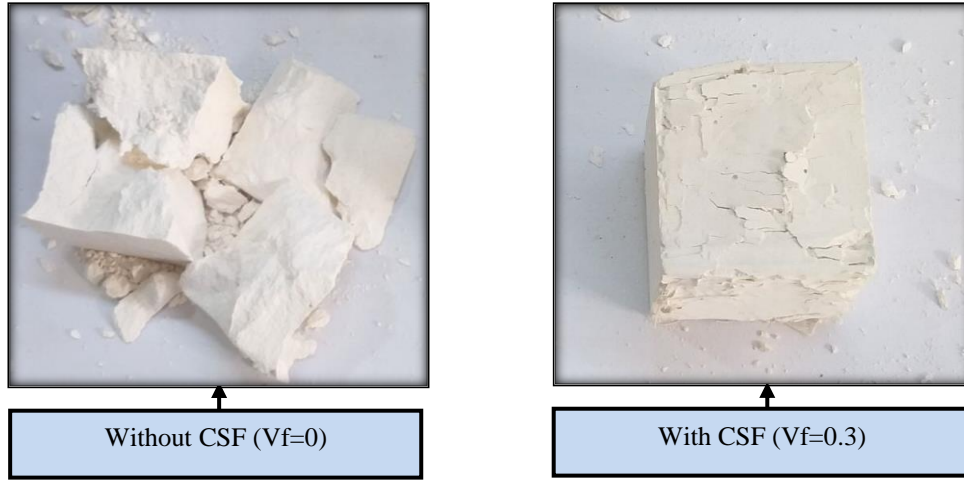
ألياف السيزال المقطعة لم تتعرض للتحطم، على عكس العينات الأخرى التي لا تحتوي على ألياف السيزال المقطعة (أي العينات المرجعية)، كما يمكن ملاحظته من الشكل (8). علاوة على ذلك، كما هو موضح في الشكل (6) والجدول (2)، تزداد معدلات تحسن قوة الضغط عند خلط CSF مع المحتوى (0.8 في المائة) مع زيادة نسبة (W/PG) (0.55 - 0.65) مقارنة بمراجع الخلطات (الخلطة 1 والخلطة 3). في الواقع، عند إضافة CSF بنسبة (0.8 في المائة)، تكون زيادة قوة الضغط قريبة جداً بالنسبة لنسبتي (W/PG) (0.55 و 0.65). قد يكون السبب في ذلك هو طريقة فشل (تلف السحق) العينات المكعبة، والتي تأتي من تأثير إضافة CSF على قوة الضغط لتكون قريبة جداً لكلتا النسبتين (W/PG) (0.55 و 0.65). سبب زيادة معدل نمو قوة الضغط مع ارتفاع نسبة (W/PG) (من 0.55 إلى 0.65) هو أن قوة الضغط المرجعية للمزيج (W/PG = 0.65، أي المزيج 3) أقل من المزيج (W/PG = 0.55، أي المزيج 1).

الجدول (2): تأثير CSF (Vf) على مقاومة الانضغاط للجبس النقي

Mix Name	Mix symbol	CSF content (Vf) %	(Water/ Gypsum Plaster) ratio	Compression strengths (MPa)	Increasing Percentage %
Mix.1	55O	0.0	0.55	10.96	
Mix.2	55F	0.8	0.55	13.06	19.2
Mix.3	65O	0.0	0.65	9.05	
Mix.4	65F	0.8	0.65	11.38	25.8



الشكل (7): تأثير محتوى ألياف السيزال المقطعة على قوة الضغط للجبس النقي مع نسب (W/PG) مختلفة



الشكل (8): شكل العينات الفاشلة مع وبدون ألياف السيزال المقطعة

4.1.2: تأثير نسب (W/PG) على مقاومة الانضغاط الجبس مع وجود أو عدم وجود ألياف السيزال المقطعة

