African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 3, Issue 4, October - December 2024
Page No: 34-48
Website:
https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2024: 0.877 **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.55**

العلاقة بين مقاومة الضغط ونسبة الماء والملدن إلى الاسمنت في الخلطات الخرسانية عالية المقاومة

عبد الله علي شفتر [1*]، عبد الكريم خليفة الأطرش [2]، إمحمد حسن القط [3]، علي محمود إغليو [4]
[1،2،3،4] قسم الهندسة المدنية، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا

Relationship between Compressive Strength, Water-to-Cement Ratio, and Superplasticizer-to-Cement Ratio in High-Strength Concrete Mixes

Abdullah Ali Shafter [1*], Abdalkrem khalifa Altresh [2], Imhemmed Hasan Algott [3], Ali Mahamoud Ghlaio [4]
[1,2,3,4] Department of Civil Engineering, Misurata University, Misrata, Libya

[*]*Corresponding author:* abdalh.a.shafter@eng.misuratau.edu.ly

Received: August 18, 2024	Accepted: September 25, 2024	Published: October 03, 2024

الملخص

تم في هذا البحث إيجاد منحنيات للعلاقة بين كل من مقاومة الخرسانة للضغط المستهدفة ونسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) ونسبة الملدن إلى الاسمنت(S/C) ، حيث تم التحكم في نسبة (S/C) في الخلطة الخرسانية للمحافظة على التشغيلية عند خفض نسبة (W/C) بغية الوصول إلى خرسانية ذات مقاومة ضغط عالية، وقد تم إجراء اختبارات معملية على ثلاث خلطات خرسانية وبتشغيليات مختلفة، حيث أظهرت النتائج أن مقاومة الضغط تزداد كلما قلت (W/C) مع ضرورة تعويض التشغيلية بنسبة الملدن المطلوبة، كما أظهرت نتائج الخلطة الأولى في التشغيلية المنخفضة أنه عند خفض (W/C) وتعويضه بنسبة مناسبة من (S/C) نلاحظ ارتفاع في مقاومة الضغط، وكانت هذه العلاقة صالحة حتى نسبة (W/C= 41%) تقريباً، ثم تنخفض التشغيلية بخفض (W/C) ولا يمكن تعويضها بزيادة (S/C)وتثبت مقاومة الضغط عند (61 MPaتقريبا، أما بالنسبة لكل من التشغيلية المتوسطة والعالية للخلطة الأولى فإن كل من نسبة الإضافة (S/C) ومقاومة الضغط تزداد بنسبة أكبر كلما قلت (W/C)، وأظهرت نتائج الخلطة الثانية أنه في التشغيلية المنخفضة والعالية كانت نسبة (S/C) شبه ثابتة مع زيادة ملحوظة في مقاومة الضغط عند خفض نسبة (W/C) حتى (W/C=46%) وبعدها تزداد نسبة (S/C) للحفاظ على التشغيلية مع زيادة في مقاومة الضغط، أما في التشغيلية المتوسطة للخلطة الثانية عند خفض (W/C) تزداد كل من نسبة (S/C)ومقاومة الضغط بعلاقة شبه خطية، وأظهرت الخلطة الثالثة أن كل من نسبة (S/C) ومقاومة الضغط تزداد كلما قلت نسبة (W/C) عند جميع التشغيليات.

وأخيراً فإن مقاومة الضغط للخلطة الأولى كانت أقل تجانس كلما زادت التشغيلية، أما الخلطة الثانية فكانت أكثر تجانس للتشغيلية المتوسطة، تليها التشغيلية المنخفضة، والتشغيلية العالية كانت أقل تجانس مع ملاحظة ان التشتت ليس كبيراً، أما بالنسبة للخلطة الثالثة فكانت النتائج أكثر تجانس كلما زادت التشغيلية.

الكلمات المفتاحية: التشغيلية، الخرسانة، الخلطات الخرسانية، مقاومة الضغط العالية، الملدنات الفائقة، نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C)، نسبة الملدن إلى الاسمنت (S/C).

Abstract

This research investigates the relationship between targeted concrete compressive strength, water-to-cement ratio (W/C), and superplasticizer-to-cement ratio (S/C). The S/C ratio was adjusted in the concrete mix to maintain workability while reducing W/C to achieve high-strength concrete. Laboratory tests were performed on three different concrete mixes. The results showed that compressive strength

increases as W/C decreases, with the necessary compensation for workability by adding the required amount of superplasticizer.
The results of the first mix at low workability showed that when W/C is reduced and compensated with a suitable amount of S/C, there is an increase in compressive strength. This relationship was valid up to a W/C ratio of approximately 41%. After that, the workability decreases with a decrease in W/C and cannot be compensated by increasing S/C. The compressive strength value stabilizes at approximately 61 MPa.
For both medium and high workability of the first mix, both the addition rate (S/C) and the compressive strength increase more as W/C decreases. The results of the second mix showed that at low and high workability, the S/C ratio was almost constant with a significant increase in compressive strength when the W/C ratio was reduced up to W/C=46%. After that, the S/C ratio increases to maintain workability with an increase in compressive strength. At medium workability of the second mix, when W/C is reduced, both S/C and compressive strength increase in a near-linear relationship.
The third mix showed that both S/C and compressive strength increased as W/C decreased for all workability levels.
Finally, the compressive strength of the first mix was less homogeneous as the workability increased. The second mix was more homogeneous at medium workability, followed by low workability, and high workability was the least homogeneous. The dispersion was not significant. The results of the third mix were more homogeneous as the workability increased.

Keywords: Workability, Concrete, Concrete mixes, High Compressive Strength, Superplasticizers, Superplasticizer-to-cement ratio (S/C), Water-to-cement ratio (W/C).

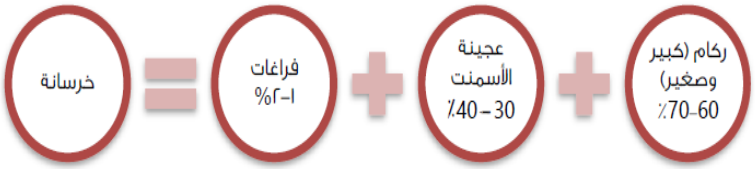
1. مقدمة

الخرسانة هي عبارة عن خليط من الرمل وكسر الحجارة أو أي نوع آخر من الركام ويتماسك مع بعضه بقوة في صورة شبيهة بالكتل الحجرية (الصخور) بواسطة عجينة رابطة من الاسمنت والماء حيث تغلف تلك العجينة الركام وتتصلب نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.

أحيانا يتم إضافة إضافات كيميائية (Admixtures) إلى الخليط وذلك لتغيير خصائص معينة من الخواص الفيزيائية للخليط مثل التشغيلية (Workability) أو قوة التحمل (Durability) أو زمن الشك (Time of hardening)، ويتم الحصول على الخرسانة بخلط كل من الرمل والركام والاسمنت والماء بنسب معينة وبعد الانتهاء من خلط المكونات يتم وضعها في قوالب.

بشكل عام، يلاحظ اختلاف خصائص الخرسانة المتصلدة باختلاف خصائص ونسب المواد المكونة للخلطة الخرسانية، وبالتالي يمكن التحكم في خواص الخرسانة الناتجة من خلال التحكم في خواص المواد المكونة لها، وكمثل أي مادة صخرية فإن الخرسانة لها مقاومة عالية للضغط [1].

