SEBHA UNIVERSITY CONFERENCE PROCEEDINGS, VOL.03 NO. 3 2024
DOI: 10.51984/SUCP.V3I3.3743

المؤتمر السادس للعلوم الهندسية والتقنية
The Sixth Conference for Engineering Sciences and Technology (CEST-6)
Confrence Proceeeding homepage: https://cest.org.ly

دراسة مرجعية حول تأثير الاضافات المعدنية على بعض خواص الخرسانة ذاتية الدمك عالية المقاومة

*عائشة جمعة جبريل و نوري محمد الباشا

جامعة صبراتة، كلية الهندسة، صبراتة، ليبيا.

الملخص

الخرسانة ذاتية الدمك (Self-compacting concrete (SCC هي نوع متقدم من الخرسانة ذات قابلية تشغيل عالية للغاية بحيث تستطيع الانسياب خلال العناصر الانشائية كثيفة التسليح تحت تأثير وزنها الذاتي وتجنب حدوث انفصال حبيبي أو نضح وبدون الحاجة إلى استعمال أدوات الدمك، تعرض هذه الورقة مجموعة من أحدث الدراسات حول انتاج الخرسانة ذاتية الدمك عالية المقاومة، وقد وجدت بأن أغلب الباحثين يتفقون على أنه من الصعب إنتاج خرسانة ذاتية الدمك بدون الإضافات المخفضة للمحتوي المائي، حيث أن العديد من الدراسات أثبتت نجاح التي تعتمد في تركيبها علي مادة Polycarboxylate Ether و Modified Carboxylate Ether (MPCE)، كما أن /الاضافات المعدنية (بوزلانية أو خاملة) تعمل على تحسين التدرج الحبيبي والذي يعد أمر مهم لضمان تجانس الخرسانة ذاتية الدمك ، قد يتجه البعض لاستبدال الاسمنت بمادة بوزلانية أو دمج مادة خاملة وأخرى بوزلانية حيث تعمل الأولى على تحسين تشغيلية الخلطة و الأخرى تحسن مقاومة الضغط أو قد تستخدم الاضافات المعدنية كمادة مالئة بغرض تقليل المحتوي الإسمنتي وتحسين لزوجة الخرسانة وفي جميع الأحوال ، و قد نتفق جميعنا علي أن استخدام الاضافات المعدنية له فوائد عديدة علي الخرسانة نفسها وعلي البيئة.

الكلمات المفتاحية:

الإضافات المعدنية.
ألياف البوليبروبيلين
الخرسانة ذاتية الدمك
الخرسانة عالية المقاومة.
غبار السيليكا.
.

Review study on the effect of metal additives on some properties of high-strength self-compacting concrete

*Aisha Juma Jibril , Nouri Mohammed Al-Basha

Faculty of Engineering, University of Sabratha, Sabratha, Libya.

A B S T R A C T

Self-compacting concrete (SCC) is an advanced type of concrete with a very high workability; so that it can flow through the structural elements such as the reinforcing detector under the influence of its own weight, and avoid the occurrence of segregation or pleeding without the need to use compaction tools. this paper presents a set of the latest studies on the production of high-strength self-compacting concrete. Moreover, has found that most researchers agree that it is difficult to produce self-compacting concrete without additives that reduce water content. As Many studies have proven the success of those that depend on Polycarboxylate Ether and Modified Carboxylate Ether (MPCE), and the / metal additives (Pozolana or inert) work to improve the granular gradient, which is important to ensure the homogeneity of self-compacting concrete. Some may tend to replace cement with Pozzolana material or integrate an inert material and another Pozolana. Where the first improves the operation of the mixture and the other improves pressure, resistance or metal additives might use as a filler in order to reduce Cement content and improvement of viscosity of concrete. In all cases, and We may all agree that the use of metal additives has many benefits for the concrete itself and for the environment.

Keywords:

High resistance concrete.
Mineral additives.
Polypropylene fiber
Self-compacting concrete
Silica dust.

