Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي
E-ISSN: 2959-6505
Volume 4, Issue 3, 2026
Page No: 231-240
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2024: 5.028 ISI 2025: 0.915 معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.76

# Effect of Some Superplasticizers and Fine Aggregate Sources on Concrete Properties

Tarik Aboshena[1*], Eslam Gabrei[2]
[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Gharyan, Gharyan, Libya
[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Gharyan, Gharyan, Libya

# تأثير بعض المُلدّنات الفائقة ومصادر الركام الناعم على خواص الخرسانة

طارق ابوشينة[1*]، إسلام جبريل[2]
[1]قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة غريان، غريان، ليبيا
[2]قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة غريان، غريان، ليبيا

*Corresponding author: eslam.gabreil@gu.edu.ly

| Received: June 19, 2026 | Accepted: August 29, 2026 | Published: September 14, 2026 |
|---|---|---|

**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Abstract**

With the continuous evolution of construction requirements and engineering challenges, the need to improve concrete properties to meet these demands has become essential. This has led to the necessity of using admixtures in concrete production, where these materials are added in specific proportions to enhance workability and achieve high-strength concrete. This study aimed to evaluate the effect of adding superplasticizers on the properties of fresh and hardened concrete. The superplasticizers Sikament-N and SR-200 were used at a fixed ratio of 1.2% by weight of cement. Three different sources of fine aggregate were used to prepare the concrete mixes, and the experiments included nine concrete mixes, one of which was a control mix without superplasticizers. Workability and compressive strength were tested at different ages (7, 14, and 28 days). The results of these tests showed that the superplasticizers improved workability (slump) and achieved a significant improvement in compressive strength, particularly at 28 days.

**Keywords:** Concrete, Superplasticizers, Aggregates, Workability, Compressive Strength, Libya.

**الملخص**

مع التطور المستمر في متطلبات البناء والتشييد والتحديات الهندسية، برزت الحاجة الي تحسين خواص الخرسانة لتلبي هذه المتطلبات. ومن هنا أصبح من الضروري استخدام الاضافات في صناعة الخرسانة، حيث يتم اضافة هذه المواد بنسب محددة بهدف تحسين قابلية التشغيل والحصول على خرسانة عالية المقاومة. اجريت هذه الدراسة بهدف تقييم تأثير إضافة المُلدّنات الفائقة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلبة، حيث استخدم مُلدّن Sikament-N ومُلدّن SR-200 بنسب ثابتة1.2% من وزن الاسمنت. كما استخدم ثلاثة مصادر مختلفة من الركام الناعم لإعداد الخلطات الخرسانية وشملت التجارب عدد 9 خلطات خرسانية، تضمنت خلطة مرجعية بدون مُلدّنات. اجري اختبار كلا من قابلية التشغيل ومقاومة الضغط، في أعمار مختلفة (7 و14 و28) يومًا، وأظهرت نتائج هذه الاختبارات أن الملدنات حسنت من قابلية التشغيل (الهبوط)، كما حققت تحسن ملحوظا في مقاومة الضغط خاصة عند عمر 28 يوم.

**الكلمات المفتاحية:** الخرسانة، المُلدّنات الفائقة، الركام، قابلية التشغيل، مقاومة الضغط، ليبيا.

## 1. المقدمة

تعتبر الخرسانة من أكثر مواد البناء استخدامًا وانتشارا في العالم، وهي مادة صلبة تتكون من اربعة مكونات رئيسية الإسمنت والماء والركام الخشن والركام الناعم. يوفر الإسمنت الرابطة التي تربط الركام معاً، بينما يوفر الرمل الحجم

والصلابة والماء يوفر الرطوبة اللازمة للتفاعل الكيميائي الذي يربط المكونات معا [1]. في العقد الماضي شهدت تكنولوجيا الخرسانة تطورًا هائلًا ولم تعد تتكون من الإسمنت والركام والماء فقط، بل أصبحت مادة بناء تحتوي على العديد من المكونات الجديدة تعرف بالمواد المضافة للخرسانة. هذه المواد عبارة عن مركبات تضاف للخلطة الخرسانية بهدف تحسين خواصها وتنقسم الي نوعين: إضافات كيميائية وإضافات معدنية. تعمل الاضافات الكيميائية بتخفيض كمية ماء الخلط دون التأثير على قابلية التشغيل وبالتالي زيادة مقاومة الخرسانة ومتانتها، كما تعمل على إطالة زمن الشك لتناسب الخرسانة في الجو الحار او النقل لمسافات طويلة. تتوفر انواع مختلفة من المواد المضافة الكيميائية، ومن بينها المواد المضافة عالية الفعالية المعروفة أيضًا باسم المُلدّن الفائق [1،2].