ولزيادة مقاومة الخرسانة للضغط يتم تقليل كمية الماء، وهذا يؤدي الى انخفاض قابلية التشغيل وبالتالي تصبح عملية خلط وصب الخرسانة صعبة، وإذا تم زيادة المحتوى المائي فإن قابلية التشغيل تتحسن في مقابل انخفاض مقاومة الضغط، وللحصول على مقاومة ضغط عالية للخرسانة مع تشغيلية جيدة في نفس الوقت يتم استخدام ملدنات عالية الفاعلية Super Plasticizers والتي تمكننا من الحصول على لزوجة عالية للخرسانة بحيث تساعد على انسياب الخرسانة أثناء عملية الصب وسهولة عملية الدمك مع الحفاظ على وجود نسبة قليلة من الماء وبالتالي عدم حدوث نضح أو انفصال حبيبي للخرسانة[1].



شكل 1: التركيبة الأساسية للكتلة الخرسانية [1]

1.1. الملدنات الفائقة

من المعلوم أنه يمكن إضافة مواد أخرى للخرسانة غير مكوناتها الأساسية (الاسمنت والركام والماء)، وهذه الإضافات تضاف إلى ماء الخلط أو إلى الخلطة نفسها، وتأتي على هيئة سوائل أو مساحيق، وهي تساهم في تحسين بعض خصائص

الخلطة، مثل تعجيل أو تأخير زمن الشك، أو إضافات لتحسين التشغيلية وبعضها للحد من حدوث انفصال حبيبي أثناء الصب، ومن هذه الإضافات الملدنات.

توجد الملدنات بنوعيها (الملدنات Plasticizer، الملدنات الفائقةSuper Plasticizer) في صورة سائلة، وتضاف إلى الخرسانة بنسبة تصل حتى (3%) من وزن الاسمنت وهي أكثر الأنواع شيوعا واستخداما، والفرق بين الملدنات والملدنات الفائقة يتمثل في تخفيض نسبة ماء الخلط، حيث تتراوح نسبة التخفيض للملدنات ما بين (6% و12%)، أما الملدنات الفائقة فتعمل على تخفيض ماء الخلط بنسبة تزيد عن (12%) وقد تصل إلى (30%) عند نفس قوام الخلطة الخرسانية.

1.1.1 *وظيفتها*

- تحسين خواص الخرسانة الطازجة وذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات (W/C).
- الحصول على خرسانة ذاتية الدمك.
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة وذلك بتخفيض نسبة (W/C) في الخلطة مع ثبات درجة قابلية التشغيل، وبالتالي الحصول على خرسانة عالية المقاومة.
- الحصول على خرسانة ذات مقاومة مبكرة عالية.
- الحصول على خرسانة عالية الأداء قليلة النفاذية.
- الحصول على خرسانة بدون انفصال حبيبي أو نضح.

2.1.1 *اختيار نوع الملدن*

عند اختيار نوع الملدن يجب مراعاة الأسس التالية:

- معدل تخفيض ماء الخلط.
- معدل فقد القابلية للتشغيل.
- التأثير على زمن الشك.
- التوافق مع الاسمنت المستخدم.
- مقاومة الخرسانة.
- الثمن والتكاليف.

3.1.1 *كيفية عمل الملدنات*

تعمل الملدنات والملدنات الفائقة على تسييل الخرسانة ويأخذ هذا التسييل أكثر من الصور، منها:

- تشتيت حبيبات الاسمنت المتكتلة وإطلاق الماء المحبوس بينها.
- إحداث التنافر الكهروستاتيكى بين الجزيئات.
- العمل على تشحيم الطبقة الرقيقة بين حبيبات الاسمنت.
- تأجيل عملية الإماهة السطحية لحبيبات الاسمنت مع ترك المزيد من المياه لتسييل الاسمنت.
- تقليل الشد السطحي للمياه.

إن جزئيات الاسمنت البورتلاندي العادي تتميز بميلها الشديد للتكتل عندما تخلط مع الماء وهذا حصيلة لتفاعلات داخلية متنوعة مثل التفاعلات الإلكتروستاتيكية بين الشحنات المتضادة وكذلك تفاعلات عملية الإماهة المتنوعة، إن عملية التكتل تقود إلى تشكيل شبكة من الجزيئات حيث تقوم هذه الشبكة بحجز نسبة من الماء ويكون هذا مطلوباً لإتمام عملية الإماهة وكذلك توفير التشغيلية المطلوبة في الخرسانة، ويترتب على ذلك حدوث زيادة في اللزوجة الظاهرية للنظام الاسمنتي، ويكون دور الملدنات الفائقة هنا هو العمل على فصل حبيبات الاسمنت المتكتلة عن بعضها ومن ثم الحصول على توزيع متجانس للمياه واتصال مثالي بين المياه وحبيبات الاسمنت[2].

2. أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في مدى تأثر مقامة الضغط للخرسانة عند خفض نسبة الماء الى الاسمنت (W/C) وتعويض انخفاض التشغيلية بإضافة الملدنات الفائقة.

3. هدف الدراسة

الهدف من الدراسة هو إيجاد منحنيات للعلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) ونسبة الملدن إلى الاسمنت (S/C) ومقاومة الضغط للخرسانة عالية المقاومة، واستخدام هذه المنحنيات لإنتاج خرسانة ذات مواصفات معينة.

4. الدراسات السابقة

1- محمد والخضري وعبدالحافظ، في دراسة نشرت (2016) بعنوان "تأثير نسبة الماء إلى الاسمنت ونسب الملدنات على مقاومة الخرسانة للضغط"، وجدوا أن الخرسانة التي تحتوي على 0.4 من (W/C)، ونسبة (S/C) 0.8٪ لديها أعلى مقاومة للضغط في 28 يومًا، حيث كانت مقاومة الضغط لهذه الخرسانة 70MPa، وهي أعلى بكثير من مقاومة الضغط للخرسانة مع (W/C=0.5) ونسبة (S/C=0.5%) كانت (58 MPa) [3].

2- أحمد وعبد الكريم في دراسة نشرت (2010) بعنوان " تأثير نسبة (W/C) ونسبة (S/C) على مقاومة الضغط المتبقية للخرسانة عند درجات الحرارة العالية"، وجدوا أن الخرسانة التي تحتوي على نسبة (W/C=0.5) ونسبة (S/C=1%) لها أعلى مقاومة للضغط متبقية عند (200 درجة مئوية)، كانت مقاومة الضغط المتبقية لهذه الخرسانة (60٪)، وهي أعلى بكثير من مقاومة الضغط المتبقية للخرسانة مع نسبة (W/C=0.7) ونسبة (S/C=0.7%) حيث كانت (40٪) [4].

3- فاروق وآخرون في دراسة نشرت (1999) بعنوان "تأثير الماء الى الملدن الفائقة والرماد المتطاير على مقاومة الضغط للخرسانة عالية المقاومة"، وجدوا أن انخفاض وزن الماء، ومحتوى أعلى من الملدن الفائقة واستخدام الرماد المتطاير أدى إلى مقاومة ضغط أعلى، حيث كانت مقاومة الخرسانة ذات (W/C=0.3) ومحتوى الملدن الفائق (S/C=1%) والرماد المتطاير (20٪) هي أعلى مقاومة للضغط بقيمة (70 MPa) [5].