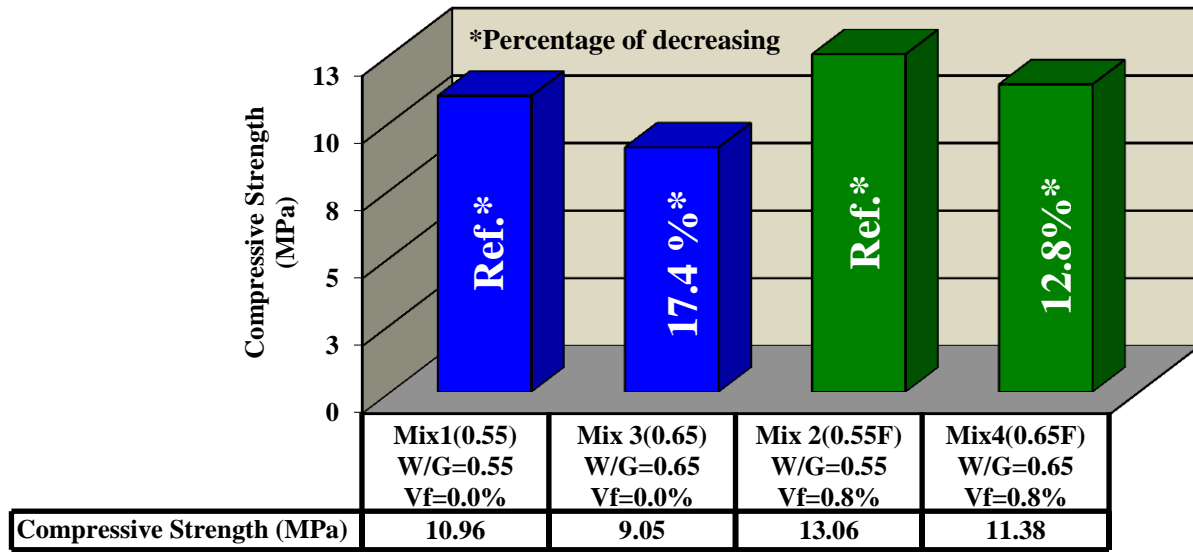
يوضح الجدول (3) والشكل (7) تأثيرات رفع نسب (W/PG) من (0.55 إلى 0.65) على مقاومة الانضغاط لجبس مع نسبتي مختلفتين من حجم (0.0) CSF و 0.8 في المائة). تشير النتائج إلى أنه مع ارتفاع نسبة (W/PG) مقارنة بالمزجين (مزج 1 ومزج 2 المرجعيين)، تنخفض مقاومة الانضغاط، وهذا التأثير مشابه بالنسبة لمحتوى CSF.

والتفسير لهذا السلوك هو أنه عندما تزداد كمية الماء (بما يزيد عن ماء التفاعل)، فإنه يخلق فجوات عند التبخر، مما يزيد من الفراغات في العينات المتصلبة. ونتيجة لذلك، يصبح النظام الهيكلي الداخلي لجبس ناعماً، وتدهور قوة المزيج [11، 54].

علاوة على ذلك، يُظهر الشكل (9) والجدول (3) أن معدلات الانخفاض في مقاومة الضغط تنقلص إلى أدنى مستوياتها عند إضافة ألياف السيزال المقطعة. وفي الواقع، فإن مقدار التدهور في مقاومة الضغط الناتج عن رفع نسبة (W/PG) كان متقارباً لجميع النسب الحجمية لألياف السيزال المقطعة (0,0% - 0,8%). وقد يُعزى السبب في هذه النتيجة إلى نمط الانهيار للعينات المكعبة (انهيار بالتحطم - Crushing failure)، وهو ما جعل تأثير ألياف السيزال المقطعة في رفع مقاومة الضغط متقارباً لكلتا نسبتي (W/PG) البالغتين (0.55 و 0.65). أما بالنسبة لتفسير تناقص تدهور مقاومة الضغط في وجود الألياف، فقد يرجع ذلك إلى أن مقاومة الضغط للخلطة المرجعية المتضمنة لألياف السيزال المقطعة (الخلطة 2) هي في الأصل أعلى من مقاومة الضغط للخلطة المرجعية الخالية من هذه الألياف (الخلطة 1).

الجدول (3): تأثير نسب (W/PG) على قوة نضغاط الجص الجبسي مع اختلاف حجم أجزاء (Vf) (CSF)

Mix Name	Mix symbol	CSF content (Vf) %	(Water/ Gypsum Plaster) ratio	Compression strength(MPa)	Percentage of increase%
Mix 1	55O	0.0	0.55	10.96	
Mix 3	65O	0.0	0.65	9.05	17.4
Mix 2	55F	0.8	0.55	13.06	
Mix 4	56F	0.8	0.65	11.38	12.8



الشكل (9): تأثير نسب (W/PG) على قوة ضغط الجبس مع اختلاف حجم أجزاء (Vf) (CSF).