ويستخدم المُلدّن الفائق لتحسين خصائص الخرسانة في حالتيها الطرية والمتصلبة. في الحالة الطرية، يمكن أن يقلل استخدام المُلدّن الفائق نزف الماء من الخلطة الخرسانية بسبب انخفاض نسبة الماء إلى الإسمنت. كما يمكن ان يطيل الملدّن الفائق زمن تصلب الخرسانة حيث يتوفر المزيد من الماء لتليين الخليط. الملدن الفائق يعمل ايضا على زيادة قابلية التشغيل للخلطة وبالتالي تسهيل الصب في الاماكن المزدحمة بحديد التسليح. اما في حالة الخرسانة المتصلبة، يؤدي استخدام الملدّن الفائق إلى زيادة مقاومة الضغط والشد والانحناء للخرسانة، ويقلل من الانكماش والزحف. كما يمكن ايضا ان يقلل المسام ويجعل الخرسانة أكثر احكاما ضد تأثير الماء والمواد الكيميائية [1،3].

اجريت العديد من الأبحاث لدراسة تأثير إضافة المُلدّنات الفائقة على خواص الخرسانة. حيث اجري [4] دراسة استخدم فيها ملدن فائق من نوع TechnoHyper N بجرعات مختلفة وركام ناعم مورد من محاجر مدينة مصراته، ادت الي تحسن ملحوظ في قابلية التشغيل ومقاومة الضغط، مع تحقيق أفضل اداء عند استخدام جرعة 1.2% من وزن الاسمنت. وفي دراسة اخرى اجراها [5] استخدم فيها مُلدّن فائق من نوع Sikament-NN بجرعات تتراوح من 0.8% - 1.2% ونسبة مختلفة من ماء الخلط w/c بين 0.5 - 0.6، واستخدم رمل البحر كركام ناعم. حيث اظهرت النتائج أن استخدام هذه النسب ادت الي تحسين خواص الخرسانة في حالتها الطرية والمتصلبة. وفي دراسة اجراها [6]. وجدوا أن الخرسانة التي تحتوي على ماء خلط بنسبة 40% مُلدّن فائق بنسبة 0.8% من وزن الاسمنت لديها أعلى مقاومة للضغط عند عمر 28 يوما. وفي دراسة اجراها [7] استخدام فيها ماء خلط w/c من 0.38 – 0.46، ومُلدّن فائق من نوع Sikament-163M بنسب تراوحت من 0.14% – 1.77% من وزن الاسمنت. وبشكل عام وجد أن المُلدّن المستخدم اعطى نتائج جيدة لكل الخلطات، حيث بينت النتائج أنه مع تخفيض قيمة w/c وتعويض التشغيلية بالمُلدّن الفائق ادى الى زيادة في مقاومة الانضغاط للخرسانة.

كما اوضحت نتائج الدراسة التي اجراها [8] والتي استخدم فيها ماء خلط w/c من 0.55 – 0.7، ومُلدّن فائق من نوع TECHNOPLAST R بنسبة 1.5% من وزن الاسمنت. حيث اعطيت الخلطة المحتوية على w/c= 0.55 مع وجود ملدن أفضل مقاومة للضغط مع الحفاظ على قيمة التشغيلية ضمن الحدود المسموح بها. وفي دراسة اخرى اجراها [9] استخدم فيها ملدن فائق Sikament-R2002 بنسبة 2% من وزن الاسمنت، واستخدم ركام ناعم من مصادر مختلفة (رمل بحري ورمل صحراوي)، حيث اظهرت النتائج ان العينات التي استخدم فيها رمل البحري من خليج البمبه، اعطى اعلى مقاومة للضغط والشد والانحناء. يتناول هذا البحث دراسة مدى تأثير استخدام المُلدّنات الفائقة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلبة، عن طريق اختبار خلطات خرسانية مصنوعة من مصادر مختلفة من الركام الناعم (رمل صحراوي، رمل بحري، رمل جبلي).

## 2. المواد وطرق العمل

### 1.2 الإسمنت

استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي نوع (42.5N) المورد من مصنع البرج زليتن (شركة الاتحاد العربي للمقاولات) في جميع الخلطات المتبعة في هذه الدراسة. ويعتبر هذا الاسمنت مطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم (2009/340). الجدول (1) يبين الخواص الفيزيائية للإسمنت المستخدم في هذه الدراسة.

**الجدول (1)**: الخواص الفيزيائية للإسمنت المستخدم في هذه الدراسة.

| الإختبار | النتيجة | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| زمن الشك الإبتدائي | 160 دقيقة | لا يقل عن 45 دقيقة |
| زمن الشك النهائي | 225 دقيقة | لا يزيد عن 10 ساعات |
| النعومة | %9.25 | لا تزيد عن 20% |
| التمدد | 1 ملم | لا يزيد عن 10 ملم |
| نسبة المحتوى المائي القياسي | %26.5 | ما بين (25-30) % |
| مقاومة الضغط بعد 7 أيام | 23.18 ن/ملم$^2$ | لا تقل عن 23 ن/ملم$^2$ |
| مقاومة الضغط بعد 28 يوم | 41.85 ن/ملم$^2$ | لا تقل عن 39 ن/ملم2 |

### 2.2 الركام الخشن

استخدام ركام خشن من محجر) تشاركية وادي غني) بمنطقة فوار غني التي تقع جنوب مدينة غريان. نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام كانت ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات البريطانية (BS 882:1992)، كما مبين في الجدول (2). الجدول (3) يعرض الخواص الفيزيائية للركام الخشن المستخدم.