4- باحثون في جامعة مالايا في ماليزيا في دراسة نشروها (2011) بعنوان "تأثير جرعة الملدن الفائقة على خصائص التشغيل والمقاومة والمتانة للخرسانة عالية المقاومة"، وجدوا أن الجرعة المثلى من الملدن الفائق للخرسانة عالية المقاومة كانت 750 مل / 100 كجم من الإسمنت، عند هذه الجرعة، كانت مقاومة الضغط للخرسانة أعلى بنسبة (23٪) من خلطة بدون الملدنات الفائقة، ومع ذلك، عندما تمت زيادة جرعة الملدن الفائق إلى 1000 مل / 100 كجم من الإسمنت، انخفضت مقاومة الضغط للخرسانة فعليًا بنسبة (5٪) [6].

5- باحثون في المعهد الهندي للتكنولوجيا في روركي بالهند في دراسة نشروها (2022) بعنوان "تأثير جرعة الملدن الفائقة على مقاومة الضغط للخرسانة عالية المقاومة"، وجدوا أن النسبة المثلى من الملدن الفائق للخرسانة عالية القوة (800مل / 100 كجم) من الإسمنت، عند هذه النسبة، كانت مقاومة الضغط أعلى بنسبة (18٪) من خلطة بدون الملدنات الفائقة، ومع ذلك، عند زيادة نسبة الملدن المتفوق إلى (1000 مل / 100 كجم من الإسمنت) انخفضت مقاومة الضغط للخرسانة بنسبة (2٪) [7].

5. الإطار العملي

1.5. مكونات الخلطة الخرسانية

1.1.5 الاسمنت (Cement)

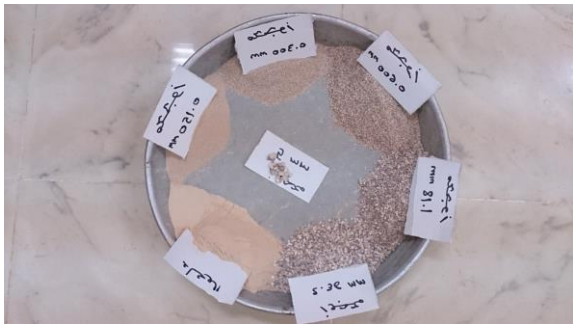
استعمل في هذا البحث الإسمنت المنتج في مصنع الاتحاد العربي للمقاولات وهو إسمنت بورتلاندي عادي، وطبقا لعدة بحوث سابقة أجريت على هذا الإسمنت تبين أنه مطابق للمواصفات البريطانية (BS12:1996) [8].

2.1.5 الماء (Water)

تم استعمال ماء من شبكة المياه العامة، وبعد اجراء الاختبارات عليه تبين انه ضمن المواصفات الليبية رقم 302 لسنة 1989[9].

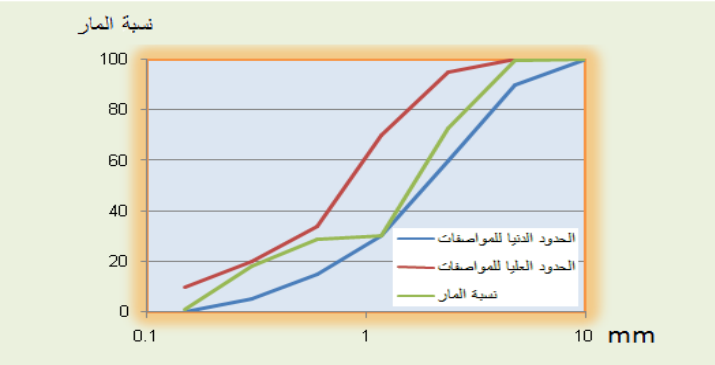
3.1.5 الركام الناعم (Fine aggregate)

تم جلب الركام الناعم من المحاجر المحلية الواقعة بمدينة مصراتة، حيث تم تحسين التدرج بمزج رمل أبو روية مع كوالينا النموه المحجوزة على المنخل **1.18mm**.



شكل 2: التدرج الحبيبي لكاولينا النموه.

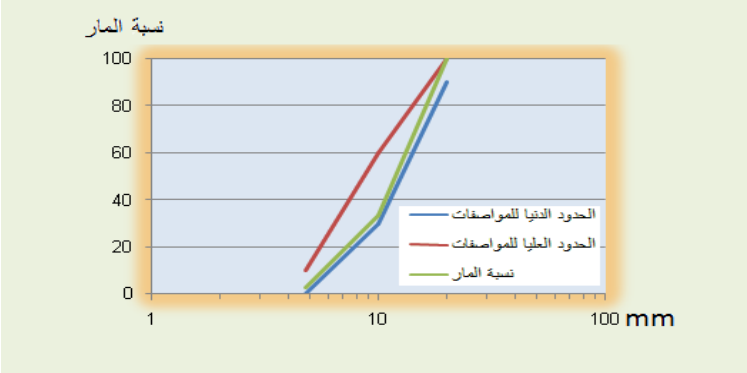
تم إيجاد نسب الدمج باستخدام الطريقة الحسابية، حيث كانت نسبة الرمل 30% من الركام الناعم والنسبة الباقية 70% للكوالينا المحجوزة على منخل **1.18mm**، وذلك للحصول على تدرج حبيبي ضمن حدود المواصفات البريطانية (BS882:1992) [10].



شكل 3: التدرج الحبيبي للركام الناعم (الرمل والكوالينا) بعد المزج ومقارنته مع حدود المواصفة (BS 882-1992)

4.1.5 الركام الخشن (Coarse aggregate)

تم جلب الركام الخشن من المحاجر المحلية الواقعة بمدينة مصراتة، وتم تحسين تدرجه بالمزج بين مقاسي الركام **mm** (15 و 10) حيث تم إيجاد نسب الدمج باستخدام الطريقة الحسابية، حيث تم خلط النوعين معاً بنسبة 30% للركام ذي مقاس الاعتباري الأكبر **10mm** ونسبة 70% للركام ذي مقاس الاعتباري الأكبر **15mm** وكان المقاس الاعتباري الأكبر للخليط ***15mm*** وكانت ضمن حدود المواصفات البريطانية (BS882:1992) [10].



شكل 4: التدرج الحبيبي للركام الخشن بعد المزج ومقارنته مع حدود المواصفة (BS 882-1992)

5.1.5 الملدنات الفائقة (Super Plasticizers)

تم في هذا البحث استعمال الملدن (Sikament®-163M) وكانت خواصه حسب النشرة المرفقة بالملحق للشركة المصنعة، وقد تم تحديد خصائص مكونات الخلطة الخرسانية بإجراء التجارب المعملية على عينات من هذه المواد، وكانت خصائص هذه المواد موضحة في (جدول 1)، حيث أن جميع نتائج الاختبارات كانت مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 812:1991)[11].

جدول 1: نتائج اختبارات مكونات الخلطة الخرسانية.

ت	المعامل	نوع الركام		
		خشن	رمل	كاوالينا
1	الوزن النوعي S.G	2.49	2.67	2.52
2	نسبة الامتصاص %	2.56	0.755	2.49
3	المحتوى المائي %	1.0	2.09	0.74
4	معامل التهشيم %	22.9	--	--
5	10% مواد ناعمة(KN)	160.5	--	--
6	نسبة المواد الناعمة %	0.451	0.733	0.726

2.5. تصميم الخلطة الخرسانية

حيث تم تصميم ثلاث خلطات مختلفة (باستخدام الطريقة البريطانية) استنادا إلى مقاومة الضغط المستهدفة، وكانت مقاومات الضغط المستهدفة هي C25 وC35 وC45، وبدرجات تشغيلية مختلفة (منخفضة ومتوسطة وعالية)، والجدير بالذكر ان الخلطات الثلاثة أعطت مقاومات ضغط عالية (أكبر من 40MPa).