4.2. كثافة الجص الجبسي

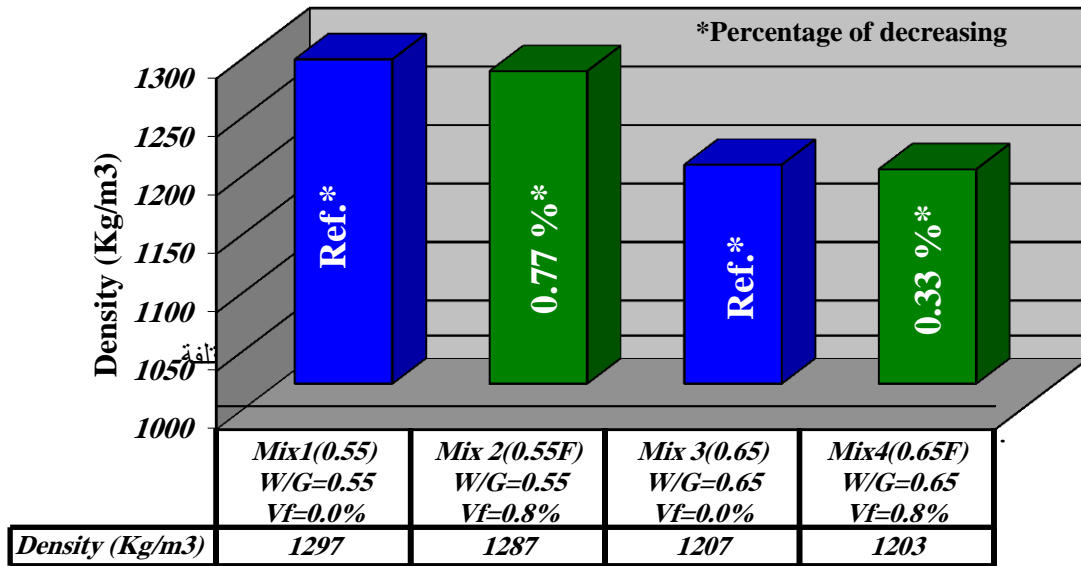
4.2.1. تأثيرات CSF على كثافة الجص الجبسي بنسب (W/PG) مختلفة.

يوضح الشكل (10) والجدول (4) تأثير استخدام ألياف السيزال المقطعة بنسبة 0.8% على كثافة الجص الجبسي بنسبتين مختلفتين (W/PG) (0.55 و 0.65). توضح النتائج أنه عندما يزداد محتوى ألياف السيزال المقطعة، تنخفض الكثافة مقارنةً بـ (المراجع 1 و 3)، وهذا السلوك مشابه لنسبتي (W/PG). قد يكون سبب هذا السلوك هو دور ألياف السيزال المقطعة في زيادة الفراغات الهوائية.

بالإضافة إلى ذلك، كما هو موضح في الشكل (10) والجدول (4)، تنخفض معدلات فقدان الكثافة عند إضافة CSF بنسبة (0.8 في المائة) مع زيادة نسب (W/PG) مقارنة بالمزج (مزج 1 ومزج 3 المرجعيين). قد يكون سبب هذا السلوك هو أن CSF تساهم في زيادة نسبة الفراغات (زيادة المسامية) التي تقللها زيادة قابلية التشغيل للمزيج (أي زيادة نسبة W/PG).

الجدول (4): تأثيرات CSF على كثافة الجبس مع نسب (W/PG) مختلفة.

Mix Name	Mix symbol	CSF content (Vf) %	(Water/ Gypsum Plaster) ratio	Density (Kg/m ³)	Percentage of decrease%
Mix 1	55O	0.0	0.55	1297	
Mix 2	55F	0.8	0.55	1287	0.77
Mix 3	65O	0.0	0.65	1207	
Mix 4	65F	0.8	0.65	1203	0.33



