استخدام الإضافات لتعويض الفاقد في درجة تشغيل الخرسانة الجاهزة من مكان التصنيع إلى مكان الصب

الصادق عبيد عبد الله وعلي محمد منصور وإبراهيم مسعود المشرقي

قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة جامعة طرابلس
E-mail: Abaid2@yahoo.com

ABSTRACT

Due to the development growth in Libya and the widespread of new economical and engineering projects all over the country, the demand for concrete mixtures has increased significantly. This resulted in the spread of central concrete mixing units in the country to fulfill the increased demand in which concrete mixes are prepared and then transported by trucks to building sites. The Transportation of readymade concrete mixes from central concrete making units to construction sites poses a difficult problem especially in densely populated areas and for sites located at far distance from the central concrete units. In such cases, the concrete mix can lose some of its important properties such as operation degree, workability and short uncertainty time before casting. The main reasons that cause such problems are the long time for concrete transportation to the place of casting and hot weather conditions. Solving such problems by reducing the transporting time is not always possible due to traffic jams and the long distances of transportation. Therefore, the only viable solution to make the concrete mix retain its important properties is using chemical additive.

In this study different concrete mixtures are manufactured on lab scale and the methods of adding water and using additives such as (ASTM C494 - Type A; F and G) are simulated by considering the operation degree and transporting time. The results are compared in terms of operation degree and pressure resistance and conclusions are made about the best results.

الملخص

نظراً لانتشار الوحدات المركزية لخلط الخرسانة مؤخراً في بلادنا وذلك لسبب تعدد المشاريع الهندسية المختلف أنواعها وزيادة التوسع في البناء من قبل المواطنين الأمر الذي سبب في زيادة الطلب على الخرسانة الجاهزة وذلك لسبب سهولة إعدادها وصبها ولا يتطلب الأمر خاصة سيارات لنقلها إلى أماكن البناء. ورغم زيادة انتشار وحدات الخلط المركزية فلا يزال نقل الخرسانة من أصعب المشاكل والذي يجعل العديد من شركات الخلط المركزية غير قادرة على تلبية بعض طلبات الزبائن في الأماكن البعيدة وتقتصر فقط على نطاق جغرافي محدد وذلك بسبب فقد خلطة الخرسانة لبعض خواصها وهي في المرحلة الطازجة قبل صبها. ومن الخواص المهمة التي قد تفقدها الخلطة الخرسانية والتي ينتج عنها مشاكل لأصحاب الخلاطات المركزية فقدان التشغيلية وسرعة زمن الشك للخرسانة

وتصلدها. والأسباب الأساسية لحدوث هذه المشاكل تتمثل في طول زمن نقل الخرسانة من أماكن إعدادها إلى أماكن صبها والجو الحار الذي يسبب في تصلد الخرسانة وفقدها لقوامها. حل هذه المشكلة قد لا يكون في تقليل زمن النقل وذلك بسبب زيادة ازدحام الطرق أو لأي خلل قد يحدث للشاحنات الناقلة الأمر الذي يزيد من زمن النقل ولكن يمكن أن يتم حل المشكلة باستعمال الإضافات الكيميائية للمحافظة على قوام الخرسانة لمدة أطول.

في هذه الدراسة تم إجراء وتنفيذ خلطات خرسانية بالمعمل بعضها باستخدام الإضافات نوع (ASTMC 494-YPE A, F and G) وأخري باستخدام إضافة الماء فقط، وثم محاكاة درجة التشغيل المناسبة أثناء وصول شاحنات النقل إلي موقع الصب ومعالجتها بإضافة الماء. ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها في الحالتين من خلال قياس درجة التشغيلية ومقاومة الضغط للحالتين المذكورتين وإيجاد أسلم طريقة لرفع درجة التشغيلية للخرسانة ومدي تأثير الملدنات على الحفاظ على قوام الخرسانة وتأخير زمن الشك.