1. المقدمة

تتعرض المنشآت لعدة ظروف تتطلب أن تكون مادة البناء المستخدمة ذات تحملية ومتانة عالية للحفاظ على سلامة المنشأ، وفي المنشآت الخرسانية

*Corresponding author:
E-mail addresses: aishajumma74@gmail.com, (N. M. Al-Basha) nuri.elbasha@sabu.edu.ly
Article History : Received 05 March 2024 - Received in revised form 11 August 2024 - Accepted 21 October 2024

الكبيرة التي تتطلب استخدام خرسانة ذات أداء عالي من حيث التشغيلية و القوة العالية، وهو أمر يصعب تحقيقه ولكن ليس مستحيلاً حيث أن التطور الكبير والسريع في مجال تقنية الخرسانة مكن المهندسين والباحثين في هذا المجال من انتاج أنواع عديدة من الخرسانة تلبي احتياجات كل منشأ على حدة، فقد تم تطوير الخرسانة العالية المقاومة لتحقيق حاجة المنشآت لتحمل أحمال كبيرة جداُ بدون أن تتأثر متانتها و صلابتها و عند الحاجة لتقليل حجم المقاطع الخرسانية أو أن تتحمل البيئات العدوانية مثل المنشآت البحرية، كذلك أدت الحاجة إلى تسهيل عملية الصب في تنفيذ العناصر ذات التصاميم المعمارية المعقدة و ذات التسليح الكثيف والتي تتطلب أن تتوفر العمالة الماهرة والمواد ذات الجودة العالية إلى تطوير الخرسانة ذاتية الدمك.

الخرسانة ذاتية الدمك Self-compacting concrete (SCC) هي نوع متقدم من الخرسانة ذات قابلية تشغيل عالية للغاية بحيث تستطيع الانسياب خلال العناصر الانشائية كشيفة التسليح تحت تأثير وزنها الذاتي وتجنب حدوث انفصال حبيبي أو نضح وبدون الحاجة إلى استعمال أدوات الدمك، ويمكن تعريف (SCC) من خلال خائصها الأساسية وهي قدرة الملء Filling ability، قدرة العبورPassing ability ، مقاومة الانفصال Segregation resistance، وفي الخمسينيات من القرن العشرين كانت الخرسانة ذات مقاومة ضغط تبلغ (34MPa) تعتبر ذات مقاومة عالية، في ستينيات القرن العشرين تم استخدام الخرسانة ذات مقاومة ضغط تبلغ (41-52MPa)تجاريًا، في أوائل السبعينيات تم إنتاج خرسانة بقدرة (MPa 62) في الآونة الأخيرة، تم استخدام مقاومة ضغط تقترب من (MPa 138) في المباني المصبوبة [1].

ولكن تنفيذ مثل هذا النوع من الخلطات يتطلب استخدام نسبة منخفضة من الماء /المواد الاسمنتية الرابطة، الامر الذي سيؤدي إلى انخفاض النفاذية للخرسانة وهو أمر مهم لضمان متانة عالية، ولكن نظرا للعلاقة بين نسبة الماء في الخلطة والتشغيلية خاصة الخرسانة ذاتية الدمك التي تتطلب مواصفات خاصة من التشغيلية العالية جداً والتي يتم الحصول عليها باستخدام مواد مخفضة للمحتوى المائي الأمر الذي لا يعد كافياً للحصول على مقاومة عالية، مما يستدعي استخدام محتوى عالي من الاسمنت لضمان الحصول على التشغيلية المناسبة مقابل المحتوى المائي المنخفض في الخلطة، ومع ذلك فإن المحتوى العالي جدًا من الأسمنت سيسبب حرارة كبيرة ويزيد من احتمالية حدوث الشقوق، وبالتالي يجب استبدال جزء من الأسمنت بمواد محسنة أخرى مثل غبار السيليكا أو الألياف أو توليفات منها.

تعكس مقاومة الضغط للخرسانة أقصى إجهاد يمكن أن تتحمله المادة تحت تأثير الأحمال، والذي يؤثر مباشرة على سلامة المبنى، وهي عامل مهم في عملية التصميم الإنشائي للمبنى، كما أن إنتاج الخرسانة ذاتية الدمك عالية المقاومة هو عملية تصنيع خرسانة تتميز بقدرتها على تحمل الضغوط والأحمال العالية مع توفر التشغيلية العالية التي تسمح لها بملء القوالب الضيقة وكثيفة التسليح دون أن يحدث لها انفصال حبيبي أو نضح وبدون استخدام أدوات الدمك، حيث تستخدم في مشاريع البناء والإنشاءات التي تتطلب مقاومة عالية للضغوط وظروف بيئية قاسية. واختيار المواد بطريقة سليمة يعتبر أهم الخطوات للحصول على خرسانة ذات جودة عالية، وبسبب زيادة حجم العجينة الاسمنتية مع استخدام نسبة منخفضة من الماء الأمر الذي سيسبب في حدوث تشققات الانكماش بالتالي التقليل من تحملية الخرسانة ومقاومتها للظروف البيئية الصعبة، فإن استخدام مواد تحسن أو تحد من هكذا مشاكل وتكون مواد صديقة للبيئة أو معاد تدويرها من شأنه التقليل من التأثيرات السلبية على الخرسانة وكذلك البيئة حيث يُعتبر استخدام الخرسانة ذاتية الدمك كأحد التقنيات المستدامة في مجال البناء، تهدف هذه الورقة الى مقارنة نتائج بعض من أحدث الدراسات حول انتاج الخرسانة ذاتية الدمك عالية المقاومة.