كانت أوزان المكونات الرئيسة للخلطات الخرسانية الثلاثة المستخدمة في هذا البحث موضحة في (جدول 2)، (جدول 3) و(جدول 4)، وذلك بعد إضافة الماء اللازم لجعل الركام مشبع جاف السطح.

1.2.5 تصميم الخلطة الخرسانية الأولى باستخدام الطريقة البريطانية

جدول 2: نتائج تصميم الخلطة الخرسانية الأولى (kg/m^3).

التشغيلية	منخفضة	متوسطة	عالية
حدود الهبوط (mm)	(50-30)	(120-50)	(180-120)
الماء	237.05	237.55	251
الاسمنت	420	430	450
ركام 1.5	631.4	621.45	604.15
ركام 1.0	270.6	266.3	258.95
كاولينا	516.6	512.55	498.35
رمل	221.4	219.65	213.6

2.2.5 تصميم الخلطة الخرسانية الثانية باستخدام الطريقة البريطانية

جدول 3: نتائج تصميم الخلطة الخرسانية الثانية (kg/m^3).

التشغيلية	منخفضة	متوسطة	عالية
حدود الهبوط (mm)	(50-30)	(120-50)	(180-120)
الماء	220.75	236.85	250.85
الاسمنت	390	430	460
ركام 1.5	662.45	638.95	591.55
ركام 1.0	283.9	273.85	253.55
كاولينا	520.5	502.05	503.95
رمل	223.05	215.15	215.95

3.2.5 تصميم الخلطة الخرسانية الثالثة باستخدام الطريقة البريطانية

جدول 4. نتائج تصميم الخلطة الخرسانية الثالثة (kg/m^3).

التشغيلية	منخفضة	متوسطة	عالية
حدود الهبوط (mm)	(50-30)	(120-50)	(180-120)
الماء	214.25	237.85	246.95
الاسمنت	455	515	540
ركام 1.5	642.85	644.7	571.7
ركام 1.0	275.5	276.3	245
كاولينا	505.1	429.8	467.75
رمل	216.45	184.2	200.45

3.5 اختبارات الخرسانة

تم إنتاج خلطات خرسانية باستعمال المواد سالفة الذكر، وذلك بخلطها النسب المتحصل عليها من التصميم، مع إضافة كمية الماء اللازمة لجعل الركام مشبعا جاف السطح (وذلك بطريقة يدوية)، حيث تم قياس تشغيلية الخلطة بواسطة اختبار الهبوط (Slump Test).

بعد ذلك تم عمل خلطات وبنفس نسب الخلط السابقة مع تخفيض نسبة الماء إلى الاسمنت، وذلك بتقليل المحتوى المائي على ثلاث مراحل؛ حيث خُفضّت نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C) بحوالي 4% في كل مرحلة مع المحافظة على نفس

تشغيلية الخلطة الأصلية وذلك بإضافة كمية من الملدنات الفائقة كنسبة من وزن الاسمنت (S/C) والتي تم حسابها تجريبيا؛ ففي كل مرحلة من مراحل تخفيض نسبة الماء إلى الاسمنت يتم عمل خلطات تجريبية بإضافة نسب مختلفة من الملدنات الفائقة حتى يتم الحصول على التشغيلية المطلوبة.

لكل خلطة من الخلطات السابقة تم عمل ثلاث مكعبات لكل تشغيلية بحجم **mm**(150×150×150)، حيث تم اختبار مقاومتها للضغط بعد (28يوما) من المعالجة الرطبة.

6. عرض النتائج

1.6. العرض جدولي للنتائج

حيث تم عرض نتائج الاختبارات التي أجريت للخلطات الخرسانية الثلاثة في صورة جداول، حيث تم إدراج نتائج كل خلطة في جدول منفصل، (جدول 5)، (جدول 6) و(جدول 7) توضح النتائج المتحصل عليها، مع ملاحظة ان كل القيم المدرجة في هذه الجداول هي متوسط القيمة لثلاثة مكعبات تم اختبارها.

1.1.6 النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الأولى

جدول 5. النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الأولى.

التشغيلية	W/C	الهبوط (mm)	S/C	مقاومة الضغط (Mpa)	الكثافة ($^{Kg}/_{m^3}$)
عالية	0.5	165	0	41.78	2331.8
	0.46	160	0.173	49.39	2333.7
	0.42	160	0.26	53.69	2374.3
	0.38	158	0.86	65.63	2395.0
متوسطة	0.5	97	0	45.32	2344.6
	0.46	105	0.209	50.43	2361.4
	0.42	95	0.53	57.57	2358.5
	0.38	92	1.15	67.48	2385.9
منخفضة	0.5	43	0	47.58	2328.4
	0.46	43	0.643	56.77	2344.2
	0.42	42	0.743	60.40	2371.2
	0.38	41	0.914	61.06	2382.7

2.1.6 النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الثانية

جدول 6: النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الثانية.

التشغيلية	W/C	الهبوط (mm)	S/C	مقاومة الضغط (Mpa)	الكثافة ($^{Kg}/_{m^3}$)
عالية	0.49	175	0	44.67	2361.7
	0.45	170	0.156	50.17	2335.8
	0.41	170	0.56	59.00	2375.8
	0.37	170	1.239	68.21	2396.9
متوسطة	0.49	80	0	47.58	2334.3
	0.45	90	0.209	52.74	2341.9
	0.41	75	0.57	57.84	2380.3
	0.37	78	0.96	66.36	2370.9
منخفضة	0.49	40	0	45.70	2352.1
	0.45	44	0.292	53.99	2353.6
	0.41	40	0.415	56.31	2370.5
	0.37	38	1.415	69.41	2421.2

3.1.6 *النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الثالثة*

جدول 7: النتائج المتحصل عليها معملياً من الخلطة الخرسانية الثالثة.

التشغيلية	W/C	الهبوط (mm)	S/C	مقاومة الضغط (Mpa)	الكثافة ($^{Kg}/_{m^3}$)
عالية	0.42	130	0	55.56	2322.4
	0.38	130	0.44	63.66	2373.9
	0.34	150	1.11	67.23	2359.5
	0.30	140	1.777	82.4	2383.7
متوسطة	0.42	70	0	51.85	2350.6
	0.38	70	0.139	60.65	2368.8
	0.34	90	0.699	65.65	2391.1
	0.30	70	1.339	83.37	2407.9
منخفضة	0.42	45	0	56.43	2349.6
	0.38	45	0.329	64.67	2384.1
	0.34	35	1.028	72.11	2400
	0.30	38	1.674	93.75	2466.6

2.6 العرض البياني للنتائج

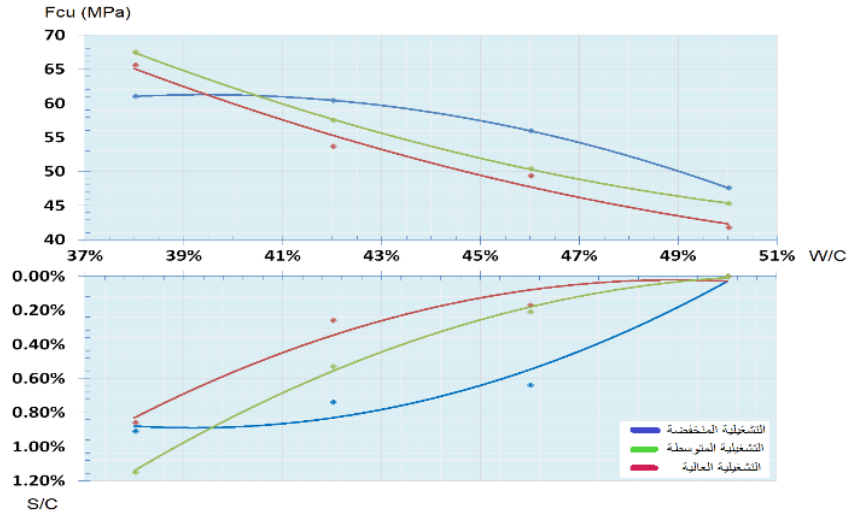
تم عرض النتائج من الجداول السابق في صورة منحنيات، حيث تم تقسيم كل مخطط إلى ثلاث محاور، كان المحور الأفقي يمثل نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C Ratio) ويمثل المحور الرأسي الموجب مقاومة الضغط بوحدة (MPa) بينما يتمثل المحور الرأسي السالب نسبة الملدن إلى الاسمنت (S/C Ratio).