**الجدول (2)**: نتائج إختبار التحليل المنخلي لركام الخشن.

| رقم المنخل (ملم) | نسبة المار (%) | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| 37.5 | 100 | 100 |
| 20 | 100 | 100 |
| 14 | 95.24 | 100–85 |
| 10 | 26.46 | 50–0 |
| 5 | 0.35 | 10–0 |
| الوعاء | 0 | - |

**الجدول (3):** الخواص الفيزيائية للركام الخشن.

| الخواص | نتيجة الإختبار | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| الوزن النوعي الظاهري | 2.68 | 2.7 – 2.5 |
| نسبة الإمتصاص | %2.63 | لا تزيد عن 3% |

### 3.2 ماء الخلط

تنص المواصفات على أن الماء المستخدم في الخرسانة يجب أن يكون نظيف وخالي من الشوائب والمواد الضارة مثل الأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والمواد الناعمة سواء كانت ذائبة أو عالقة. كما يجب أن يكون ماء الخلط مطابقة للمواصفات العالمية للماء المستخدم في الخلطات الخرسانية وبشكل عام فإن الماء الصالح للشرب يحققها، لذلك تم استخدام ماء صالح للشرب في إنتاج الخلطات الخرسانية.

### 4.2 الركام الناعم

استخدام ركام ناعم (الرمل) من ثلاثة مصادر مختلفة والتي تم جلبها من المدن (غريان، سبها، زوارة)، حيث تعتبر رمال هذه المصادر مختلفة التركيب الجيولوجي. المصدر الأول (ركام ناعم غريان) وهو جبلي والمصدر الثاني (ركام ناعم سبها) وهو صحراوي والمصدر الثالث (ركام ناعم زوارة) وهي بالقرب من شاطئ البحر.

#### a. الركام الناعم) غريان)

استعمل الركام الناعم من محجر منطقة (أبو رشادة بمدينة غريان) في عمل الخلطات الخرسانية، حيث كانت نتائج التحليل المنخلي ضمن الحدود المواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002 وللمواصفات البريطانية (BS 882:1992) كما مبين في الجدول (4). الجدول (5) يعرض الخواص الفيزيائية للركام الناعم غريان.

**الجدول (4)**: نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم غريان.

| رقم المنخل (ملم) | وزن المحجوز (جم) | المحجوز التراكمي (جم) | نسبة المحجوز (%) | نسبة المار (%) | حدود المواصفة (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 2.36 | 11.8 | 11.8 | 0.59 | 99.41 | 100 - 80 |
| 1.18 | 79.2 | 91 | 4.56 | 95.44 | 100 - 70 |
| 0.6 | 84.5 | 175.5 | 4.23 | 95.77 | – 55 100 |
| 0.3 | 1004.3 | 1179.8 | 59.08 | 40.92 | 70 – 5 |
| 0.15 | 565.6 | 1745.4 | 87.4 | 12.6 | 15 – 0 |
| الوعاء | 251.6 | 1997 | 100 | 0 | – |

**الجدول (5)**: الخواص الفيزيائية للركام الناعم غريان.

| الخواص | نتيجة الاختبار | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| الوزن النوعي الظاهري | 2.65 | 2.7 – 2.6 |
| نسبة الإمتصاص | %0.92 | لا تزيد عن 3% |
| نسبة المواد الناعمة | %1.56 | لا تزيد عن 3% |

**b. الركام الناعم (سبها)**

استخدام الركام الناعم من (زلاف) بمدينة سبها والجدول (6) يعرض نتائج اختبار التحليل المنخلي مقارنة بالمواصفات البريطانية (BS 882:1992). الجدول (7) يعرض الخواص الفيزيائية للركام الناعم سبها.

**الجدول (6)**: نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم سبها.

| رقم المنخل (ملم) | وزن المحجوز (جم) | المحجوز التراكمي (جم) | نسبة المحجوز (%) | نسبة المار (%) | حدود المواصفة (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 2.36 | 3.9 | 3.9 | 0.195 | 99.81 | 100 - 80 |
| 1.18 | 15.4 | 19.3 | 0.966 | 99.04 | 100 - 70 |
| 0.6 | 1111.4 | 1130.7 | 56.63 | 43.37 | 100 – 55 |
| 0.3 | 329.9 | 1460.6 | 73.15 | 26.85 | 70 – 5 |
| 0.15 | 521.4 | 1982 | 99.26 | 0.732 | 15 – 0 |
| الوعاء | 14.6 | 1996.6 | 100 | 0 | – |

**الجدول (7)**: الخواص الفيزيائية للركام الناعم سبها.

| الخواص | نتيجة الإختبار | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| الوزن النوعي الظاهري | 3.02 | 2.7 – 2.6 |
| نسبة الإمتصاص | %0.54 | لا تزيد عن 3% |
| نسبة المواد الناعمة | %2.3 | لا تزيد عن 3% |

**c. الركام الناعم (زوارة)**

استخدام الركام الناعم من (شط المنقوب) بمدينة زوارة والجدول (8) يعرض نتائج اختبار التحليل المنخلي مقارنة بالمواصفات البريطانية (BS 882:1992). الجدول (9) يعرض الخواص الفيزيائية للركام الناعم سبها.