2. المواد وطرق العمل

في هذه الدراسة تم تجميع ما يقارب 100 عينة من الخلطات الخرسانية ذاتية الدمك من دراسات حديثة، تحتوي على انواع مختلفة من MA والتي تم استخدمها بطرق مختلفة حيث تم اضافة MA بشكل فردي أو مزجها بنوع اخر من MA او مزج أكثر من نوعين واستخدامهم كبديل للإسمنت البورتلاندي العادي وذلك لإنتاج خرسانة ذاتية الدمك، وقد تم دراسة تأثير هذه الاضافات على كل من قطر الهبوط ومقاومة الضغط بعد 28 يوم ومقارنة النتائج مع بعض ومع الخلطات المرجعية.

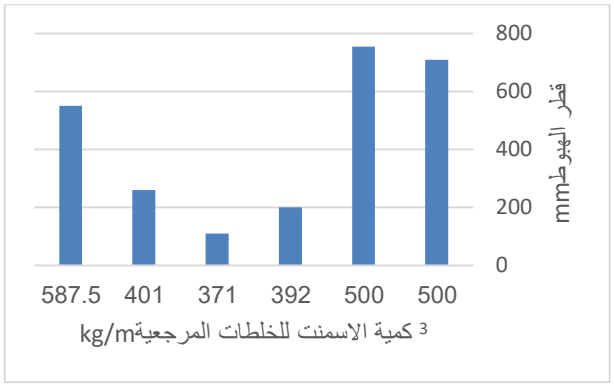
3. النتائج والمناقشة

من خلال البيانات التي تم تجميعها من الدراسات السابقة فقد كان قطر الهبوط للخلطات الخالية من MA يتراوح بين 110 و 755 مم، كما موضح في الشكل (1)، حيث كان أعلى هبوط 755 مم [2] وذلك لاستخدامهم محتوى مائي منخفض مقارنة بباقي الدراسات والذي كان 0.375 ومحتوى اسمنتي 500 كجم/م^3 ، حيث أنه وبزيادة كمية الاسمنت تزداد قدرة الخرسانة ذاتية الدمك على الانسياب ونلاحظ ذلك عند مقارنتها مع ما تحصل عليه [3] (A.Smirnove, et.all 2020)حيث كان قطر الهبوط للخلطة ذات المحتوى الاسمنتي 392 كجم/م^3 200 مم أما الخلطة ذات المحتوى الاسمنتي 401 كجم/م^3 فكان 260 مم عند نفس نسبة الماء للإسمنت 0.42 حيث نلاحظ التأثير للمحتوى الاسمنتي على قطر الهبوط فعندما زادت نسبة الماء للإسمنت الى 0.64 وتقليل نسبة الاسمنت الى 371 كجم/م^3 كان قطر الهبوط 110 مم، ونلاحظ زيادة قطر الهبوط في الخلطات التي تحتوي على نوع واحد من (MA) حيث كان أقل قطر هبوط 260 مم عند استخدام غبار السيليكا (SF) بنسبة 10% كبديل للإسمنت وهو نفس الهبوط للخلطة الخالية من MA ويعود السبب لنعومة (SF) الذي ساعد على الحفاظ على انسياب الخرسانة رغم تقليل كمية الاسمنت حيث أنها انعم من الاسمنت، ولكن يجب الانتباه إلى أن زيادة نسبة السيليكا تؤدي الى انخفاض قيمة الانتشار حيث أن الخلطات التي تحتوي على 20% و 30% (SF) انخفضت فيها قيمة الهبوط من 665 مم إلى 650 مم عند نفس نسبة الاسمنت 480 كجم/م^3 وذلك بسبب المساحة السطحية الصغيرة لمادة غبار السيليكا، وعند زيادة نسبة الاسمنت زاد معها قطر الهبوط الى 670 مم عند نسبة 10% سيليكا.

