

الملدنات وعوامل تأثيرها وتأثرها في الخلطة الخرسانية

الصادق عبيدعبدالله وعلي محمد الترهوني ومحمد مصطفى ومنصور رمضان

قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة طرابلس

E-mail: Abaid2@yahoo.com

ABSTRACT

Concrete mixture properties are largely affected by the surrounding environmental factors especially in hot regions such as Libya. Such effects could have either negative or positive impacts on concrete mixture properties as well as on the amounts of chemical materials added to concrete mixtures to improve and control their strength and improve their sustainment. To ensure obtaining the best concrete mixtures properties one needs to have good understanding of the factors related to concrete mixtures transporting, casting and processing in addition to good knowledge of the correct usage of chemical additives. It is necessary to know the correct ratios of the added chemical materials to avoid any negative results on concrete properties in particular load capacity, manufacturing and uncertainty time.

This paper considers the effects of different percentage of water to cement and time of adding plasticizers assuming the American Standards (ASTM C494) (Type A), (Type D) and (Type F) when using chemical additives, that affect the properties of concrete mix and the workability of fresh concrete. The effects of the above procedure on the compressive strength, which expresses a property after the concrete has hardened and on the time of uncertainty, which reflects the shift in stages of the fresh concrete to hardened condition are also studied.

This study concluded that the percentage of water to cement and time of adding plasticizers have noticeable effects on the behavior of additives, and that there is significant differences between the effects on regular additives and superior additives. This indicates that laboratory tests are needed to establish the optimal dose, which represents good compatibility between the plasticizer and the type of cement that need to be used.

المخلص

في المناطق الحارة عموماً وليبيا خصوصاً يكون للتعامل مع العوامل البيئية المحيطة أثر في غاية الأهمية على خواص الخلطة الخرسانية سلباً أو إيجاباً، وتلعب المواد الكيميائية التي تضاف للخرسانة دوراً مهماً للتحكم في هذه الخواص ومنها قوة تحمل الخرسانة وديمومتها مع الزمن. فهذا التعامل يقصد به النقل والصب والمعالجة مع الاستعمال الصحيح والأمثل للإضافات الكيميائية مما يتطلب فهماً دقيقاً وجيداً للحصول على أفضل النتائج للخلطات الخرسانية المستهدفة. الإضافات بأنواعها المختلفة وتداخلها مع الاسمنت في الخلطة الخرسانية فيزيائياً وكيميائياً في وقت مبكر قد يؤثر ذلك على أدائها سلباً أو إيجاباً وعليه يستوجب ضرورة معرفة توافق هذه الإضافات مع الاسمنت المستخدم بالإضافة إلى تأثير العوامل الأخرى المحيطة وتحديد

الجرعات المثلى الواجب إضافتها لتلافي أي نتائج عكسية على خواص الخرسانة وخاصة قوة التحمل والمشغولية وزمن الشك وخصوصاً عدم تطرق التشوهات المرفقة مع الإضافات إلى حل هذه المشاكل وكيفية وضع الحلول لها. ومن هذا المنطلق تناول هذا البحث بالدراسة النظرية والعملية أثر النسب المختلفة من الماء إلى الاسمنت وزمن إضافة الملدن عند استعمال الإضافات الكيميائية المصنفة [4] حسب المواصفة الأمريكية (ASTMC 494) من النوع (Type A) والنوع (Type D) وكذلك النوع (Type F) على خواص الخلطة الخرسانية التشغيلية منها وبالأخص التي تعبر عن خواص الخرسانة الطازجة، وقوة تحمل الضغط التي تعبر عن خاصية الخرسانة بعد تصلدها المتمثلة في مقاومة الضغط وزمن الشك الذي يعبر عن التحول في مراحل الخرسانة من الطازجة إلى المتصلدة. خلصت الدراسة إلى أن لنسبة الماء إلى الاسمنت وزمن إضافة الملدن تأثير على سلوك الإضافات مع اختلاف هذا التأثير بين الإضافات العادية والإضافات الفائقة مشيراً إلى ضرورة إجراء الاختبارات المعملية للوصول إلى الجرعة المثلى والتي تعبر عن التوافق بين مجموعة الملدنات ونوع الاسمنت المستخدم.

الكلمات المفتاحية: الخلطة الخرسانية؛ الإضافات؛ مقاومة الضغط

المقدمة

يعتبر علم تكنولوجيا الخرسانة واختبارات المواد أحد الأسس في أي نهضة صناعية أو عمرانية فالمنشآت الضخمة والمشروعات الهندسية الكبيرة ما هي إلا صورة حية تعكس مدى تقدم علم تكنولوجيا الخرسانة وذلك لأن صلاحية هذه المنشآت وصمودها مع الزمن له علاقة مباشرة بصلاحية المواد المستخدمة في تكوينها وبنائها. ومع مرور الزمن أعطيت الخرسانة اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين لغرض تطويرها لتواكب النهضة العمرانية المشهودة وذلك لما لها من تأثير كبير على جودة وديمومة المنشآت الخرسانية. يتم استخدام الملدنات إما للتقليل من حدوث مشاكل بالخرسانة أو لتحسين بعض خواصها مثل قابلية التشغيل في الحالة الطازجة وبدون زيادة ماء الخلط وقد أنتشر استخدام الإضافات في الأعمال الهندسية بشكل كبير ويعود سبب هذا الانتشار إلى العديد من المزايا المرتبطة بهذه الاستخدامات. فالملدنات لها القدرة على تحسين خواص الخرسانة الطازجة وذلك بزيادة القابلية للتشغيل وزيادة السيولة مع ثبات نسبة الماء إلى الإسمنت وكذلك تحسين خواص الخرسانة المتصلدة وذلك بتخفيض نسبة الماء إلى الإسمنت في الخلطة مع ثبات درجة القابلية للتشغيل وبالتالي الحصول على خرسانة عالية المقاومة بالإضافة إلى تسريع أو تأخير زمن شك الإسمنت حسب الضرورة مع التقليل من حدوث الانفصال الحبيبي أو تحسين

القدرة على ضخ الخرسانة إلى ارتفاعات عالية. فالملدنات على اختلاف أنواعها لها سلوك مختلف عن بعضها ويظهر هذا الأثر أكثر وضوحاً في الخرسانة مع نسب الماء للاسمنت المنخفضة وكذلك الجرعات العالية من الملدن بالإضافة إلى تأثير اختلاف نوع الاسمنت والبيئة المحيطة على أداء هذه الملدنات. فاختيار الجرعة التي تعطى ائتلاف بين الاسمنت والملدن وتكون عندها أكبر قابلية لتشغيل ممكنة ومن الناحية النظرية فإن الوقت المثالي لإضافة الملدن الفائق تكون بعد دقائق من اختلاط الإسمنت الجاف مع الماء ويمكن كذلك إضافة الملدن الفائق إلى الخلطة على جرعات متعددة (جرعتين أو ثلاث). الجرعات المثلى يجب أن تتحدد بناءً على نتائج تجارب معملية ويجب في هذه التجارب التحقق من تأثير الجرعات المتعددة على النزف والانفصال الحبيبي وتأخير الشك وكمية الهواء المحبوس وكلها عيوب يمكن أن تزيد من حالة عدم التوافق بين الملدن والاسمنت مع تأثير العوامل الأخرى على سلوك الملدن. ولهذا فإن هذه الدراسة ستتناول التركيز على الزمن المناسب لإضافة الملدن بعد الخلط ومقاومة الضغط في الحالة الصلبة وبالتالي محاولة إيجاد حلول لهذه الظاهرة وتنبيه المهندس الإنشائي بتأثيرات استخدام الملدنات وسبل حل المشاكل الناتجة عنها.