الشكل (10): تأثيرات CSF على كثافة الجبس مع نسب (W/PG) مختلفة

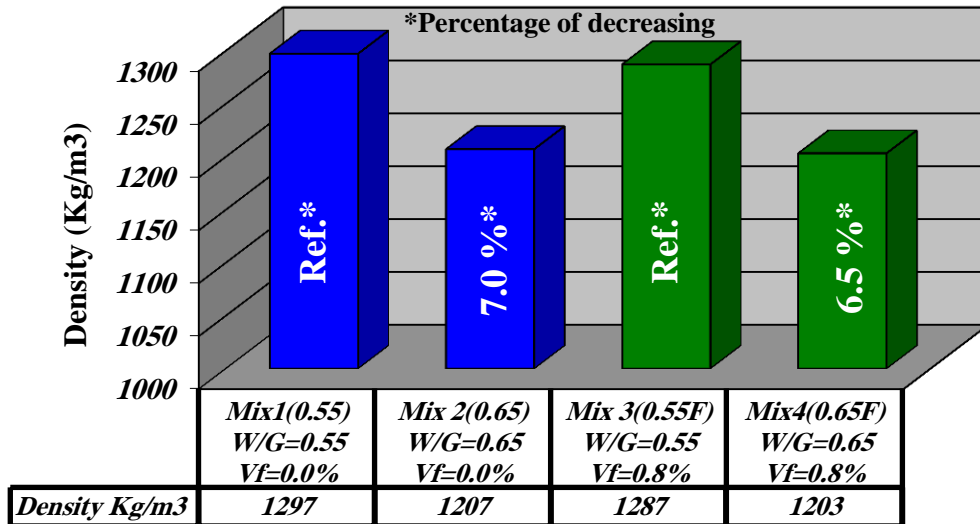
4.2.2 تأثيرات زيادة نسب (W/PG) على كثافة الجص الجبسي مع وبدون ألياف السيزال المقطعة

يتم في الجدول (5) والشكل (11) دراسة تأثير رفع نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65) على كثافة الجص الجبسي بالنسبة لحجمين من ألياف السيزال المقطعة ($V_f = 0.0$ و 0.8 في المائة). كما يتضح من النتائج، عندما ترتفع نسبة (W/PG) تنخفض الكثافة مقارنة بالخلط (مرجعان Mix 1 و Mix 2) وهذا السلوك مشابه لمحتوى ألياف السيزال المقطعة. يظهر هذا السلوك لنفس السبب المشار إليه في الفقرة الأولى من القسم (4.2.1)

بالإضافة إلى ذلك، يوضح الجدول (5) والشكل (11) أن نسبة الكثافة المتدهورة تنخفض في حالة وجود ألياف السيزال المقطعة. وقد يرجع هذا السلوك إلى دور ألياف السيزال المقطعة في زيادة المساحة السطحية، مما يقلل من الآثار الجانبية لزيادة نسبة (W/PG).

الجدول (5): تأثير نسب (W/PG) على كثافة الجص الجبسي مع اختلاف حجم أجزاء (Vf CSF)

Mix Name	Mix symbol	CSF content (Vf) %	(Water/ Gypsum Plaster) ratio	Density (Kg/m ³)	decreasing Percentage %
Mix 1	55O	0.0	0.55	1297	
Mix 3	65O	0.0	0.65	1207	7.0
Mix 2	55F	0.8	0.55	1287	
Mix 4	65F	0.8	0.65	1203	6.5



الشكل (11): تأثير نسب (W/PG) على كثافة الجبس النقي مع نسبة حجم متغيرة من ألياف السيزال المقطع

5. الاستنتاجات.

يمكن تلخيص النتائج الرئيسية التالية من هذا البحث:

- 1- تتحسن مقاومة الانضغاط عند استخدام ألياف السيزال المقطعة (نسبة الحجم $V_f=0.8$ %) مقارنة بالمزائج المرجعية (أي بدون ألياف السيزال: المزج 1 والمزج 2)، وهذا التأثير متطابق في نسبتين (W/PG).
- 2- عند إضافة CSF بنسبة (0.8%)، تزداد النسبة المئوية لتحسن مقاومة الانضغاط عن طريق رفع نسبة (W/PG) (من 0.55 إلى 0.65) مقارنة بالمزج (مزج 1 ومزج 2 المرجعيين).
- 3- عند رفع نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65)، تنخفض مقاومة الانضغاط مقارنة بالمزج المرجعي، وهذا السلوك متطابق بالنسبة لمحتوى CSF ($V_f=0.0$) و 0.8 في المائة).
- 4- عندما تزداد نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65)، تنخفض النسب المئوية لانخفاض مقاومة الانضغاط في وجود CSF.
- 5- عند استخدام CSF (محتوى الحجم النسبي $V_f=0.8$ في المائة)، تنخفض الكثافة مقارنة بالمزائج المرجعية (أي بدون CSF: المزيج 1 والمزيج 2)، وهذا السلوك مشابه لنسبتي (W/PG).
- 6- تنخفض النسبة المئوية لانخفاض الكثافة عند إضافة CSF بنسبة (0.8 في المائة) مع زيادة نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65) مقارنة بالمزائج المرجعية (المزيج 1 والمزيج 3).
- 7- تنخفض الكثافة مع زيادة نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65) مقارنة بالمزائج المرجعية، وهذا السلوك مشابه بالنسبة لمحتوى ألياف السيزال المقطعة (0.0 و 0.8 في المائة).
- 8- عندما تزداد نسبة (W/PG) من (0.55 إلى 0.65)، تنخفض نسب انخفاض الكثافة في وجود ألياف السيزال المقطعة.
- 9- : إذا كان الهدف هو الحصول على منتج عالي المقاومة، فإن نسبة (0.55) هي الأفضل. أما إذا كان الهدف هو إنتاج وحدات بنائية خفيفة الوزن وسهلة التشغيل (High Workability) مع الحفاظ على تماسك جيد، فإن الخلطة (0.65) مع الألياف تقدم الحل الأمثل.