**الجدول (8)**: نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم زوارة.

| رقم المنخل (ملم) | وزن المحجوز (جم) | المحجوز التراكمي (جم) | نسبة المحجوز (%) | نسبة المار (%) | حدود المواصفة (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 2.36 | 4.2 | 4.2 | 0.21 | 99.79 | 100 - 80 |
| 1.18 | 11.5 | 15.7 | 0.79 | 99.21 | 100 - 70 |
| 0.6 | 1974.6 | 1990.3 | 99.52 | 0.48 | 100 – 55 |
| 0.3 | 3.2 | 1993.5 | 99.68 | 0.32 | 70 – 5 |
| 0.15 | 4.2 | 1997.7 | 99.89 | 0.11 | 15 – 0 |
| الوعاء | 0 | 1997.7 | 100 | 0 | – |

**الجدول (9)**: الخواص الفيزيائية للركام الناعم زوارة.

| الخواص | نتيجة الإختبار | حدود المواصفة |
|---|---|---|
| الوزن النوعي الظاهري | 2.54 | 2.7 – 2.6 |
| نسبة الإمتصاص | %1.67 | لا تزيد عن 3% |
| نسبة المواد الناعمة | %3 | لا تزيد عن 3% |

### 5.2 الاضافات الكيميائية

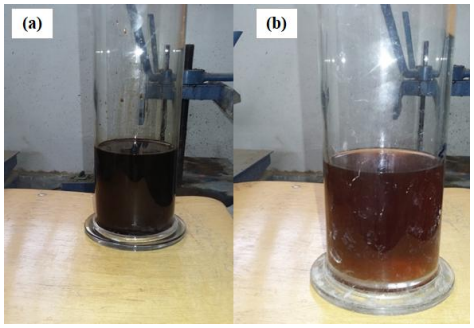
استخدم نوعين من المُلدّنات الفائقة High Range Water Reducing Admixture، وذلك لخفض ماء الخلط.

**a. المُلدّن الفائق (SR-200)**

الاسم التجاري له (SR-200) وهو من إنتاج شركة agle الإيطالية، ويعتبر من المُلدّنات العالية الكفاءة لخفض ماء الخلط بدرجة فائقة (Super plasticizer) وهو مطابقة للمواصفة الأمريكية (ASTM-C494). تتراوح نسبة الاستخدام المثلى لهذه الإضافة بين (0.8 – 2)% من وزن الإسمنت، وهي مادة سائلة ذات لون بني داكن كما هو موضح في الشكل (1).

**b. المُلدّن الفائق (Sikament-N)**

الاسم التجاري له (Sikament-N) وهو من إنتاج شركة سيكا المصرية، ويعتبر من المُلدّنات العالية الكفاءة لخفض ماء الخلط بدرجة فائقة (Super plasticizer) وهو مطابقة للمواصفة الأمريكية (ASTM-C494). تتراوح نسبة الاستخدام المثلى لهذه الإضافة بين (0.6 – 2.5)% من وزن الإسمنت، وهي مادة سائلة ذات لون بني فاتح كما هو موضح في الشكل (1).




**الشكل (1)**: المُلدّنات الفائقة: (a) مُلدّن SR-200، (b) مُلدّن Sikament-N.

### 3. تصميم الخلطات الخرسانية

صممت جميع الخلطات الخرسانية باستخدام طريقة الحجم المطلق [1،3]، حيث حددت كميات مكونات الخلطة للمتر المكعب من الخرسانة: (500 كجم) للإسمنت، نسبة الركام الخشن الى الركام الكلي = 65%، نسبة الركام الناعم الى الركام الكلي =35%، نسبة المُلدّن الفائق = 1.2% من وزن الاسمنت، نسبة الماء الى الاسمنت = 40%. والوزن النوعي لكل من الاسمنت، الركام الخشن، الركام الناعم، الملدن الفائق، الماء هو 3.15، 2.68، 2.65، 1.06، 1، على التوالي. تم تجهيز عدد تسعة خلطات خرسانية بواقع ثلاثة خلطات لكل نوع من الركام الناعم (خلطة بدون اضافه ملدن، خلطة بإضافة ملدن SR-200، خلطة بإضافة ملدن Sikament-N) كما هو مبين في الجدول (10).

**جدول (10)**: مكونات الخلطات الخرسانية في المتر المكعب.

| اسم الخلطة | الاسمنت C (كجم) | الماء W (كجم) | W/C (%) | الركام الناعم (كجم) | الركام الخشن (كجم) | مُلدّن SR-200 (كجم) | مُلدّن Sikament-N (كجم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 0 |
| S | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 0 |
| Z | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 0 |
| GSK | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 6 |
| SSK | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 6 |
| ZSK | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 0 | 6 |
| GSR | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 6 | 0 |
| SSR | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 6 | 0 |
| ZSR | 500 | 200 | 40 | 600 | 1113 | 6 | 0 |

حيث: G = رمل غريان بدون ملدن، S = رمل سبها بدون ملدن، Z = رمل زوارة بدون ملدن،
$G_{SK}$ = رمل غريان مع ملدن Sikament-N ، $S_{SK}$ = رمل سبها مع ملدن Sikament-N ،
$Z_{SK}$ = رمل زوارة مع ملدن Sikament-N ، $G_{SR}$ = رمل غريان مع ملدن SR-200 ، $S_{SR}$ = رمل سبها مع ملدن SR-200 ، $Z_{SR}$ = رمل زوارة مع ملدن SR-200.