أهداف ومنهجية الدراسة

تتركز أهداف هذه الدراسة في تحديد الزمن المناسب لإضافة الملدن ونسبة الماء للاسمنت المثلى عند استخدام بعض الأنواع من الإضافات الشائعة والتعريف بالمشاكل التي تحدث نتيجة الاستخدام الغير موفق وتحديد مدى الضرر الحاصل للخرسانة وإمكانية اقتراح الحلول المثلى والاقتصادية عند استخدام الملدنات. حيث تم دراسة عينات من الركام الناعم والركام الخشن والإسمنت البورتلاندي العادي والإضافات المختلفة الوظيفية وإجراء مجموعة من الاختبارات المعملية على الركام والإسمنت وإعداد خلطة خرسانية ثابتة لجميع الخلطات التي تم اقتراحها مع التغيير في نسب الماء وجرعة الملدن تم تنفيذ عدد من الخلطات الخرسانية وإجراء اختبارات عليها في الحالة الطازجة والمتصلبة ومن تم تحليل النتائج.

المواد المستعملة

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي [1] لجميع الخلطات الخرسانية وهو من إنتاج شركة الإتحاد العربي للمقاولات وقد تم اختياره معملياً لتحديد خواصه الفيزيائية والتأكد من مطابقته للمواصفات، حيث تبين أنه مطابقاً لما تنص عليه المواصفة الليبية للإسمنت

(2009/340)، والمواصفة الأوروبية (BS-EN197-1-2000). أما الركام الناعم [2] الذي تم استخدامه فهو عبارة عن رمل طبيعي مورد من مدينة زليطن وقد أجريت عليه الاختبارات المعملية لمعرفة مدى مطابقته للمواصفات وكان مطابق للمواصفة الليبية (م ق ل 2002:49). والركام الخشن [2] المستعمل في الدراسة يتضمن مقاسين ركام خشن ذو تدرج (20 مم) وتدرج (14 مم) المستجلب من محاجر الجبل الغربي بعد إجراء الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية عليه ومقارنتها بالمواصفات ذات العلاقة حيث تم إجراء اختبار التحليل المنخلي لمعرفة تدرج الركام المنتج بالمحاجر ومقارنة النتائج باشتراطات المواصفات القياسية الليبية رقم م ق ل (252 - 49 - 250). للحصول على ركام متدرج مطابق لحدود المواصفات لغرض استخدامه في إنتاج الخرسانة. تم خلط العينتين بنسبة مقبولة للحصول على الخليط ويلاحظ أن هذا الخليط جيد التدرج طبقاً لشروط المواصفة م ق ل (252 - 49 - 250) والموضحة بالجدول (1) والشكل (1).

جدول 1: نتائج التحليل المنخلي للخليط

حدود المواصفات		النسبة المئوية للمار %			مقاس فتحة المنخل (مم)
الحدود العليا	الحدود الدنيا	الخليط	14 مم %65	20 مم %35	
100	100	100	65	35	37.5
100	90	99.2	65	34.23	20
80	40	67.8	62.27	5.57	14
60	30	32.1	31.88	0.27	10
10	0	1.1	0.92	0.15	5

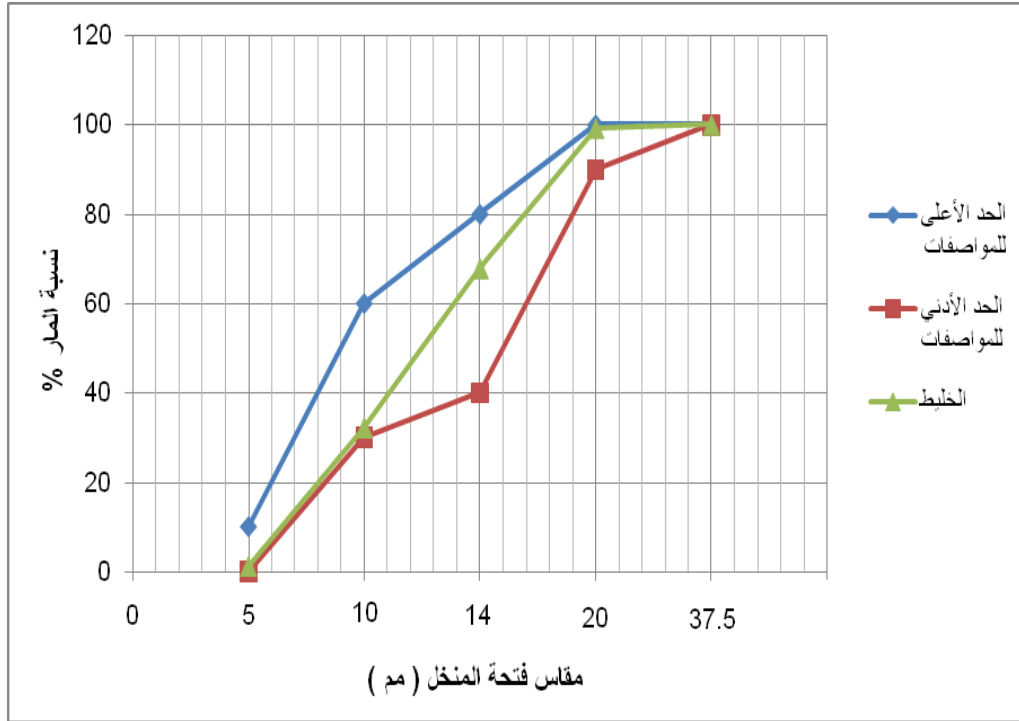
وتم استعمال الماء الصالح للشرب في الخلطة الخرسانية وفقاً للمواصفات الليبية (م.ق.ل.294) [3]. أما الإضافات المستخدمة في الدراسة فهي:

- إضافة تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عادية [5] (ASTM C494 type A).
- إضافة تخفيض ماء الخلط وتأخير زمن الشك [6] (ASTM C494 type D).
- إضافة تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالي [7] (ASTM C494 type F).

وباستخدام طريقة المعادلة الحجمية تم تحديد نسب مكونات خلط متر مكعب من الخرسانة الموضحة بالجدول (2) مع ضبط وتعديل نسب الخلط؛ مع ملاحظة أنه يتم عمل نسب مياه متفاوتة لغرض الحصول على الهبوط المبدئي الذي تعمل من أجله الإضافة مع تثبيت نسب الملدنات.