6- References

- [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] Yıldız 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].
- 7-المراجع 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 performance 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 Research*. (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 Research*. (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, M. A., Al-Asadi, L. S., Abd Hacheem, Z., & AL-Ridha, A. S. (2022). Effect of Chopped Carbon Fibre (CCF) on enhancing the compressive strength and density of gypsum plaster. *Materials Today: Proceedings*, 62, 4539-4544.
- [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 Abdulhusein. "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., Aljubory, A., Jassem, N. H., Abd Hacheem, Z., Gubashi, K. R., Jameel, M. A., ... & AL-Ridha, A. S. (2023). Influence of steel fiber (SF) addition on the enhancement compressive strength of pure gypsum. *Materials Today: Proceedings*
- [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, E. K., Faris, H. A., Abbas, F. S., & AL-Ridha, A. S. (2024). Investigate the influence of Aspect Ratio of Copper Fiber on the improvement of pure gypsum's compressive strength. In E3S Web of Conferences (Vol. 559, p. 04013). EDP Sciences..
- [33][23] Aruna, M. "Mechanical behaviour of sisal fibre reinforced cement composites." *International Journal of Materials and Metallurgical Engineering* 8.4 (2014): 650-653.
- [34][24] de Andrade Silva, Flavio, Nikhilesh Chawla, and Romildo Dias de Toledo Filho. "Tensile behavior of high performance natural (sisal) fibers." *Composites Science and Technology* 68.15-16 (2008): 3438-3443.
- [35] 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>
- [36] 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>.
- [37] 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>
- [38] 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.
- [39] 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>
- [40] 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>

- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] Al-Sarraf, S.Z ,Diab, A.S., Al-Shaarbaaf, 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.
- [44] 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
- [45] 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>
- [46] Al-Ridha, A. S., Atshan, A. F., Kadhim Ibrahim, A., Abbood, A. A., & Sahib Dheyab, L. (2024). Influence of Fibrous Layers on the Behavior of Self-Compacting Lightweight Reinforced Concrete Slabs under Area Load. *Advances in Civil Engineering Materials*, 13(1), 166-181. [47] Chen, D, Li, J & Ren, J 2011, 'Influence of fiber surface-treatment on interfacial property of poly (l-lactic acid)/ramie fabric biocomposites under UV-irradiation hydrothermal aging', *Materials Chemistry and Physics*, vol. 126, no. 3, pp. 524-31. Cited by reference Alajmi, Rashed. "Study on sisal fibres as insulator in building materials." (2015).
- [48] Ho, M-p, Wang, H, Lee, J-H, Ho, C-k, Lau, K-t, Leng, J & Hui, D 2012, 'Critical factors on manufacturing processes of natural fibre composites', *Composites Part B: Engineering*, vol. 43, no. 8, pp. 3549-62. Cited by reference Alajmi, Rashed. "Study on sisal fibres as insulator in building materials." (2015).
- [49] M. RaNilsson, L. 1975: "Reinforcement of concrete with sisal and other vegetable fibres", tockholm: Swedish council for building research, Number 4, 68 pp. Cited by reference [33].
- [50] Mattoso, L. H. C., F. C.Ferreira, A. A. S.Curvelo, 1997: "Sisal fiber: Morphology and applications in polymer composites", *Lignocellulosic-plastics composites - são paulo: usp/unesp*, 21-51. Cited by reference [33].
- [51] Murherjee PS, Satyanarayana KG. Structure properties of some vegetable fibers, part 1. Sisal fibre. *J Mater Sci* 1984;19:3925–34. Cited by reference [34].

- [52] Oksman K, Wallstrom L, Toledo Filho RD. Morphology and mechanical properties of unidirectional sisal–epoxy composites. *J Appl Polym Sci* 2002;84(13):2358–65. Cited by reference [34].
- [53]. Alajmi, R. (2015). Study on sisal fibres as insulator in building materials.
- [54] ASTM C472-99(2014), Standard Test Methods for Physical Testing of Gypsum, Gypsum Plasters and Gypsum Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014
- [55] 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.