الكلمات المفتاحية: الخرسانة الجاهزة؛ الإضافات؛ درجة التشغيل؛ زمن النقل؛ زمن الشك

المقدمة

تعتبر الخرسانة أهم مواد البناء وأصبح استخدامها على نطاق واسع حيث أن الجو الحار في ليبيا ينتج عنه بيئة ذات درجة حرارة عالية لها تأثير سلبي على معظم خواص الخرسانة. ومع ازدياد حركة العمران في العقود الأخيرة زاد الطلب على الخرسانة ، وظهرت الحاجة إلى وحدات الخلط المركزية التي فرضت نفسها في عدة مواقع لما لها من إيجابيات أهمها مراقبة جودة الخرسانة. ومع أن عددها ليس بالكثير إلا أن تواجد هذه الوحدات للخلط المركزي يوفر كمية تغطي جزء من احتياجات حركة البناء والإنشاءات الجاهزة. ظاهرة انتشار وحدات الخلط المركزية جديرة بالاهتمام والدراسة لما للخرسانة من أهمية في أعمال البناء والإنشاء وتكمن المشاكل الشائعة التي تواجه المهندسين عند الإنشاء في تأخر صب الخرسانة بسبب ازدحام حركة المرور أو طول المسافة الأمر الذي يسبب تأخر زمن نقل الخرسانة الجاهزة من موقع صناعتها. ومن الملاحظ أن التغلب على هذه المشكلة يتم بطريقة خاطئة حيث تتم إضافة كمية غير مدروسة من الماء للخرسانة مما يؤثر سلبا على خواص الخرسانة والتي من بينها مقاومة الضغط التي تعتبر من أهم الخواص [1].

أهداف الدراسة

إن إضافة الماء من أجل تعويض الفاقد في التشغيل نتيجة لزيادة المواد الناعمة أو تعويض الفاقد من الماء بسبب تفاعل بعض الماء مع الإسمنت يؤدى إلى زيادة نسبة هذا الماء إلى الإسمنت

وبالتالي انخفاض مقاومة الخرسانة لذلك تعتبر مشكلة زيادة الماء بعد الخلط لتعويض الفاقد في درجة التشغيل من أهم مشاكل الخرسانة الجاهزة. وفى هدا البحت المعملي سنسلط الضوء على هذه المشكلة، ونقترح الطريقة السليمة لمعالجتها، واستخلاص بعض النتائج حول زمن نقل الخرسانة. لعل أهمها استثمار هذه المشكلة إيجابيا بالزيادة في مقاومة الخرسانة نتيجة النقص في نسبة الماء الى الاسمنت وتعويض انخفاض درجة التشغيل باستخدام الإضافات الكيماوية المناسبة.

منهجية الدراسة

لتحقيق هدف هذه الدراسة فقد اعتمدت على عدة محاور منها: –

أ. استجلاب عينات من الركام الناعم والخشن.

ب. إجراء الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية على المواد المكونة للخرسانة ومقارنة النتائج المتحصل عليها بحدود المواصفات ذات العلاقة.

ج. تنفيذ خلطات خرسانية بإضافة نسب معينة من الإضافات الكيماوية المناسبة وفى أزمنة محددة ومتفاوتة للحصول على القدر الكافي من التشغيلية.

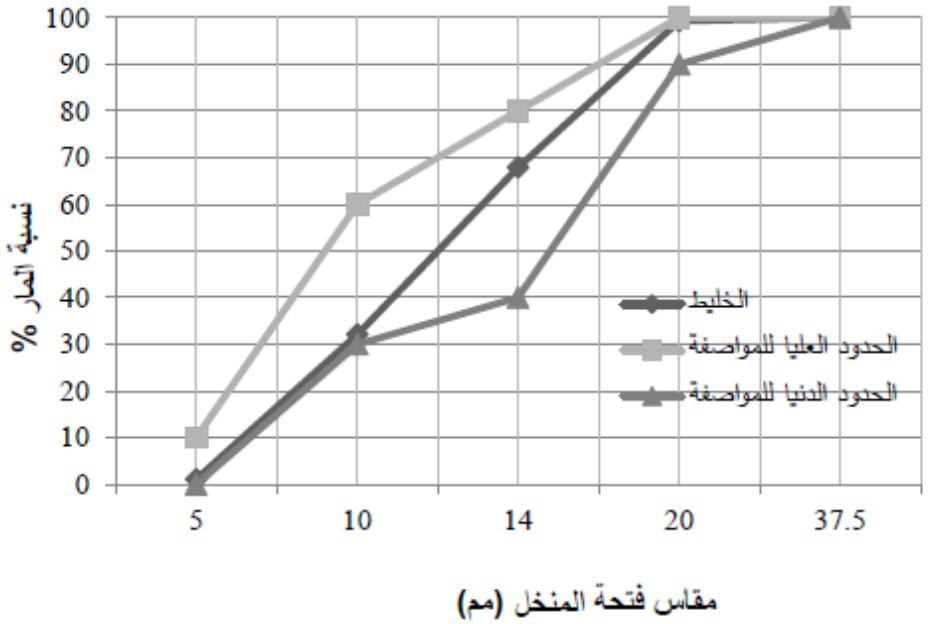
د. تنفيذ مجموعة من الاختبارات المعملية والتي من شأنها تحديد وتوضيح خواص الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة.