## 4. تجهيز ومعالجة العينات

استخدم ميزان حساس لضبط نسب مكونات الخلطات الخرسانية المختلفة واستخدمت خلاطة ميكانيكية لخلط المكونات، حيث بدأ الخلط بإضافة الرمل الناعم والاسمنت للخلاطة الى حين الوصول الى الخليط المتجانس، تم إضافة الركام الخشن النظيف والخلط لفترة زمنية تضمن الحصول على خلطة متجانسة. تم اضافة ماء الخلط للخليط تدريجيا حتى يعطي مرونة متجانسة لكل أجزاء العجينة في الخلطة. في الخلطات التي تحتوي على الملدن الفائق، يستمر الخلط لمدة دقيقتين ثم يضاف الملدن الفائق حسب توصيات النشرة الفنية للملدن المستخدم. يستمر الخلط لمدة ثلاث دقائق أخرى، ويجب ألا تزيد عن ذلك كثيرا مما قد يسبب في انفصال التجانس خاصة بين الركام الخشن والعجينة. اجري اختبار الهبوط Slump Test للعينات مباشرة بعد انتهاء خلط كل المكونات وذلك باستخدام المخروط القياسي. بينما لاختبار مقاومة الانضغاط، تم تجهيز العينات بصب الخليط في قوالب حديدية نظيفة ذات ابعاد 15×15×15 سم وتدمك يدويا على ثلاث طبقات. وبعد الانتهاء من عملية الصب ورص الخرسانة في القوالب الحديدية المكعبة تترك النماذج في القوالب لمدة 24 ساعة حتى تتضح وتتصلب ثم بعد ذلك يتم فكها. بعد تجهيز العينات وتصلبها وفكها يتم معالجتها وذلك بغمرها في حوض المياه الخاص بالمعالجة عند درجة حرارة 20– 25 درجة مئوية، وتترك لفترات المعالجة المقررة وهي (7) أيام و (14) يوم و(28) يوم. وبعد انتهاء مدة المعالجة يتم اخراج العينات من الحوض وتترك حتى تجف تم تنقل لإجراء اختبارات الضغط.

## 5. تحليل ومناقشة النتائج

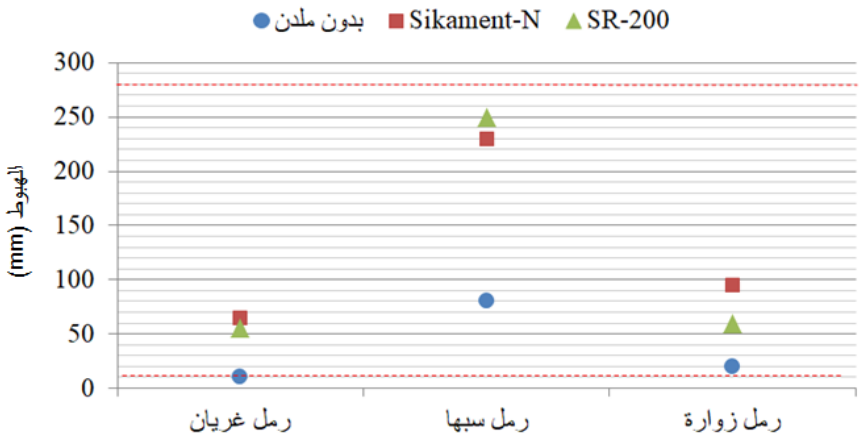
### 1.5 نتائج إختبار الهبوط

يعد إختبار الهبوط Slump Test من أهم الاختبارات التي تجرى على الخرسانة الطازجة لتحديد قابلية التشغيل ومدى سهولة تشكيل وصب الخرسانة، ويوضح جدول (11) مقدار الهبوط للخلطات الخرسانية.

**جدول (11)**: نتائج اختبار الهبوط Slump Test.

| اسم الخلطة | قيم الهبوط (ملم) | حدود المواصفة (ملم) |
|---|---|---|
| G | 10 | 280 – 10 |
| S | 80 | 280 – 10 |
| Z | 20 | 280 – 10 |
| $G_{SK}$ | 65 | 280 – 10 |
| $S_{SK}$ | 230 | 280 – 10 |
| $Z_{SK}$ | 95 | 280 – 10 |
| $G_{SR}$ | 55 | 280 – 10 |
| $S_{SR}$ | 250 | 280 – 10 |
| $Z_{SR}$ | 60 | 280 – 10 |

بشكل عام تشير هذه النتائج الي أن مقدار الهبوط يزداد بشكل ملحوظ عند استخدام الملدنات الفائقة، كما انه لم يلاحظ حدوث انفصال حبيبي او طفؤ للماء في جميع الاختبارات. فنجد ان للخلطة G (رمل غريان بدون ملدن) ذات قوام جاف كان مقدار التشغيلية لها 10 ملم، حيث ارتفع مقدار الهبوط حتى وصل إلي 65 ملم عند إضافة ملدن Sikament-N، والي 55 ملم عند إضافة ملدن SR-200 ويلاحظ أن مقدار الهبوط ارتفع بمقدار كبير عند استخدام الملدنات للعينات الي تحتوي على ركام ناعم (رمل سبها). ويمكن تفسير ذلك بسبب الاختلاف في نسب الامتصاص بين مصادر الركام الناعم المستخدمة. الشكل 2 يوضح العلاقة بين مصادر الركام الناعم المستخدم وقيم الهبوط.