جدول 2: كميات المواد المستخدمة لكل خلطة للمتر المكعب

وزن الإضافات كجم	وزن الماء كجم			ركام ناعم كجم	ركام خشن كجم		وزن الإسمنت كجم
	المجموع	الماء الممتص	الماء الحر		مقاس 14 مم	مقاس 20 مم	
من 3.6 إلى 5.4	من 122.6 إلى 230.6	14.62	من 108 إلى 216	684.5	699.3	466.2	360



شكل 1: نتائج التحليل المنخلي للخليط

عرض ومناقشة النتائج

تجدر الإشارة إلى أن كفاءة الملدن تتوقف على عدة عوامل تمت دراسة بعض منها في هذه الورقة وشملت نسبة الماء إلى الإسمنت وزمن إضافة الملدن للخلطة حيث يستعرض المشاهدة النظرية ونتائج الاختبارات المعملية والمتمثلة في اختباري الهبوط ومقاومة الضغط التي تم إجرائها على الخرسانة في حالتها اللدنة والمتصلدة كما يتناول البحث مناقشة لنتائج هذه الاختبارات بالإضافة إلى ما تم ملاحظته من خلال الفحص النظري ومقارنة تلك النتائج بالمواصفات ذات العلاقة.

الملدن الأول نوع (ASTM C494 - Type A) [5] والذي يمثل إضافة لتخفيض ماء الخلط حيث كانت نسبة إضافته 1.5% من وزن الإسمنت والجدول (3) يمثل نسبة الماء وتأثيرها على كفاءة الملدن وما تم ملاحظته نظرياً. والجدول (4) والشكل (2) يوضحان الهبوط قبل وبعد إضافة

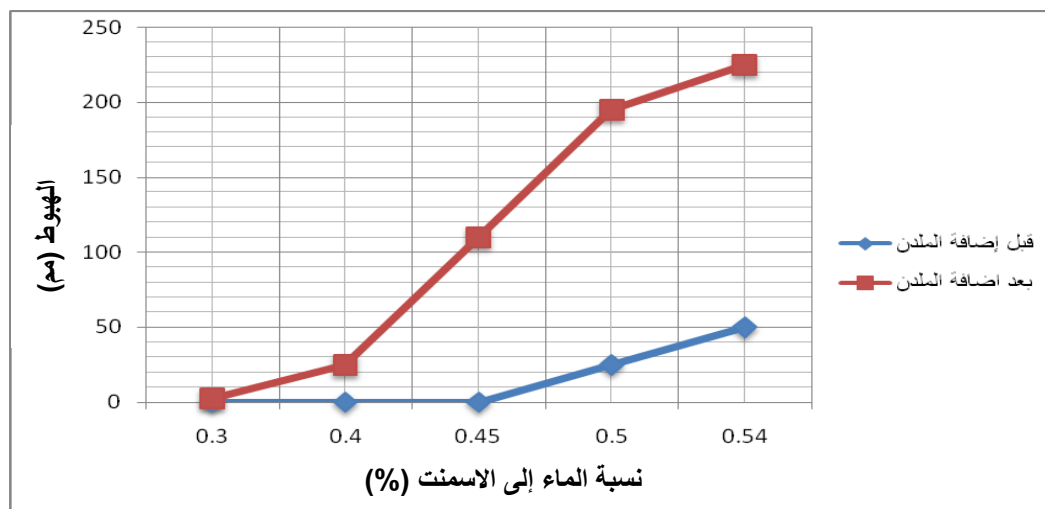
المدن ويلاحظ ان كفاءته تبدأ من توفر نسبة ماء إلى الاسمنت تفوق 0.4 وتزداد بزيادة هذه النسبة والجدول (5) والشكل (3) يوضحان نتائج اختبار مقاومة الضغط بعد الاضافة.

جدول 3: الفحص البصري للمادة المضافة (ASTM C494 - Type A)

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الفحص البصري قبل إضافة المدن	الفحص البصري بعد إضافة المدن
1.5% من وزن الإسمنت	0.3	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)
	0.4	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)
	0.45	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	تشغيلية متوسطة
	0.5	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	التشغيلية عالية جدا
	0.53	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	التشغيلية عالية جدا

جدول 4: الهبوط قبل وبعد إضافة المدن Type A

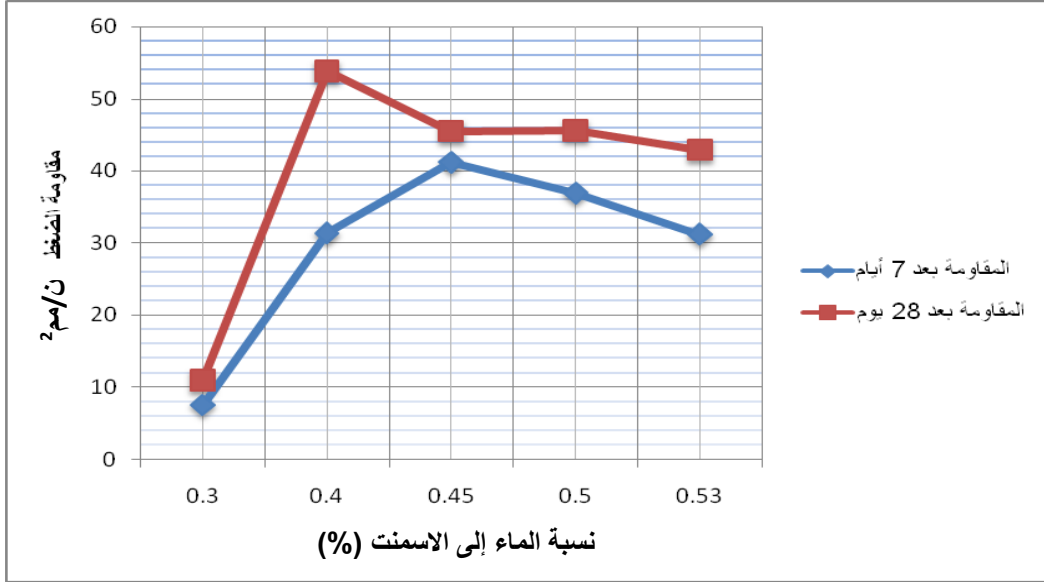
الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الهبوط المبدئي (مم) (قبل إضافة المدن)	الهبوط النهائي (مم) (بعد إضافة المدن)
1.5% من وزن الإسمنت	0.3	0	0
	0.4	0	25
	0.45	0	110
	0.5	25	195
	0.53	50	225



شكل 2: الهبوط قبل وبعد إضافة المدن

جدول 5: نتائج مقاومة الضغط (على شكل مكعب)

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)
1.5% من وزن الإسمنت	0.3	7.53	10.99
	0.4	31.37	53.87
	0.45	41.18	45.55
	0.5	36.94	45.66
	0.53	31.19	42.94



شكل 3: نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

جدول 6: الفحص البصري قبل وبعد إضافة الملدن

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الفحص البصري قبل إضافة الملدن	الفحص البصري بعد إضافة الملدن
1% من وزن الإسمنت	0.35	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)
	0.45	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (هبوط بسيط)
	0.5	التشغيلية منخفضة جدا (هبوط بسيط)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)
	0.52	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	تشغيلية متوسطة
	0.55	تشغيلية متوسطة	التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)
	0.6	التشغيلية عالية	التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)