هـ. دراسة وتحليل النتائج المتحصل عليها من الاختبارات المنفذة.

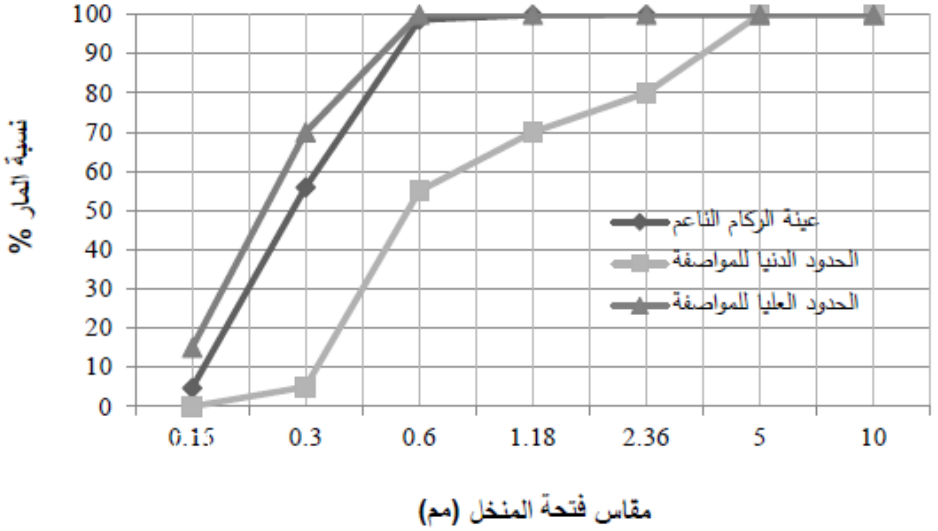
وبناء على النتائج المتحصل عليها التي تخلص إليها الدراسة يتم الوصل إلى عدد من الاستنتاجات واقتراح جملة من التوصيات.

المواد المستخدمة

لتنفيذ الخلطة الخرسانية تم استخدام كل من الإسمنت البورتلاندي العادي المورد بمصنع البرج بزليطن، والماء الصالح للشرب، والركام بنوعيه الناعم والخشن، حيث كان الركام الناعم مستجلب من مدينة زليطن أما الركام الخشن فكان من محاجر منطقة رأس اللفع ذو تدرج 20 و14 مم حيث كانت نسبة خلط الركام 20 مم تمثل 35% والركام مقاس 14 مم 65% وكانت نتائج التحليل المنخلي للخليط موضحة بالشكل (1) وهى ضمن حدود المواصفة [2] (BS882:1992)، أما الشكل (2) فيوضح التحليل المنخلي للرمل المستخدم حيث كان ضمن حدود المواصفة الليبية رقم 251 [3]، بالإضافة لوجود إضافات أخرى تختلف حسب الغرض المراد استخدامها فيه.



شكل 1: يوضح التدرج الحبيبي للخليط



شكل 2: التدرج الحبيبي للركام الناعم

أما الإضافات الكيميائية المستخدمة في الدراسة فقد حاولنا قدر الإمكان التوفيق بين أكثر أنواع الإضافات استخداما في المشاريع الهندسية، وتم استخدام نوعين من الإضافات السائلة بنسبة 1.5% من وزن الإسمنت وفقاً لتصنيف المواصفة الأمريكية ASTM C494 [4].

- إضافة تخفيض ماء الخلط وتأخير زمن الشك ASTM C494 type G [5].

تستخدم كملدن فائق الأداء، لإنتاج خرسانة ذات تشغيلية وانسيابية عالية، وأيضاً كعامل أساسي لخفض المحتوى المائي، وبالتالي زيادة الإجهادات المبكرة والنهائية.

- إضافة تخفيض ماء خلط الخرسانة بدرجة عالية ASTM C494 type A &F [6].