**الشكل (2):** نتائج اختبار الهبوط Slump Test.

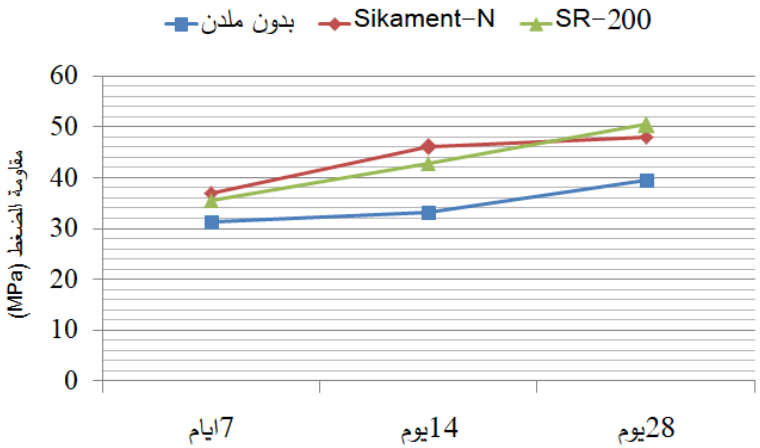
### 2.5 نتائج إختبار مقاومة الضغط

اختبار مقاومة الضغط يعد من الاختبارات الهامة لخواص الخرسانة المتصلدة، حيث يعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. أن مقاومة الضغط تعتبر المقاومة الرئيسية للخرسانة، حيث معظم الخواص مثل الشد والانحناء والقص تزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح. اجري إختبار قوة مقاومة الانضغاط على عدد 81 مكعب خرساني للأعمار (7، 14، و28) يوما بواقع ثلاثة مكررات لكل عمر ولكل خلطة خرسانية. اجري التحليل الاحصائي لنتائج مقاومة الضغط، حيث تراوحت قيم كلا من الانحراف المعياري ومعامل الاختلاف لجميع العينات ما بين (8 كجم/سم$^2$ – 12 كجم/سم$^2$) و (2% – 5%)، على التوالي. وتعتبر هذه القيم في حدود الجيدة جدا الى ممتازة للتحكم في مستويات جودة الخرسانة.

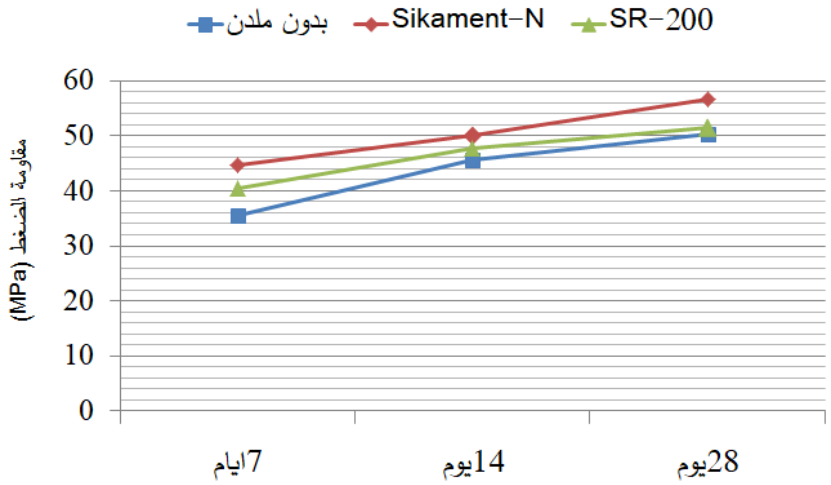
**جدول (12):** نتائج إختبار الضغط.

| اسم الخلطة | مقاومة الضغط (MPa) | | |
|---|---|---|---|
| | 7 أيام | 14 يوم | 28 يوم |
| G | 31.24 | 33.13 | 39.60 |
| S | 35.52 | 45.71 | 50.28 |
| Z | 42.20 | 48.50 | 55.60 |
| GSK | 36.85 | 46.15 | 48.08 |
| SSK | 44.60 | 50.04 | 56.70 |
| ZSK | 44.20 | 53.50 | 65.44 |
| GSR | 35.52 | 42.82 | 50.48 |
| SSR | 40.52 | 47.73 | 51.50 |
| ZSR | 50.20 | 59.60 | 66.21 |