وقد تم رسم المنحنيات بثلاث علاقات، في العلاقة الأول تم رسم كل خلطة على حداً لجميع التشغيليات، وفي العلاقة الثاني تم رسم كل تشغيلية على حداً مع دمج جميع الخلطات، واخيراً تم رسم مخطط دمجت فيه جميع الخلطات وجميع التشغيليات في مخطط واحد.

1.2.6 *الخلطة الخرسانية الأولى (جميع التشغيليات)*

حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط عالية جدا.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).
    $y = -1218.8x2 +960.7x – 128.07$ (1)
  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).
    $y =750\ x2 -844.05x +279.88$ (2)
  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 = 0.98$).
    $y = 676.56x2 -785x +265.69$ (3)
- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.96$).
    $y = -0.7344x2 +0.5755x – 0.1039$ (4)
  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).
    $y =0.6406\ x2 -0.658x +0.1689$ (5)
  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 = 0.96$).
    $y = 0.6719x2 -0.658x +0.1613$ (6)



شكل 5: العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الإسمنت للخلطة الأولى (لجميع التشغيليات).

2.2.6 الخلطة الخرسانية الثانية (جميع التشغيليات)

حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط عالية جدا.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.95$).

$$y = 751.56x2 - 829.97x + 272.77 \quad (7)$$

  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).

$$y = 525\ x2 - 605.1x + 218.2 \quad (8)$$

  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).

$$y = 579.69x2 - 697.16x + 246.95 \quad (9)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.95$).

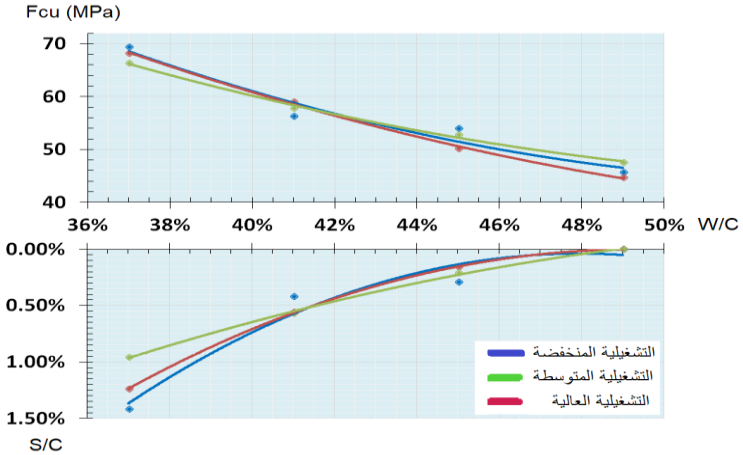
$$y = 1.1094x2 - 1.0638x + 0.2554 \quad (10)$$

  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).

$$y = 0.2813\ x2 - 0.3229x + 0.0906 \quad (11)$$

  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 = 1$).

$$y = 0.8125x2 - 0.8018x + 0.1978 \quad (12)$$



شكل 6: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت للخلطة الثانية (لجميع التشغيليات)

3.2.6 *الخلطة الخرسانية الثالثة (جميع التشغيليات)*

حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط عالية جدا.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.98$).

$$y = 2093.7x2 – 1806x + 446.36 \quad (13)$$

  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.97$).

$$y = 1393.7x2 – 1252.4x + 332.83 \quad (14)$$

  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 = 0.97$).

$$y =1104.7x2 – 1005.6x + 283.85 \quad (15)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت:
  - التشغيلية المنخفضة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.99$).

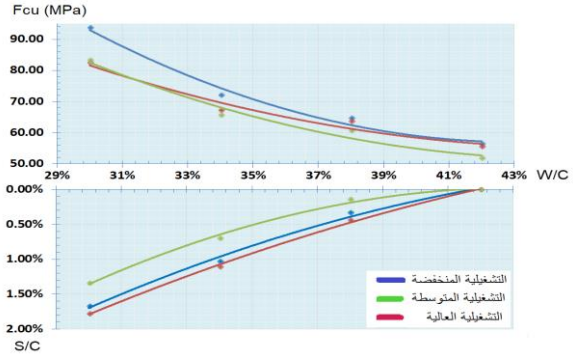
$$y = 0.4953x2 - 0.4996x + 0.1223 \quad (16)$$

  - التشغيلية المتوسطة، درجة الارتباط ($R^2 = 0.99$).

$$y =0.7828 x2 - 0.678x + 0.1465 \quad (17)$$

  - التشغيلية العالية، درجة الارتباط ($R^2 =1$).

$$y = 0.3547x2 - 0.4054x + 0.1076 \quad (18)$$



شكل 7: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت للخلطة الثالثة (لجميع التشغيليات)

4.2.6 *التشغيلية المنخفضة (جميع الخلطات)*

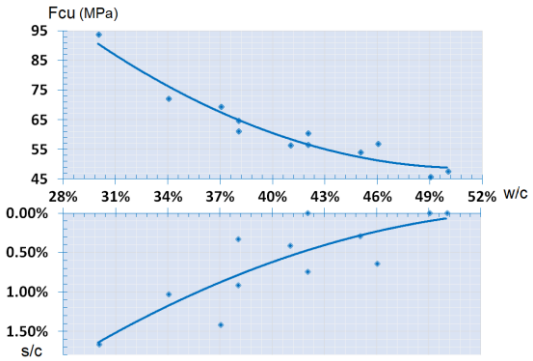
حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط فوق المتوسط.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط، درجة الارتباط ($R^2 = 0.94$).

$$y = 924.99x2 -949.07x +292.12 \quad (19)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت، درجة الارتباط ($R^2 = 0.70$).

$$y = 0.2329x2 -0.2651x +0.075 \quad (20)$$



شكل 8: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت للتشغيلية المنخفضة (لجميع الخلطات)

5.2.6 *التشغيلية المتوسطة (جميع الخلطات)*

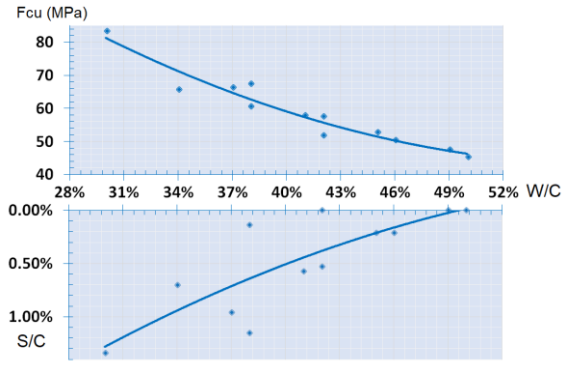
حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط فوق المتوسط.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط، درجة الارتباط ($R^2 = 0.93$).