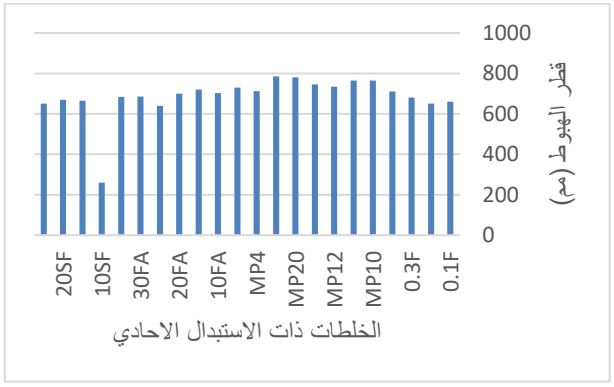
من الشكل (2) نلاحظ ان الاستبدال الاحادي بمخلفات الرخام تعطي أعلى قيمة لقطر الهبوط 785 مم لنسبة استبدال 30% مما يعني تحسن خاصية الانسياب وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية لحبيبات مسحوق الرخام (MP)والذي قام (عائشة جبريل و نوري الباشا2019) [2] بنخله على منخل 0.125 ميكرون، وقد تقاربت نتائج استخدام (MP) والرماد المتطاير (FA) في دراسة كل من [4] (A.Zend, et.all2023) و (A. Ali, et.all 2022)

[5]، حيث اعطت نسبة 8% (MP) 730مم واعطت نسبة 10% (FA) قطر 720 مم عند نفس نسبة الماء للإسمنت 0.45 مع اختلاف محتوى الاسمنت حيث استخدم [4] (A.Zend, et.all2023) محتوى 430 كجم/م^3 واستخدم [5] (A. Ali, et.all 2022) محتوى 460 كجم/م^3، وهذا يتفق مع (عائشة جبريل و نوري الباشا2019) [2] بأن (MP) يعمل على تحسين انسياب SCC بسبب زيادة المساحة السطحية لجزيئاته.

أما الاستبدال الثنائي والثلاثي للإسمنت ب (MA) فأنه يعتبر حل مثالي عند الحاجة إلى انسيابية عالية مع تقليل كمية الاسمنت كما موضح في الشكل (3) و (4) واتفقت الدراسات على أن استخدام 5% (SF) و10% (FA) يعطي قيمة هبوط تصل الى 730 مم (R. Kalaimani, et.all2023) [6] و5%(SF) و10% (FA) و10% حجر جيري (LP) يعطي قيمة هبوط تصل حتى 910 مم (W. E. elemam, et. All2020) [7].

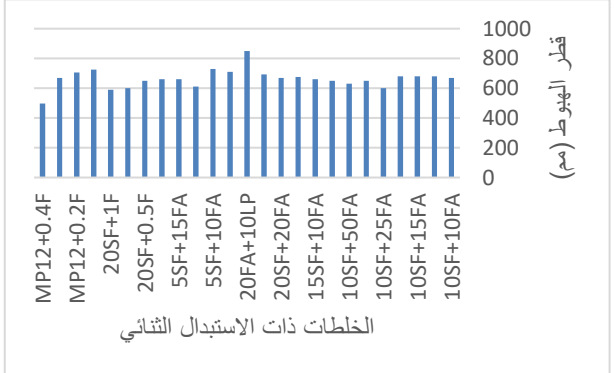


الشكل 1: نتائج اختبار قطر الهبوط (مم) للخلطات بدون استبدال.

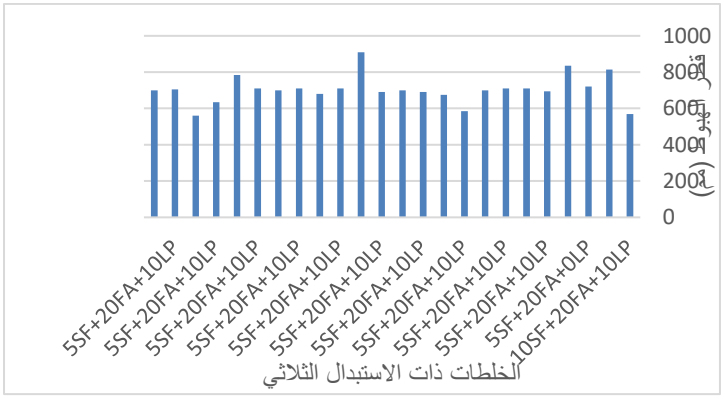


* SF= silica fume, FA= fly ash, MP= marble powder waste, F= fiber.
* الارقام بجانب الاختصار تشير الى نسبة الاستبدال.