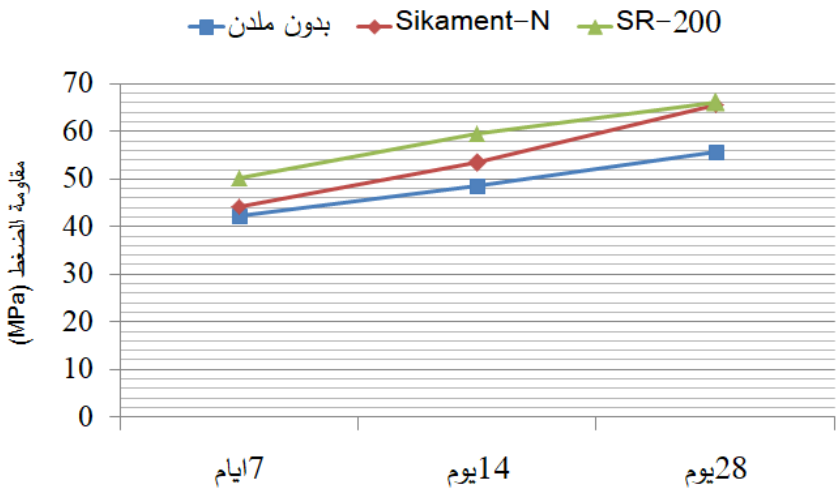
تبين النتائج المدرجة في الجدول (12) استخدام الملدن الفائق في الخلطات الخرسانية يؤدي إلى ارتفاع ملحوظًا في مقاومة الضغط في جميع الأعمار. حيث لوحظ ارتفاع المقاومة في جميع الخلطات عند إضافة الأنواع المختلفة من الملدنات، واختلفت قيم المقاومة باختلاف نوع الملدن وكذلك باختلاف مصدر الركام الناعم المستخدم. فعند إضافة ملدن Sikament-N على الخلطة المحتوية على الركام الناعم (رمل غريان)، ارتفعت مقاومة الضغط من 31.24 MPa – 36.85 MPa عند عمر 7 أيام، بنسبة وصلت إلي 18%، و ارتفعت من 33.13 MPa – 46.15 MPa عند عمر 14 أيام، بنسبة وصلت إلي 39%. بينما عند إضافة ملدن SR-200 ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 14% عند عمر 7 أيام وبنسبة 29% عند عمر 14 يوم، كما هو مبين في الشكل (3). في حين ان في الخلطات المحتوية على ركام ناعم (رمل سبها) وعند استخدام ملدن Sikament-N، ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 26% عند عمر 7 ايام وبنسبة 10% عند عمر 14 يوم. بينما عند إضافة ملدن SR-200 ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 14% عند عمر 7 أيام و بنسبة 4% عند عمر 14 يوم، كما هو مبين في الشكل (4). للركام الناعم (رمل زوارة) وعند استخدام ملدن Sikament-N، ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 5% عند عمر 7 ايام وبنسبة 10% عند عمر 14 يوم. بينما عند إضافة ملدن SR-200 ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 19% عند عمر 7 أيام و بنسبة 23% عند عمر 14 يوم، كما هو مبين في الشكل (5).




**الشكل (3)**: مقاومة الضغط لعينات الرمل الناعم غريان.



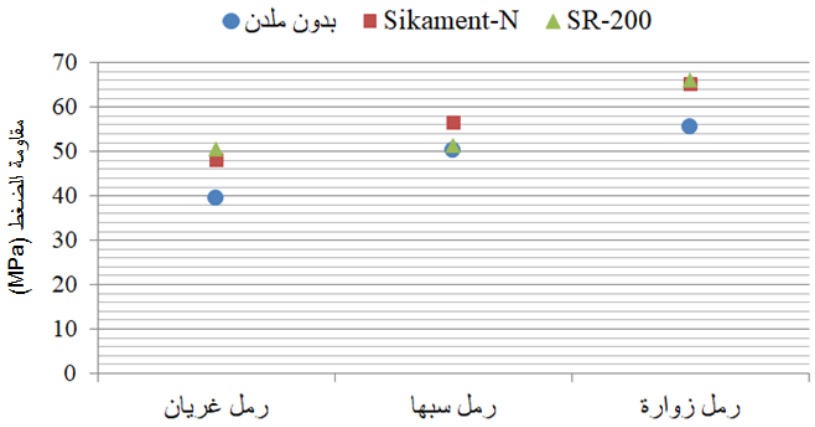

**الشكل (4)**: مقاومة الضغط لعينات الرمل الناعم سبها.




**الشكل (5)**: مقاومة الضغط لعينات الرمل الناعم زوارة.

الشكل (6) يبين قيم مقاومة الضغط للعينات بعمر 28 يوم، ويلاحظ أن اعلى قيمة لمقاومة الضغط سجلت عند استخدام ركام ناعم (رمل زوارة) مع الملدنات. كما يلاحظ ايضا ان مقاومة الضغط لاتزال مرتفعة لرمل زوارة بدون استخدام الملدنات بسبب ان قيمة معامل النعومة لرمل زوارة وصلت الى 3% وبالتالي يصنف بانه رمل أكثر خشونة. ونجد ان للخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام ناعم (رمل غريان)، ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 21%، 26%، عند استخدام ملدن Sikament-N، SR-200، على التوالي. في حين ان للخلطات الخرسانية التي تحتوي على ركام ناعم (رمل

سبها)، ارتفعت مقاومة الضغط بنسبة 13%، 2.5%، عند استخدام ملدن Sikament-N، SR-200، على التوالي. للركام الناعم (رمل زوارة)، نجد ان مقاومة الضغط ارتفعت بنسبة 18%، 19%، عند استخدام ملدن Sikament-N، SR-200، على التوالي.