$$y = 471.77x2 - 552.26x + 204.49 \quad (21)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت، درجة الارتباط ($R^2 = 0.66$).

$$y = 0.1249x2 - 0.1648x + 0.051 \quad (22)$$



شكل 9: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت للتشغيلية المتوسطة (لجميع الخلطات)

6.2.6 *التشغيلية العالية (جميع الخلطات)*

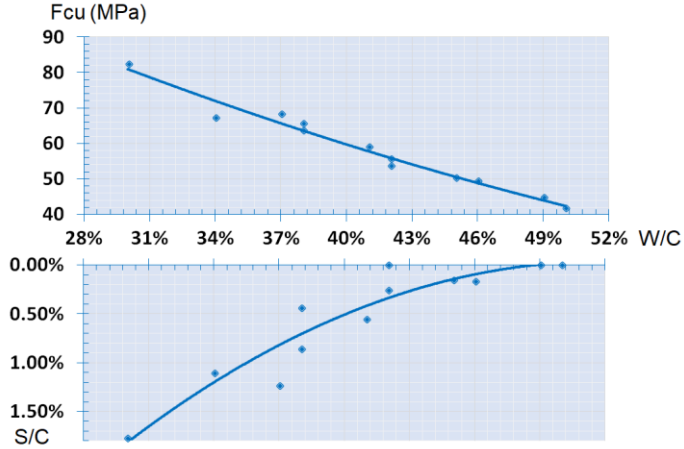
حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط عالية.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط، درجة الارتباط ($R^2 = 0.97$).

$$y = 195.98x2 - 349.58x + 168.19 \quad (23)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت، درجة الارتباط ($R^2 = 0.88$).

$$y = 0.3885x2 - 0.4028x + 0.1041 \quad (24)$$



شكل 10: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت للتشغيلية العالية (لجميع الخلطات)

7.2.6 *جميع الخلطات وجميع التشغيليات*

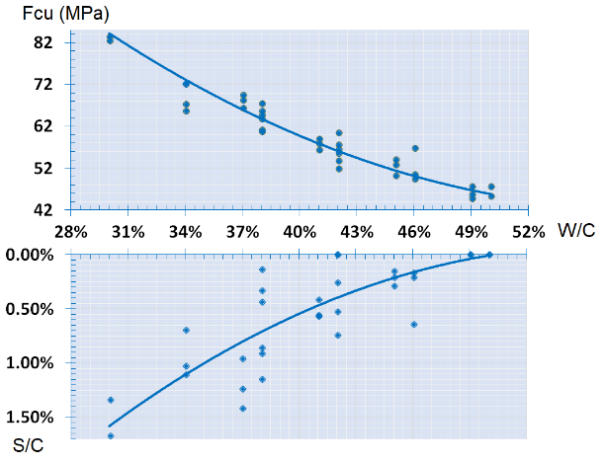
حيث كانت جميع معادلات المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط فوق المتوسط.

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط، درجة الارتباط ($R^2 = 0.92$).

$$y = 530.91x2 - 616.97x + 221.6 \quad (25)$$

- العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ونسبة الملدن إلى الاسمنت، درجة الارتباط ($R^2 = 0.73$).

$$y = 0.2488x2 - 0.2776x + 0.0767 \quad (26)$$



شكل 11: يوضح العلاقة بين نسبة الماء إلى الاسمنت ومقاومة الضغط ونسبة الملدن إلى الاسمنت لجميع الخلطات وجميع التشغيليات.

7. تحليل النتائج

1.7. التحليل الاحصائي

حيث تم حساب كل من الوسط الحسابي ($\bar{x}$) والانحراف المعياري (s.d) وكذلك معامل الاخلاف (c.v) باستخدام الدوال الجاهزة في برنامج الجداول الالكترونية Microsoft Excel، وتم عرض جميع النتائج في (جدول 8).

جدول 8: نتائج التحليل الاحصائي للخلطات الخرسانية الثلاثة.

الخلطة	المقياس	المعامل	التشغيلية		
			منخفضة	متوسطة	عالية
الخلطة الأولى	W/C	$\bar{x}$	44%	44%	44%
		s.d	0.052	0.052	0.052
		c.v	11.74	11.74	11.74
	S/C	$\bar{x}$	0.007	0.004	0.002
		s.d	0.004	0.005	0.004
		c.v	57.62	135.54	174.05
	Fcu	$\bar{x}$	58.20	54.00	51.54
		s.d	6.197	9.61	9.97
		c.v	10.65	17.79	19.35
الخلطة الثانية	W/C	$\bar{x}$	43%	43%	43%
		s.d	0.052	0.052	0.052
		c.v	12.01	12.01	12.01
	S/C	$\bar{x}$	0.354	0.390	0.358
		s.d	0.615	0.422	0.553
		c.v	174.49	108.33	154.48
	Fcu	$\bar{x}$	55.15	55.29	54.59
		s.d	9.82	8.00	10.32
		c.v	17.81	14.48	18.91
الخلطة الثالثة	W/C	$\bar{x}$	36%	36%	36%
		s.d	0.052	0.052	0.052
		c.v	14.344	14.344	14.344
	S/C	$\bar{x}$	0.007	0.004	0.008
		s.d	0.007	0.006	0.008
		c.v	109.98	145.57	100.40
	Fcu	$\bar{x}$	68.39	63.15	65.45
		s.d	16.01	13.28	11.24
		c.v	23.41	21.03	17.18

يمكن تلخيص النتائج المتحصل عليها من (جدول 8) في النقاط التالية:

1- نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C ratio) للخلطة الأولى أكثر تجانس من الخلطة الثانية والخلطة الثانية أكثر تجانس من الخلطة الثالثة، والسبب في ذلك يرجع إلى أن متوسط قيمة (W/C) كانت أعلى في الخلطة الأولى وأقل في الخلطة الثانية وأقل ما يمكن في الخلطة الثالثة.

2- نسبة الملدن إلى الاسمنت (S/C ratio) للخلطة الأولى كانت أقل تجانس كلما زادت التشغيلية، أما الخلطة الثانية فكانت التشغيلية المتوسطة أكثر تجانس تليها التشغيلية العالية بينما كانت التشغيلية المنخفضة الأقل تجانس، أما بالنسبة للخلطة الثالثة فكانت التشغيلية المنخفضة أكثر تجانس، تليها التشغيلية العالية بينما كانت التشغيلية المتوسطة الأقل تجانس.

3- مقاومة الضغط (Fcu) للخلطة الأولى كانت أقل تجانس كلما زادت التشغيلية، أما الخلطة الثانية فكانت أكثر تجانس للتشغيلية المتوسطة تليها التشغيلية المنخفضة وتكون التشغيلية العالية أقل تجانس مع ملاحظة ان التشتت ليس كبيراً، أما بالنسبة للخلطة الثالثة فكانت مقاومة الضغط أكثر تجانس كلما زادت التشغيلية.

2.7. التحليل الرياضي

سيتم في هذا البند تحليل المخططات التي تم عرضها في الأشكال من (شكل 5) حتى (شكل 11) رياضياً، حيث كانت جميع المنحنيات عبارة عن عديد حدود من الدرجة الثانية وبدرجة ارتباط عالية إلى عالية جداً وبعض المنحنيات كانت ذات ارتباط تام.