الشكل 2: نتائج اختبار الهبوط (مم) للخلطات ذات الاستبدال الأحادي.



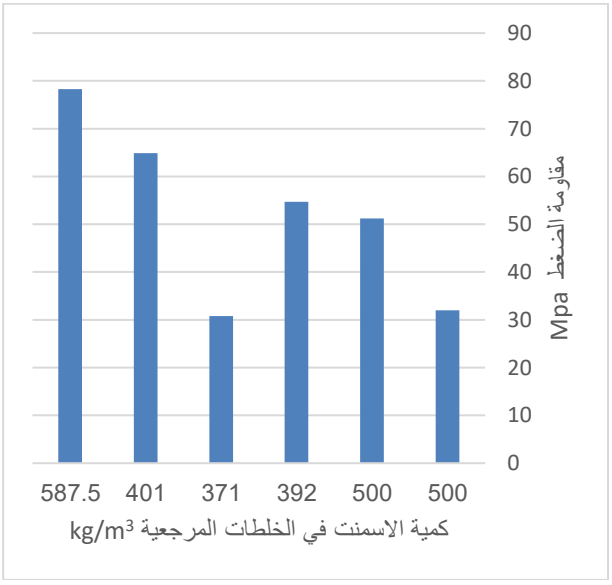
الشكل 3: نتائج اختبار الهبوط (مم) للخلطات ذات الاستبدال الثنائي.



الشكل 4: نتائج اختبار الهبوط (مم) للخلطات ذات الاستبدال الثلاثي.

مقاومة الضغط:-

بناءً على التقرير الخاص بالخرسانة عالية المقاومة المعد من قبل لجنة (ACI) 363 فإن تعريف الخرسانة عالية المقاومة يختلف على أساس جغرافي، ففي المناطق التي يتم فيها بالفعل إنتاج الخرسانة ذات مقاومة ضغط تبلغ (62 MPa) تجاريًا، قد تتراوح مقاومة الضغط للخرسانة عالية المقاومة (83- 103MPa) ومع ذلك فإنه في المناطق التي يكون فيها الحد الأعلى للمواد المتاحة تجاريًا حاليًا (34MPa)، تعتبر الخرسانة ذات مقاومة (62MPa) عالية المقاومة، من الشكل رقم (5) تتراوح قيمة مقاومة الضغط بين 30.8 MPa و78.3 MPa.



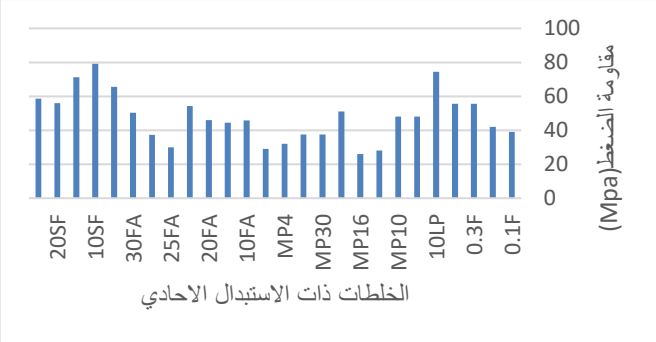
الشكل 5: نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات بدون استبدال.