**الشكل (6)**: مقاومة الضغط للعينات بعمر 28 يوم.

## 6. الخلاصة

تناول هذا البحث دراسة مدى تأثير إضافة المُلدّنات الفائقة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلبة، والمصنوعة من مصادر مختلفة من الركام الناعم. نتائج هذه الدراسة بينت ان تأثير المُلدّنات الفائقة ظهر بشكل واضح على كل من قابلية التشغيل ومقاومة الضغط لكل انواع الركام الناعم المستخدم، حيث يمكن تلخيص النتائج فيما يلي.

- تبين من خلال نتائج اختبار الهبوط أن الخلطات الخرسانية التي تحتوي على رملي غريان وزوارة كان قوامهما جاف، أما الخلطة الخرسانية التي تحتوي رمل سبها كان قوامها لدن.
- إضافة المُلدّنات الفائقة على الخلطات الخرسانية المحتوية على رمل سبها كان الأكثر تأثيرا من حيث التشغيلية مقارنة بالخلطات المحتوية على المصادر الأخرى من الركام الناعم نظرا لانخفاض نسبة الامتصاص.
- أظهرت النتائج الحالية ارتباطاً بين ارتفاع معامل النعومة ومقاومة الضغط ضمن نطاق الركام المستخدم في هذه الدراسة، حيث سجل رمل زوارة (معامل نعومته 3%) أعلى متوسط لمقاومة الضغط ضمن الخلطات المدروسة، حيث وصلت متوسط مقاومة الضغط إلى 66.21 ن/مم².
- المُلدّن الفائق SR-200 كان له التأثير الأكبر على كل من نتائج الهبوط والضغط حيث أعطى مقدار هبوط 250 ملم لرمل سبها، بينما أعطي أعلى مقاومة للضغط عند استخدام الركام الناعم (رمل زوارة).

## 7. التوصيات

بناءا على ما تم في الدراسة وتوسيعا وتكملة لها تم اقتراح مجموعة من التوصيات أهمها:

- دراسة تأثير استخدام نسب متفاوتة لكمية الماء وللملدنات الفائقة على الخلطة الخرسانية.
- توسيع الاختبارات لتشمل اختبار الشد والانحناء والمثانة والنفاذية.
- اجراء تحليل ميكروسكوبيي SEM للعينات.

## قائمة المراجع


[1] محمود إمام، *تكنولوجيا خرسانة*. جامعة القاهرة، 2002.

[2] كريم جابر، *تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة*، الجزء الأول، الطبعة الأولى. القاهرة، مصر، 2019.

[3] Z. Li, X. Zhou, H. Ma, and D. Hou, *Advanced Concrete Technology*. John Wiley & Sons, 2022.

[4] A. A. Alhub and W. F. Alnaas, “Effect of superplasticizers to enhance the properties of concrete and Durafiber 18 fibers on the fresh and hardened properties of concrete,” *Afro-Asian Journal of Scientific Research*, vol. 3, no. 4, pp. 100–108, 2025.

[5] S. Alsadey and A. Omran, “Effect of superplasticizers to enhance the properties of concrete,” *Design, Construction, Maintenance*, vol. 2, pp. 84–91, 2022.

[6] A. A. Mohamed, A. M. El-Khodary, and M. A. Abdel-Hafez, “The effect of water-to-cement ratio and plasticizer content on the compressive strength of concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 113, pp. 6–13, 2016.

[7] A. A. Shafter, A. K. Altersh, I. H. Algott, and A. M. Ghlaio, “Relationship between compressive strength, water-to-cement ratio, and superplasticizer-to-cement ratio in high-strength concrete mixes,” *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 34–48, 2024.

[8] زياد ابومصطفى، عبدالرحمن شهران، وفوزي شهران، دراسة تأثير إضافة الملدنات الفائقة على بعض خواص الخرسانة في الحالة الطرية والمتصلبة، *المجلة الدولية للعلوم التقنية*، مج. 2، ع. 37، 2025.
[9] امال موسى، محمد صالح، وعيد عبدالرزاق، دراسة تأثير بعض مصادر الرمل على خواص الخرسانة، في *المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية*، الزاوية، ليبيا، 2021.
[10] *الأسمنت البورتلاندي العادي*، المواصفة القياسية الليبية رقم 2009/340، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس، ليبيا، 2009.
[11] *المياه المستخدمة في الخرسانة*، المواصفة القياسية الليبية رقم 1988/294، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس، ليبيا، 1988.
[12] *Specification for Aggregates from Natural Sources for Concrete*, BS 882:1992, British Standards Institution, 1992.
[13] *Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes*, BS 1881-116:1983, British Standards Institution, London, U.K., 1983.
[14] *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*, ASTM C494/C494M-24, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2024.