- في الخلطة الأولى، يُظهر (شكل5) أنه في التشغيلية المنخفضة عند خفض W/C نقوم بزيادة نسبة S/C للحفاظ على التشغيلية مع ارتفاع ملحوظ في مقاومة الضغط، وكانت هذه العلاقة صالحة حتى نسبة (W/C= 41%) تقريباً، ثم تصبح نسبة S/C شبه ثابتة مع خفض W/C لقيم أقل من 41% مع ثبات قيمة مقاومة الضغط تقريبا عند 61MPa أو تقل قليلاً بسبب تقليل W/C عن قيمة 39% مع الحفاظ على التشغيلية باستخدام نسبة الإضافة، أما بالنسبة لكل من التشغيلية المتوسطة والعالية، فإن كل من نسبة الإضافة S/C ومقاومة الضغط تزداد بنسبة أكبر كلما قلت W/C.
- في الخلطة الثانية، يظهر (شكل 6) أنه في جميع التشغيليات (منخفضة ومتوسطة وعالية) تكون الزيادة في نسبة الإضافة S/C (للحفاظ على التشغيلية عند تقليل نسبة W/C) قليلة حتى نسبة (W/C > 45%) تم تزداد هذه النسبة (S/C) بشكل أكبر عند (W/C < 45%) مع زيادة ملحوظة في مقاومة الضغط.
- في الخلطة الثالثة والأخيرة، يظهر (شكل 7) أنه في جميع التشغيليات (منخفضة ومتوسطة وعالية) تكون الزيادة في نسبة الإضافة S/C (للحفاظ على التشغيلية عند تقليل نسبة W/C) قليلة حتى نسبة (W/C > 39%) تم تزداد هذه النسبة (S/C) بشكل أكبر عند (W/C < 39%) مع زيادة ملحوظة في مقاومة الضغط.
- أظهر (شكل 8) و(شكل 9) و(شكل 10) و(شكل 11) أن الخلطات الثلاثة (الأولى والثانية والثالثة) عند التشغيليات الثلاثة (المنخفضة والمتوسطة والعالية) عند تقليل نسبة W/C تحتاج إلى زيادة نسبة S/C للحصول على نفس التشغيلية مما يصاحبه زيادة في مقاومة الضغط.

8. الاستنتاجات

من خلال النتائج المتحصل عليها يمكن تلخيص الاستنتاجات في النقاط التالية:

1- أعطى استعمال الملدنات الفائقة (كما لوحظ معمليا) كفاءة عالية في زيادة التشغيلية بدون زيادة كمية الماء، وتم استغلال هذه الميزة للحصول على خرسانة ذات خواص جيدة.

2- أدى تخفيض W/C وتعويض التشغيلية بإضافة الملدن زيادةً في مقاومة الضغط.

3- تزداد قيمة الكثافة بزيادة نسبة الملدن في حدود النسب التي تحددها النشرة المرفقة مع الملدن.

4- نسبة الارتباط لأغلب المخططات المتحصل عليها كانت فوق 0.9، وهي نسبة ارتباط عالية يمكن البناء عليها في اعتماد هذه النتائج.

5- بشكل عام فإن الملدن المستخدم أعطى نتائج جيدة.

6- في التشغيلية المنخفضة والمتوسطة (لجميع الخلطات) كانت جميع معادلات المنحنيات من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط فوق المتوسط.

7- في التشغيلية العالية (لجميع الخلطات) كانت جميع معادلات المنحنيات من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط عالية.

8- جميع الخلطات (لجميع التشغيليات) كانت جميع معادلات المنحنيات من الدرجة الثانية بدرجة الارتباط فوق المتوسط.

9- نسبة الماء إلى الاسمنت (W/C ratio) للخلطة الأولى كانت أكثر تجانس من الخلطة الثانية والخلطة الثانية كانت أكثر تجانس من الخلطة الثالثة.

10- نسبة الملدن إلى الاسمنت (S/C Ratio) ومقامة الضغط (Fcu) كانتا تختلف حسب الخلطة (نسب مكونات الخلطة الخرسانية) ولا توجد لها علاقة ثابتة مع التشغيلية.

9. التوصيات

يمكننا تلخيص التوصيات في النقاط التالية:

1- عمل خلطات تجريبية باستخدام المخططات السابقة والتأكيد على النتائج المتحصل عليها ومقارنة مع مقاومة الضغط التصميمية.
2- استخدام نوع ملدن مختلف مع نفس الخلطات السابقة ومقارنة النتائج عند نفس النسب السابقة.
3- تجربة أنواع أخرى من مكونات الخرسانة كالركام (الخشن والناعم)، مع التأكد من مطابقتها للمواصفات.
4- تكرار الاختبارات السابقة مع نسب (W/C ratio) مختلف (حيث تم في هذا البحث تقليل النسبة بمقدار 4% في كل مرة).
5- عمل اختبار pull-off test بين الخرسانة عالية المقاومة المنتجة في هذا البحث مع حديد التسليح، للتأكد من مدى قوة الالتصاق بينهما ومدى مطابقته للمواصفات، وذلك في حالة استخدامها في الخرسانة المسلحة.

10. المراجع

[1] م. كريم جابر (2019) ، تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة الجزء الاول، القاهرة، الطبعة الاولى.

[2] أ.د محمود إمام (2002) ، تكنولوجيا خرسانة، جامعة القاهرة.

[3] Mohamed, A. A., El-Khodary, A. M., & Abdel-Hafez, M. A. (2016). "The effect of water-to-cement ratio and plasticizer content on the compressive strength of concrete". Construction and Building Materials, 113, 6-13.

[4] Ahmed, M. and Abdel-Karim, A. (2010). "Effect of water/cement ratio and plasticizer content on the residual compressive strength of concrete at high temperatures". Cement and Concrete Composites, 32(7), 692-696.

[5] Farouk, S., El-Sherif, A., & Moselhy, M. (1999). "Effect of W/C, superplasticizer and fly ash on the compressive strength of high strength concrete". Cement and Concrete Composites, 21(1), 1-10.

[6] Mohamad, A., & Kamaruzzaman, N. H. (2011). "Effect of superplasticizer dosage on workability, strength and durability properties of high-strength concrete". Journal of Advanced Concrete Technology, 9(6), 1017-1026.

[7] Shrivastava, M. K., & Pathania, R. (2022). "Effect of superplasticizer dosage on compressive strength of high-strength concrete". International Journal of Civil Engineering and Technology, 13(2), 1794-1803.

[8] British Standard Institution. (1996). Specification for Portland cement. BS 12:1996. British Standards Institution.

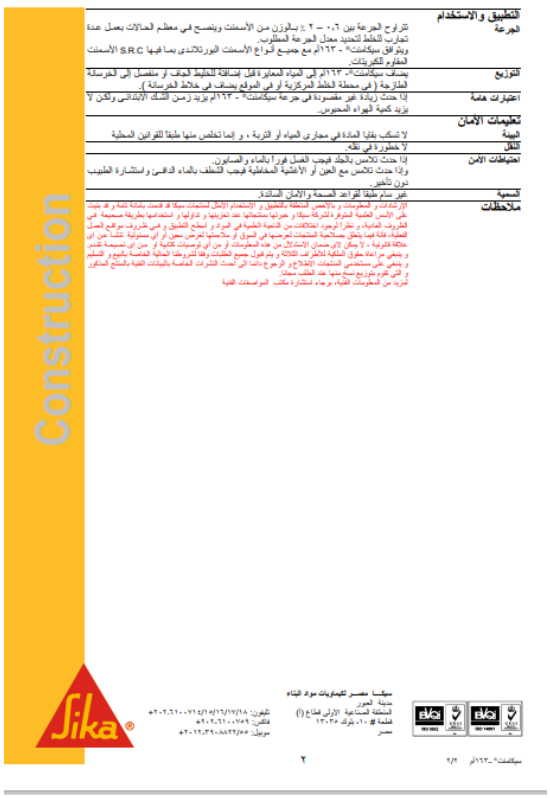
9. المواصفات القياسية الليبية. (1989). اختبار الماء للخرسانة. رقم 302 لسنة 1989. المواصفات القياسية الليبية.