الاستبدال الأحادي:-

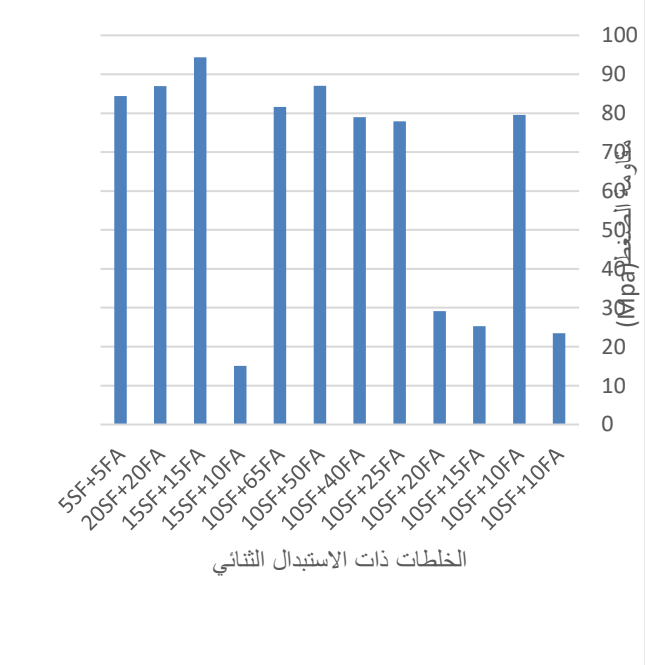
أعطت نسبة 10% (SF) أعلى مقاومة وهي 79.2 MPa بنسبة ماء حسب دراسة أجراها 0.42 (A.Smirnove, et.all 2020) [3]، في حين أعطت نفس النسبة 65.67MPa بنسبة ماء 0.32 كنتيجة لـ (A.Zend, et.all2023) [4]، ويرجع سبب الاختلاف الى نوعية (SP) التي تم استخدامها في الدراستين حيث استخدم(A.Smirnove et.all) نوع يعتمد في تركيبها علي مادة Polycarboxylate، وقد تقاربت نتائج استخدام (SF) بنسبة 20% و30% لـ (A. M. saba, et.all 2021) [8] مع نتائج (R. Kalaimani, et.all2023) [6] الذي استخدم الالياف في دراسته حيث اعطت نسبة 0.3 و 0.4 من الالياف قيم متقاربة جداً 55.56 MPa و 55.6 MPa، كذلك أعطت نسبة LP10 قيمة ضغط 74.4MPa وتعتبر الأعلى بعد SF.

الاستبدال الثنائي والثلاثي بـ SF وFA:-

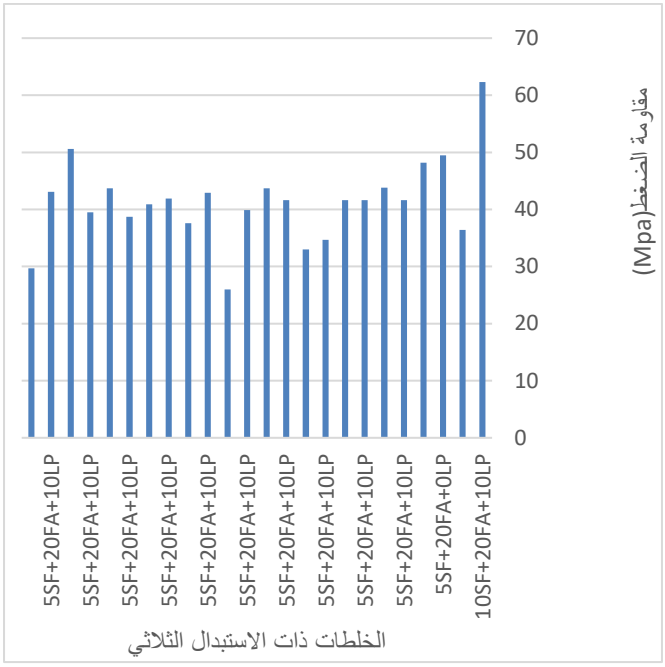
الشكل (7) يبين نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات ذات الاستبدال الثنائي باستخدام SF وFA ، والشكل (8) يبين نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات ذات الاستبدال الثلاثي باستخدام SF و FAوLP ، نلاحظ أن استخدام خليط من SF و FA يحسن من مقاومة الضغط مقارنة عند استخدام كل مادة على حدة [9] (FMustapha, et.all 2020) و (A.Zend, et.all2023) [4]، ولكن عند اضافة(LP) فإن قيم مقاومة الضغط كانت اقل، حيث ان الاستبدال الثلاثي يزيد من كمية المواد الناعمة في الخلطة الامر الذي يؤدي الى امتصاص كمية اكبر من الماء خاصة عند اضافة (LP) الذي يميل الى امتصاص الماء بسبب تركيبته مما يتطلب زيادة كمية الماء في الخلطة بالتالي نقص المقاومة، ويمكن كذلك أن يؤدي نقص كمية الماء الى عدم اكتمال عملية الاماهة بشكل كافي.[7] (W. E. elemam, et. All2020)



الشكل 6: نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات ذات الاستبدال الاحادي.