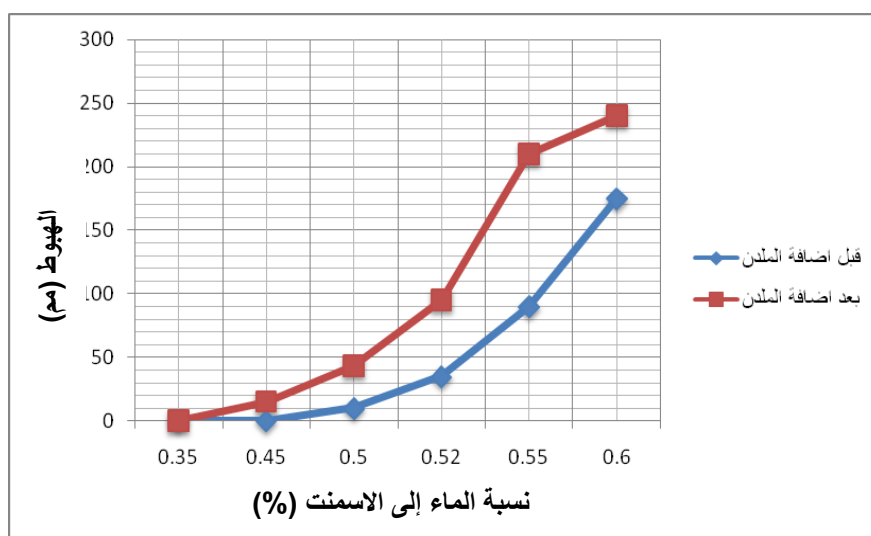
تم تخفيض نسبة الإضافة للنوع السابق إلى 1 % من وزن الإسمنت مع تغيير في نسبة الماء مع الإسمنت والجدول (6) يمثل نسبة الماء وتأثيرها على كفاءة الإضافة وما تم ملاحظته نظريا والنتائج المعملية بعد تخفيض الجرعة لنفس هذا النوع بنسبة 1% من وزن الإسمنت مع تغيير في نسب ماء الخلط والجدول (7) ، (8) والشكلين (4) ، (5) يوضح النتائج المتحصل عليها .

جدول 7: الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن Type A

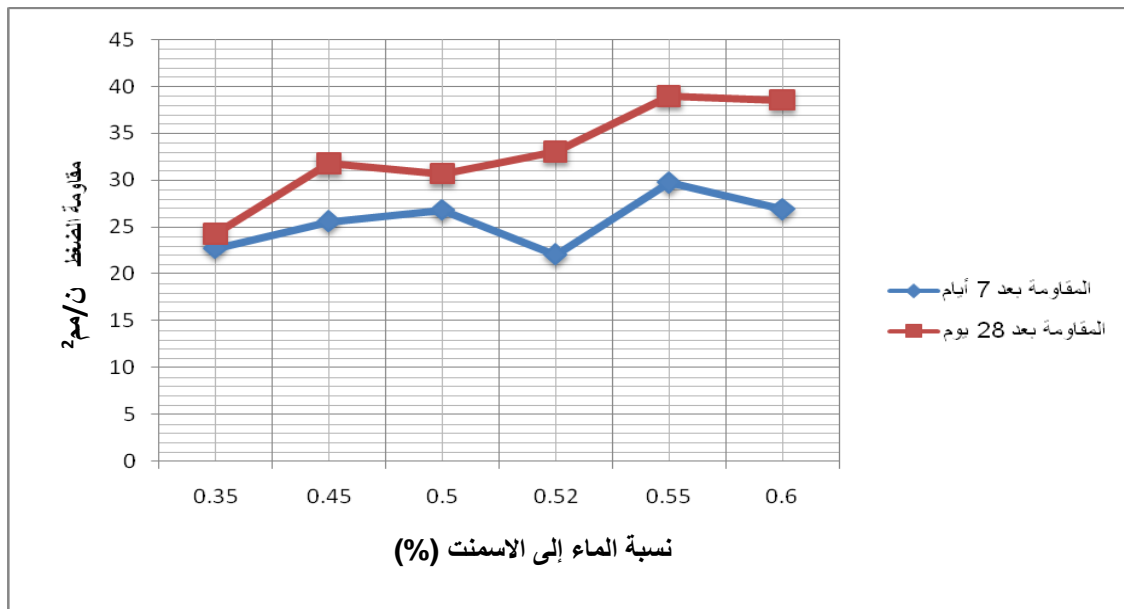
الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الهبوط المبدئي (مم) (قبل إضافة الملدن)	الهبوط النهائي (مم) (بعد إضافة الملدن)
1 % من وزن الإسمنت	0.35	0	0
	0.45	0	15
	0.5	10	43
	0.52	35	95
	0.55	90	210
	0.6	175	240

جدول 8: نتائج مقاومة الضغط (على شكل مكعب)

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)
1 % من وزن الإسمنت	0.35	22.76	24.29
	0.45	25.59	31.74
	0.5	26.79	30.65
	0.52	22.05	33.01
	0.55	29.72	38.95
	0.6	26.87	38.54



شكل 4: الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن



شكل 5: نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

الملدن الثاني نوع (ASTM C494 – Type D) [6] حيث أن هذا الملدن مزدوج التأثير يعمل على تخفيض ماء الخلط، بالإضافة إلى تأخير زمني شك الخرسانة حيث كانت نسبة إضافته 1.5% من وزن الاسمنت والجدول (9) يمثل نسبة الماء وتأثيرها على كفاءة الإضافة وما تم ملاحظته نظريا والجدول (10) والشكل (6) يوضحان الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن، ويلاحظ ان كفاءته تبدأ من توفر نسبة ماء إلى الاسمنت تفوق 0.45 وتزداد بزيادة هذه النسبة والجدول (11) والشكل (7) يوضحان نتائج اختبار مقاومة الضغط بعد الإضافة.

جدول 9: الفحص البصري قبل وبعد إضافة الملدن Type D

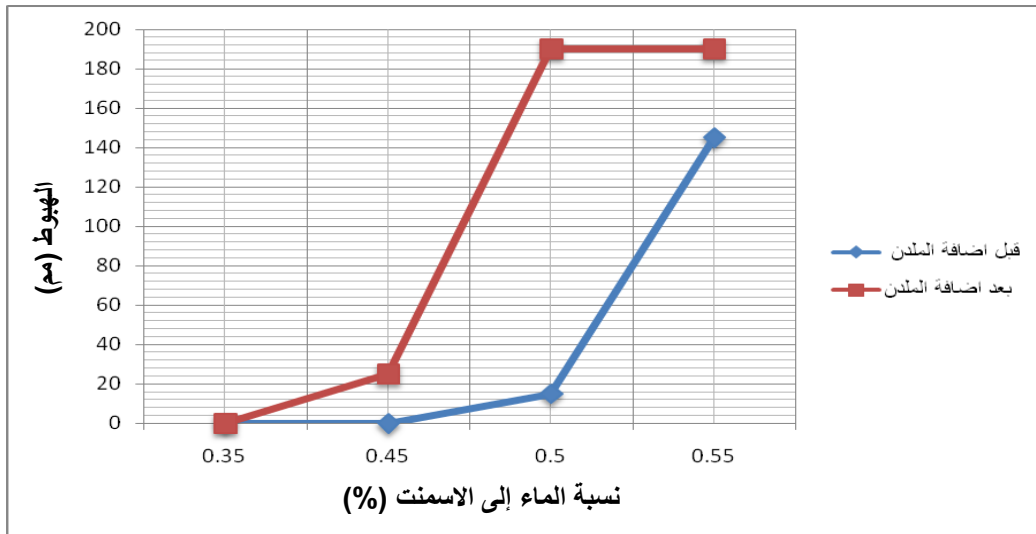
الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الفحص البصري قبل إضافة الملدن	الفحص البصري بعد إضافة الملدن
1.5% من وزن الإسمنت	0.35	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)
	0.45	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)
	0.5	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	التشغيلية عالية
	0.55	التشغيلية عالية	التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)