[10] British Standard Institution. (1992). Specification for aggregates from natural sources for concrete. BS 882:1992. British Standards Institution.

[11] British Standard Institution. (1991). Specification for aggregates for concrete. BS 812:1991. British Standards Institution.

11. الملحق

أ. نشرة الإضافة المستخدمة في هذا البحث (Sikament®-163M).



Construction

Product Data Sheet
Edition 1, 2003

نشرة بيانات المادة
إصدار ١، ٢٠٠٣

Sikament®-163M

سيكامنت® -١٦٣م

إضافة للخرسانة عالية الكفاءة مخفضة لمحتوى الماء
كما تزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة

وصف المادة
سيكامنت®- ١٦٣م يستعمل كعامل عالي الكفاءة لخفض محتوى الماء وكعامل ملدن قوي يزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة لإنتاج نوعية خرسانة ذات جودة عالية في المناخ الحار. ويؤدي التأثير المزدوج لمادة سيكامنت®- ١٦٣م لتحسين سرعة التصلد وزيادة الاجهادات المبكرة والنهائية.
مطابق للمواصفات الأمريكية والبريطانية

ASTM C 494 type F & B.S.5075 part 3 for super plasticiser

الاستعمالات
يستعمل سيكامنت®- ١٦٣م كملدن قوي يزيد التشغيلية بدرجة فائقة مع الخرسانة الانسيابية ذات السيولة العالية مثل :
- الدلافات والأساسات.
- الحوائط والأعمدة.
- العناصر الإنشائية النحيفة ذات التسليح الكثيف.
- الكمرات والأسقف.

ويستعمل سيكامنت®- ١٦٣م كعامل أساسي مخفض لكمية الماء حيث يكون مطلوب الحصول على خرسانة ذات إجهادات مبكرة ونهائية عالية مثل :
- الخرسانة سابقة الإجهاد.
- العناصر الخرسانية سابقة الصب حيث يتطلب الإنتهاء السريع من فك الفورم والشدات أو التعرض للاحمال مبكراً.
- منشآت الكباري والكواتيل.

المميزات
يتميز سيكامنت®- ١٦٣م بالخواص التالية :
- زيادة قابلية التشغيل بدرجة فائقة دون زيادة كمية الماء.
- لا يؤثر أو يؤخر زمن الشك.
- زيادة سرعة التصلد بعد الشك.
- زيادة ملحوظة في الاجهادات المبكرة والنهائية.
- يحسن من خواص عدم النفاذية للماء.
- تحسين السطح النهائي.
- تقليل الانكماش والزحف.
- خالي من الكلوريدات، ولا يتلف حديد التسليح.

البيانات الفنية

النوع	بوليمر من النوع المشتت Polymer type dispersion
اللون	بني
الكثافة	١,٢٠ كجم / لتر
قيمة الأس الهيدروجيني PH	٨ ± ١,٠
التعبئة	عبوة ٥ كجم أو ٢٠ كجم براميل عبوة ٢٢٠ كجم (متوفر في عبوات تنكات عند الطلب)
التخزين	يخزن سيكامنت® - ١٦٣م في مكان مغلق بعيداً عن اشعة الشمس والصقيع
الصلاحية	لمدة عام واحد من تاريخ الإنتاج، إذا تم التخزين بالطريقة الصحيحة وفي عبوته الأصلية الغير مفتوحة.

Sika®

١

٢/١ سيكامنت® -١٦٣م لو

Construction

التطبيق والاستخدام

الجرعة
تتراوح الجرعة بين ٠,٦ – ٢ ٪ بالوزن من الأسمنت وينصح في معظم الحالات بعمل عدة تجارب للخلط لتحديد معدل الجرعة المطلوب.
ويتوافق سيكامنت® - ١٦٣م مع جميع أنواع الأسمنت البورتلاندي بما فيها S.R.C الأسمنت المقاوم للكبريتات.

التوزيع
يضاف سيكامنت®- ١٦٣م إلى المياه المعتبرة قبل إضافة الخليط الجاف أو منفصل إلى الخرسانة الطازجة (في محطة الخلط المركزية أو في الموقع يضاف في خلاط الخرسانة).

اعتبارات هامة
إذا حدث زيادة غير مقصودة في جرعة سيكامنت® - ١٦٣م يزيد زمن الشك الابتدائي ولكن لا يزيد كمية الهواء المحبوس.

تعليمات الأمان

البيئة
لا تسكب بقايا المادة في مجاري المياه أو الترعة ، و إنما تخلص منها طبقا للقوانين المحلية

النقل
لا خطورة في نقله.

احتياطات الأمان
إذا حدث تلامس بالجلد فيجب الغسل فوراً بالماء والصابون.
وإذا حدث تلامس مع العين أو الأغشية المخاطية فيجب التنظف بالماء الدافئ واستشارة الطبيب دون تأخير.

السمية
غير سام طبقا لقواعد السمية والأمان السائدة.

ملاحظات
الإرشادات و المعلومات و بالأخص المتعلقة بالتطبيق و الإستخدام الأمثل لمنتجات سيكا قد قدمت بأمانة تامة و قد بنيت على الأسس العلمية المتوفرة لشركة سيكا و خبرتها بمنتجاتها عند تخزينها و تداولها و استخدامها بطريقة صحيحة في الظروف العادية ، و تعتبر الرجوع للكتالوجات من الناحية الفنية في الموقع و أسطح التطبيق و في ظروف مواقع العمل الفعلية، فانه فيما يتعلق بصلاحية المنتجات لغرضها في السوق أو ملاءمتها لغرض معين أو أي مسئولية تنشأ عن أي علاقة قانونية ، لا يمكن الإستدلال من هذه المعلومات أو من أي توصيات كتابية أو عن أي نصيحة تقدم و يجب مراعاة حقوق الملكية للغير عند الشراء و يتم قبول جميع الطلبات وفقا لشروطنا الحالية المعمول بها و التسليم و البيع على مستخدمي المنتجات الإطلاع و الرجوع دائما الى أحدث النشرات الخاصة بالبيانات الفنية بالمنتج المذكور و التي تقوم بتوزيع نسخ منها عند الطلب مجانا.
لمزيد من المعلومات الفنية، يرجى استشارة مكتب المواصفات الفنية

سيكا - مصنع كيماويات مواد البناء
منيرة الغربية
المنطقة الصناعية الأولى قطاع (أ)
قطعة ٤ ب ١٠، شارع ١٣٠٣٥
مصر

تليفون: ٠٢٠٢٦١٠٠٧١٨/٩/١٦/١٧/٢٠٢٦١٠٠٧١٥/١
فاكس: ٠٢٠٢٦١٠٠٧٧٩
موبيل: ٠٢٠١٢٠٩٠٨٨٢٢/٥٥

Sika®

٢

٢/٢ سيكامنت® -١٦٣م