الشكل 7: نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات ذات الاستبدال الثنائي باستخدام SF وFA.



الشكل 8: نتائج اختبار مقاومة الضغط للخلطات ذات الاستبدال الثلاثي باستخدام SF وFA وLP.

من خلال النتائج التي تم مناقشتها في هذه الورقة قد تم التوصل إلى أن SF تعمل على زيادة لزوجة الخلطة في الحالة اللدنة وتعمل على تقليل خاصية الانسياب والاستواء الذاتي للخرسانة ذاتية الدمك إذا استخدمت بنسب عالي، وأوصت بعض الدراسات باستخدامها بنسب أقل من 5% عندما تكون تشغيلية الخرسانة هي العامل الأساسي، ومع ذلك فقدرتها على ملء الفراغات كانت جيدة حيث اتفقت اغلب الدراسات على أن SF تعمل على تحسين مقاومة الضغط في الاعمار المتأخرة بشكل أفضل من FA وذلك يرجع إلى تركيبةSF ، ويفضل استخدام نسب عالية منها مثل 20% في حال كانت الحاجة الحصول على المقاومة المبكرة، مع التركيز على أن السيليكا تتطلب زيادة المحتوى المائي وتزيد من حاجة SCC للملدنات، ومع زيادة حجم العجينة الاسمنتية في SCC فإن ازدياد خطر الانكماش اللدن.

كما أنه يمكن استخدام نوعين من الاضافات المعدنية وبنسب مدروسة للحصول على مقاومة عالية مع الحفاظ على خواص الخرسانة ذاتية الدمك، وبالتالي تقليل تكلفة الانتاج والحفاظ على البيئة من المخاطر الناتج من عمليات تصنيع الاسمنت وايضا التخلص الأمن لمثل هذا المواد حيث تعتبر أغلب المواد المعدنية المضافة مخلفات صناعية.

4. قائمة المراجع

[1] "State of the Art Report on High StrengthConcrete "،*Journal of the American Concrete Institute* ،المجلد 81، رقم 4، pp. 364-411 .1984 .

[2] ع. ج. جبريل و ن. م. الباشا، "تأثير غبرة الرخام على خصائص الخرسانة ذاتية الدمك،" تأليف *المؤتمر الثاني للعلوم الهندسية والتقنية*، صبراتة، 2019.

[3] A. Smirnov ،L. Dobshits و S. Anisimov ،"Development of high-strength self-compacting concrete with low fineness modulus sand تأليف "،*IOP Conference Series: Materials Science and Engineering PAPER* ،russia .2020 .

[4] A. A. Zend ،A. I. A. Momin ،R. B. Khadiranaikar ،A. H. Alsabhan ،S. Alam ،M. A. Khan و M. O. Qamar ،"Mechanical Properties of High-Strength Self-Compacting Concrete "،*ACS Omega* ،p. 8 .2023 5 9 .

[5] A. Ali ،Z. Hussain ،M. Akbar ،A. Elahi ،S. Bhatti ،M. Imran ، P. Zhang و N. L. Ndam ،"Influence of Marble Powder and Polypropylene Fibers on the Strength and Durability Properties of Self-Compacting Concrete (SCC) "،p. 12 .2022 9 30 ..

[6] R.Kalaimani ،C.Subha ،D. J. Reymond و C. kumar ، "Investigation on Strength Characteristics of Self Compacting Concrete incorporated with AR Glass Fibers تأليف "، *ICSERET-2023* ،India .2023 .

[7] W. E. Elemam ،A. H. Abdelraheem ،M. G. Mahdy و A. M. Tahwia ،"Optimizing fresh properties and compressive strength of self- consolidating concrete "،*Construction and Building Materials journal* ،pp. 1-16 .2020 .

[8] A. M. Saba ،A. H. Khan ،M. N. Akhtar ،Nadeem A Khan c ،S. S. R. Koloor ،M. Petr و ?N. Radwan ،"Strength and flexural behavior of steel fiber and silica fume incorporated self-compacting concrete "،*journal of materials research and technology* ،1390-1380 رقم ،p. 12 .2021 3 14 .

[9] F. Mustapha ،A. Sulaiman ،R. Mohamed و S. Umara ،"The effect of fly ash and silica fume on self-compacting high-performance concrete .2020 ".