جدول 10: الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن Type D

الهبوط النهائي (مم) (بعد إضافة الملدن)	الهبوط المبدئي (مم) (قبل إضافة الملدن)	نسبة الماء إلى الإسمنت	الجرعة
0	0	0.35	1.5% من وزن الإسمنت
25	0	0.45	
190	15	0.5	
190	145	0.55	

جدول 11: نتائج مقاومة الضغط (على شكل مكعب)

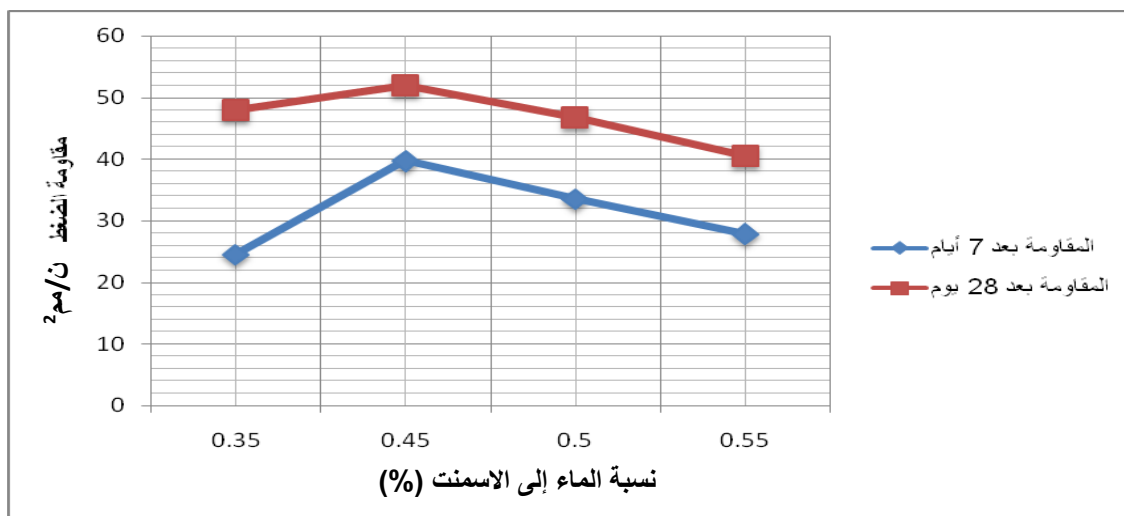
المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	نسبة الماء إلى الإسمنت	الجرعة
48.00	24.55	0.35	1.5% من وزن الإسمنت
52.02	39.75	0.45	
46.74	33.57	0.5	
40.56	27.88	0.55	



شكل 6: الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن

المادة المضافة نوع (ASTM C494 type F) [7] وتعتبر إضافة لتخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية (Super plasticizers) وكعامل ملدن يزيد قابلية التشغيل للخرسانة حيث كانت نسبة إضافته 1% من وزن الإسمنت والجدول (12) يمثل نسبة الماء وتأثيرها على كفاءة الإضافة وما تم ملاحظته نظرياً والجدول (13) والشكل (8) يوضحان الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن ويلاحظ أن كفاءته تبدأ من نسبة ماء إلى الإسمنت منخفض قد تصل إلى 0.35 وتزداد بزيادة هذه النسبة وقد

تصل إلى درجة التشبع عند 0.45 وبعدها لا تأثير يذكر لزيادة نسبة الماء والجدول (14) والشكل (9) يوضحان نتائج اختبار مقاومة الضغط بعد اضافة هذه المادة.



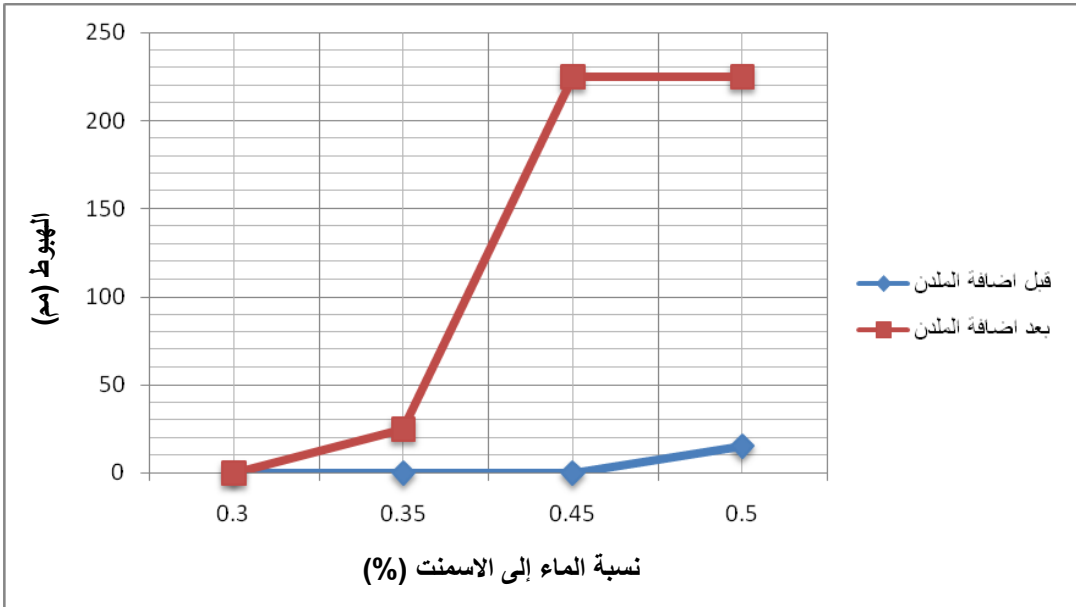
شكل 7: مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

جدول 12: الفحص البصري قبل وبعد إضافة الملدن Type F

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الفحص البصري قبل إضافة الملدن	الفحص البصري بعد إضافة الملدن
1% من وزن الإسمنت	0.3	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)
	0.35	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)
	0.45	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)
	0.5	التشغيلية منخفضة جدا (هبوط بسيط)	التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)

جدول 13: الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن Type F

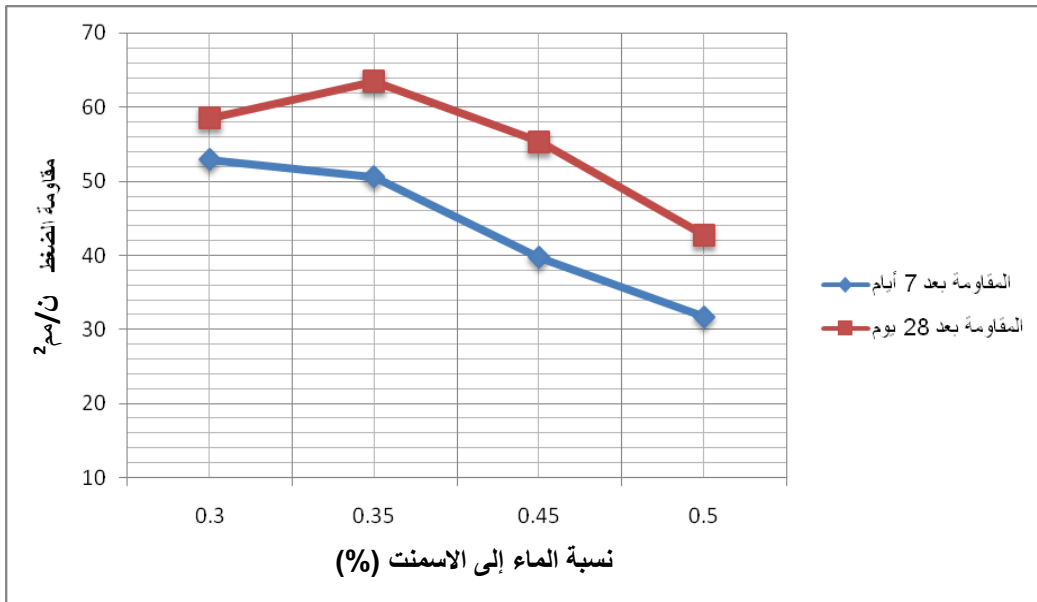
الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	الهبوط المبدئي (م) (قبل إضافة الملدن)	الهبوط النهائي (م) (بعد إضافة الملدن)
1% من وزن الإسمنت	0.3	0	0
	0.35	0	25
	0.45	0	225
	0.5	15	225



شكل 8: الهبوط قبل وبعد إضافة الملمدن

جدول 14: نتائج مقاومة الضغط Type F

الجرعة	نسبة الماء إلى الإسمنت	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)
1% من وزن الإسمنت	0.3	52.89	58.47
	0.35	50.56	63.47
	0.45	39.71	55.29
	0.5	31.72	42.72



شكل 9: مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

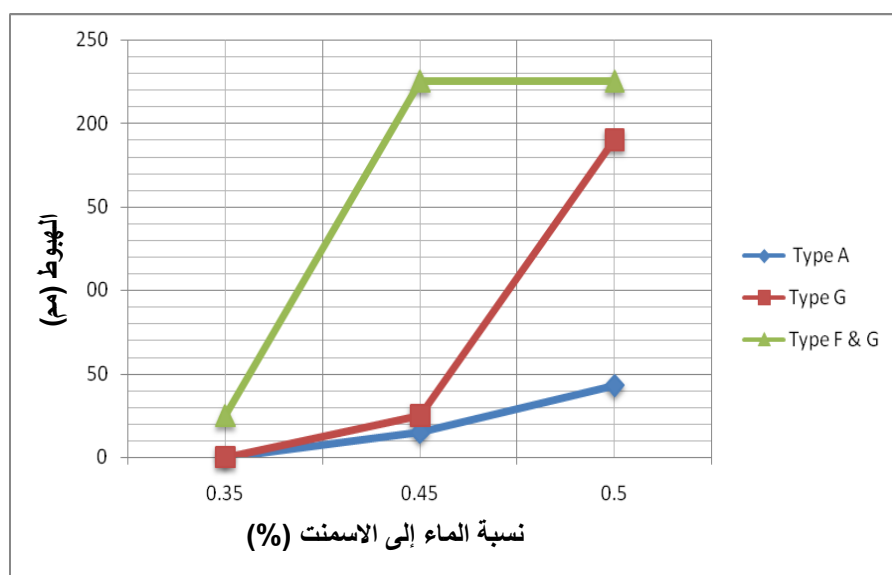
المقارنة من خلال الفحص البصري لأنواع الإضافات الثلاثة عند نسب الماء المشتركة حسب الجدول (15) والمقارنة من حيث الهبوط بعد إضافة الملدن للأنواع الثلاثة عند نسب الماء المشتركة الموضحة بالجدول (16) والشكل (10) حيث يتضح أن الملدن (A) أقل كفاءة يليه النوع الثاني (D) بينما الملدن (F) ذا كفاءة عالية.

جدول 15: مقارنة الفحص البصري لأنواع الإضافات المستعملة

(ASTM C494) (Type F) الجرعة 1%	(ASTM C494) (Type D) الجرعة 1.5%	(ASTM C494) (Type A) الجرعة 1%	نسبة الماء إلى الإسمنت
التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	التشغيلية منخفضة جدا (لم يحدث هبوط)	0.35
التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	0.45
التشغيلية عالية جدا (حدوث انفصال حبيبي)	التشغيلية عالية	التشغيلية منخفضة (هبوط بسيط)	0.5

جدول 16: نتائج المقارنة من حيث الهبوط بعد إضافة الملدن للأنواع المستعملة

(ASTM C494) (Type F) الجرعة 1%	(ASTM C494) (Type D) الجرعة 1.5%	(ASTM C494) (Type A) الجرعة 1%	نسبة الماء إلى الإسمنت
25	0	0	0.35
225	25	15	0.45
225	190	43	0.5



شكل 10: نتائج المقارنة من حيث الهبوط بعد إضافة الملدن للأنواع الثلاثة

تأثير زمن إضافة الملدن على كفاءته

تم الفحص البصري لسلوك الخرسانة الطازجة بعد تثبيت نسبة الماء وإضافة الجرعة للأنواع الثلاثة في أزمنة مختلفة من لحظة بداية الخلط وهي لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الملدن الأول نوع (ASTM C494 - Type A) [5] والذي يمثل إضافة لتخفيض ماء الخلط والجدول (17) يمثل زمن الإضافة وتأثيرها على كفاءة الملدن وما تم ملاحظته نظريا حيث كانت نسبة الماء 0.53 من وزن الإسمنت

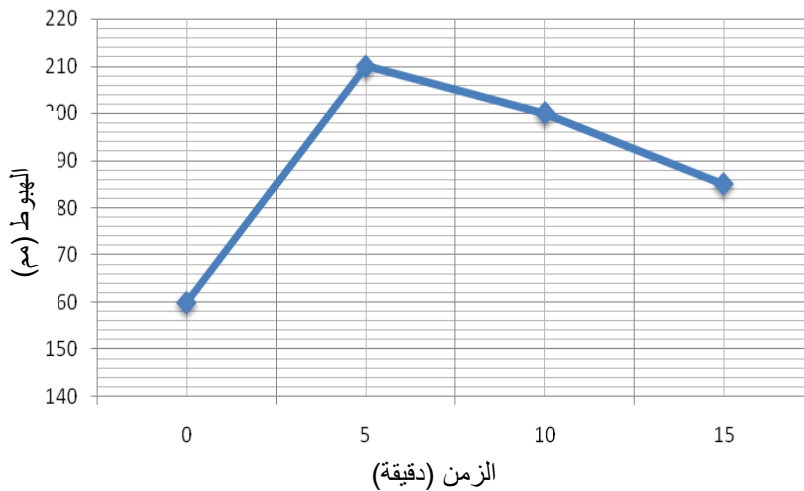
جدول 17: زمن إضافة الملدن والفحص البصري

الفحص البصري	الزمن (بالدقائق)
هبوط كبير	0
زيادة أكبر في الهبوط	5
تراجع بسيط في الهبوط	10
تراجع ملحوظ في الهبوط	15

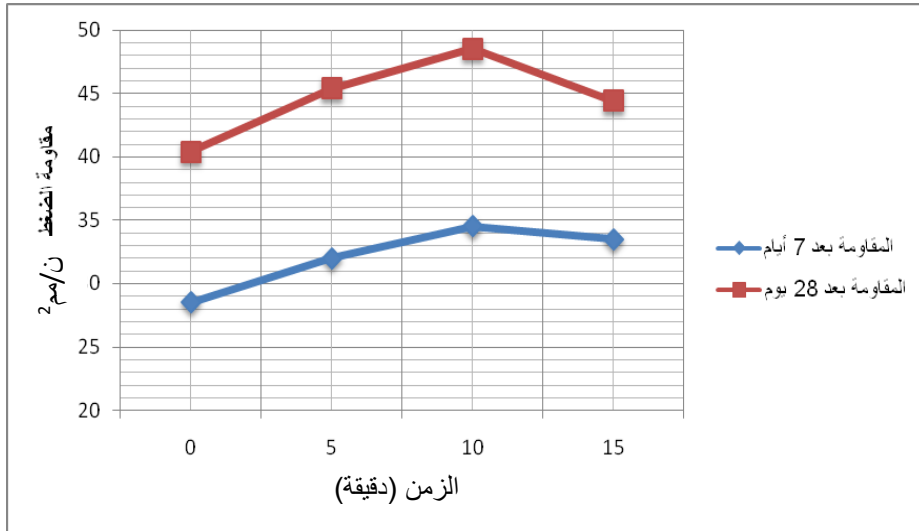
والجدول (18) والشكلان (11) و(12) يوضح الهبوط قبل وبعد إضافة الملدن ومقاومة الضغط ومن الملاحظ إن إضافة الملدن في مدة تتراوح من 5 إلى 10 دقائق من اضافة الماء للخلطة تزيد من كفاءته.

جدول 18: زمن ومقدار الهبوط ومقاومة الضغط

الزمن (بالدقائق)	الهبوط (مم)	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)
0	160	28.5	40.4
5	210	32	45.4
10	200	34.5	48.55
15	185	33.5	44.4



شكل 11: العلاقة بين الهبوط والزمن



شكل 12: نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

النوع الثاني وهو (ASTM C494 - Type D) [6] وكانت الجرعة 1.5% من وزن الإسمنت ونسبة ماء الخلط 0.49 من وزن الإسمنت والجدول (19) يوضح الفحص البصري والجدول (20) والشكل (13) و (14) يوضح الهبوط ومقاومة الضغط

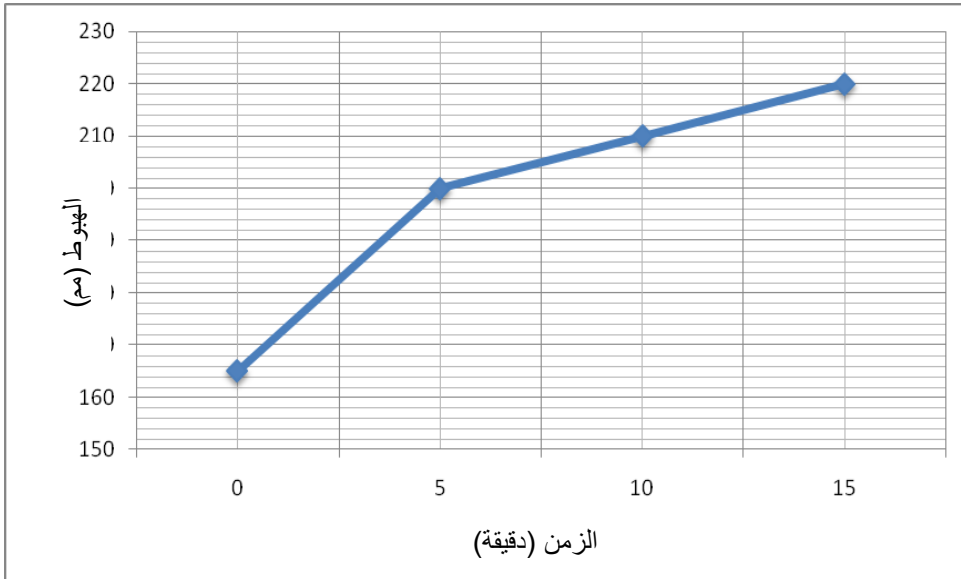
جدول 19: زمن إضافة الملدن والفحص البصري

الفحص البصري	الزمن (بالدقائق)
هبوط عالي	0
زيادة ملحوظة في الهبوط	5
زيادة أكبر في الهبوط	10
بداية حدوث إنفصال حبيبي	15

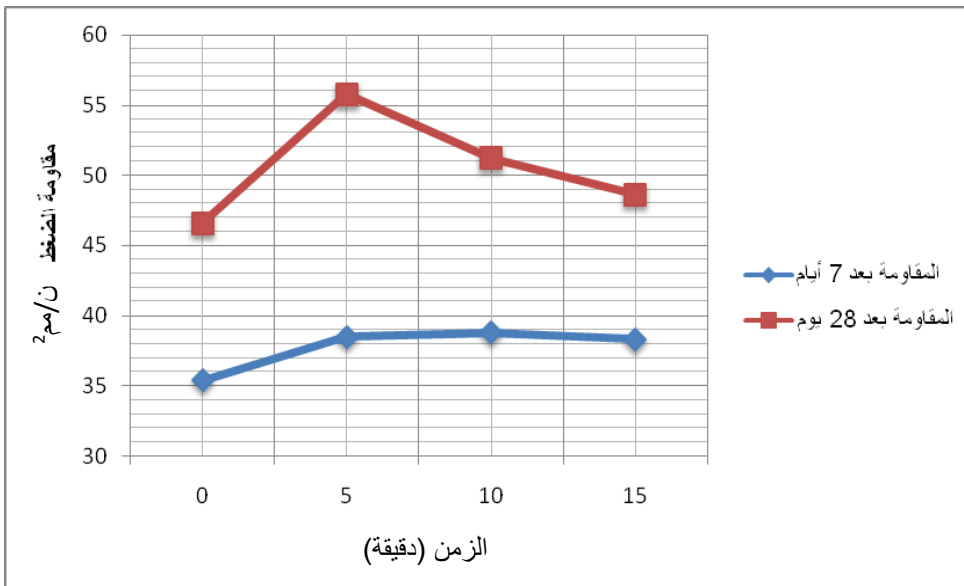
جدول 20: الزمن ومقدار الهبوط ومقاومة الضغط

المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	الهبوط (مم)	الزمن (بالدقائق)
46.57	35.4	165	0
55.77	38.5	200	5
51.2	38.81	210	10
48.63	38.32	220	15

النوع الثالث وهو (ASTM C494 type F) [7] وكانت الجرعة 1% من وزن الإسمنت ونسبة ماء الخلط 0.43 من وزن الإسمنت والجدول (21) يوضح الفحص البصري للإضافة والجدول (22) والشكل (15)، (16) يوضح الهبوط ومقاومة الضغط



شكل 13: العلاقة بين الهبوط والزمن



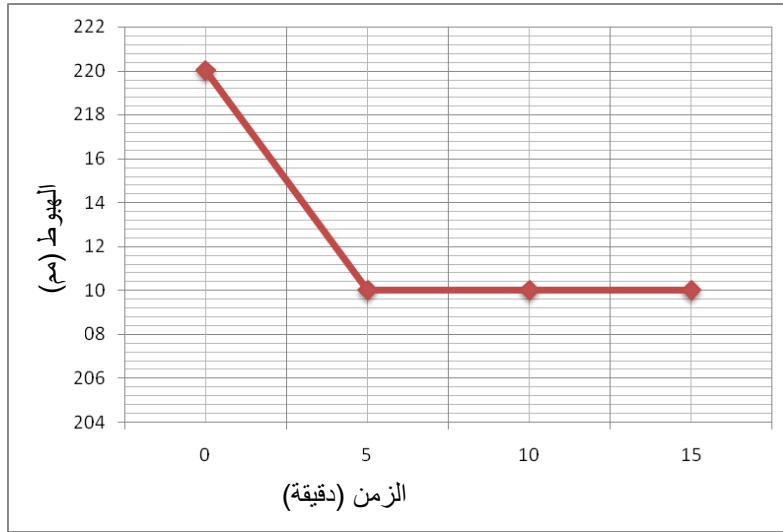
شكل 14: نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و 28 يوم

جدول 21: زمن إضافة الملدن والفحص البصري

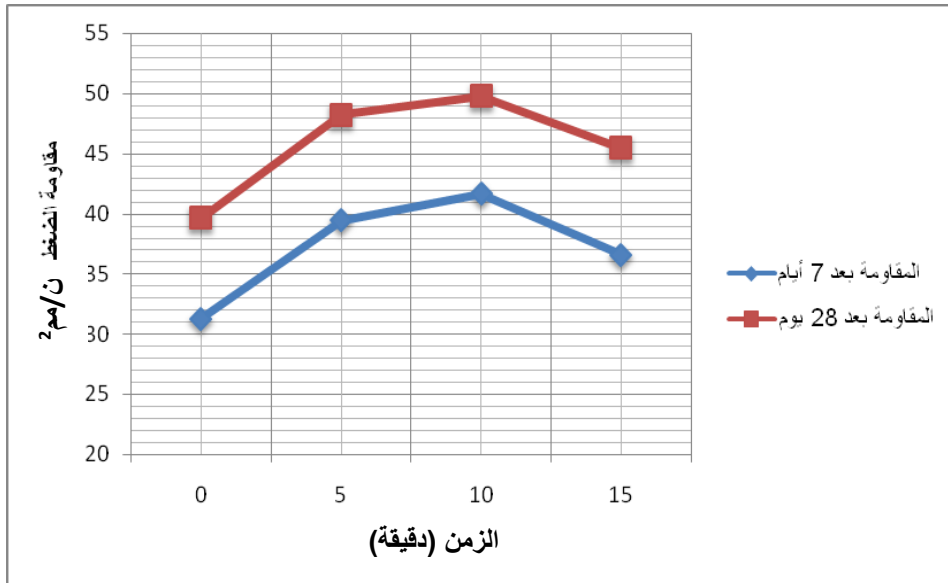
الفحص البصري	الزمن (بالدقائق)
حدوث إنفصال حبيبي	0
بداية حدوث إنفصال حبيبي	5
هبوط كبير	10
بداية حدوث إنفصال حبيبي	15

جدول 22: الزمن ومقدار الهبوط ومقاومة الضغط

المقاومة بعد 28 يوم (نيوتن/مم ²)	المقاومة بعد 7 أيام (نيوتن/مم ²)	الهبوط (مم)	الزمن (بالدقائق)
39.65	31.28	220	0
48.23	39.43	210	5
49.78	41.64	210	10
45.46	36.58	210	15



شكل 15: العلاقة بين الهبوط والزمن



شكل 16: نتائج المقاومة بعد 7 و 28 يوم

الخلاصة والاستنتاج

اهتمت هذه الدراسة بالتركيز على أهم التأثيرات الناتجة عن توافق الإضافات المستخدمة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة من حيث التشغيلية ومقاومة الضغط وبناء على النتائج تم استخلاص الآتي:

- كفاءة المدنات العادية (plasticizers) تبدأ من توفر نسبة ماء إلى الاسمنت تفوق 0.4 وتزداد بزيادة هذه النسبة.
- كفاءة المدنات الفائقة (Super plasticizers) تبدأ من نسبة ماء إلى الاسمنت منخفضة قد تصل إلى 0.35 وتزداد بزيادة هذه النسبة وقد تصل إلى درجة التشبع عند 0.45 وبعدها لا تأثير يذكر لزيادة نسبة الماء.
- الزمن المثالي لإضافة الملدن من النوع (Type- A) بعد 5 دقائق من بداية إضافة الماء للخلطة بينما لا يضر إضافة كل من الملدن نوع (Type-D) والفائق نوع (Type-F) واللذان يحتويان على مبطئات الشك .
- الاختلاف في خصائص المدنات تكون واضحة عند نسب الماء للاسمنت المنخفضة
- تزداد مقاومة الضغط للخرسانة عند اضافة الملدن بنسب تتراوح بين 20-30%.

التوصيات

- التوسع في دراسة تأثير الزمن على كفاءة الملدن وذلك بالتعرض لتأثير أنواع مختلفة من الإسمنت ذات محتوى مختلف من مركب (C₃A).
- دراسة تأثير نعومة الاسمنت على سلوك المدنات المختلفة.
- قبل استخدام أي إضافات يجب اتباع توصيات الشركة المصنعة بضرورة عمل خلطات تجريبية في المعمل واختيار الجرعة المثلى ونوع الإضافة المناسب بالإضافة إلى زمن إضافة جرعة الملدن والتركيز على المراقبة والتحكم بالجودة عند اختيار مواد ومدى مطابقتها للمواصفات.

المراجع

- [1] المواصفات القياسية الليبية رقم (340) الإسمنت البورتلاندي لسنة 2009.
- [2] المواصفات القياسية الليبية رقم (294) المياه المستعملة في الخرسانة لسنة 1990.
- [3] المواصفات القياسية الليبية رقم (49) ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية لسنة 2002.
- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM C494).
- [5] Sikment 163; (ASTM C494- Type A and D), sika co
- [6] Sikment R2002 ;(ASTM C494- Type D), sika co
- [7] Dynamon –SR345 (Super plasticizer)