باستخدام طريقة المعادلة الحجمية الموضحة بالمعادلة (1) تم تحديد نسب مكونات خلط متر مكعب من الخرسانة مع ضبط وتعديل نسب الخلط؛ والجدير بالذكر أنه يتم إضافة نسب مياه متفاوتة لغرض الحصول على هبوط مبدئي الذي تعمل من أجله الإضافة مع تثبيت نسب الملدنات. والجدول (1) يوضح أوزان مكونات الخرسانة لمتر مكعب.

$$\frac{w}{\rho_w} + \frac{c}{\rho_c} + \frac{A_f}{\rho_{agg\,f}} + \frac{A_c}{\rho_{agg\,c}} = 1\ m^3 \qquad (1)$$

جدول 1: كميات المواد المستخدمة بـ كجم لكل خلطة للمتر المكعب الواحد

وزن الإسمنت (كجم)	ركام خشن (كجم)		ركام ناعم (كجم)	وزن الماء (كجم)			وزن الإضافات (كجم)
	مقاس 20 مم	مقاس 14 مم		الماء الحر	الماء الممتص	المجموع	
360	466.2	699.3	684.5	184	23.87	207.87	5.4

الاختبارات التي أجريت على الخرسانة

عرض ومناقشة نتائج اختبارات الخرسانة وهي في الحالة الطرية

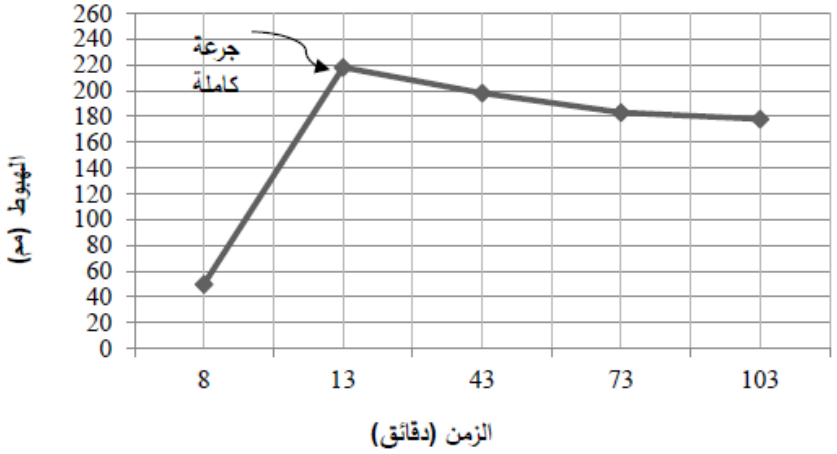
تم إجراء اختبار درجة التشغيلية للخرسانة طبقاً للمواصفة الأمريكية (ASTM 143) [7] وذلك لمعرفة درجة مناولة الخرسانة حيث تعرف القابلية للتشغيل بأنها خاصية الخرسانة الطازجة التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخرسانية حيث تعبر عن درجة تجانس الخلطة الخرسانية، ومقاومتها للانفصال الحبيبي.

تم أخذ عينات من الخرسانة الطازجة لمعرفة درجة تشغيليتها عن طريق اختبار الهبوط وعدد ستة مكعبات لتحديد مقاومة الضغط لهذه الخرسانة، ثلاثة مكعبات يتم اختبارها لعمر 7 أيام وثلاثة مكعبات لعمر 28 يوم. تم اختيار الزمن ساعة ونصف باعتباره يحاكي نوعا ما الزمن اللازم لنقل الخرسانة من الخلاطات المركزية والتي تقوم بتلبية طلبيات الزبائن ضمن نطاق جغرافي محدد من موقع الخلاطة إلى موقع الصب وقياس مقدار الهبوط عند إضافة جرعات معينة ومحددة من كل إضافة للخرسانة، ومراقبة تأثير هذه الإضافات على درجة التشغيل عند كل زمن، وتسجيل الهبوط النهائي والذي من المفترض أن يحاكي الهبوط التي تصل به هذه الخرسانة إلى موقع الصب.

- المادة المضافة من النوع الأول كملدن مصنف من قبل الجمعية الامريكية لاختبار المواد (ASTM C494 –Type G)، والتي تعمل على تخفيض ماء الخلط وتأخير زمني الشك للخرسانة للحصول على هبوط مناسب طيلة فترة تأثير هذه المادة، والجدول (2) والأشكال (3،4،5) توضح نتائج الحصول على درجة التشغيلية عند الجرعات المضافة في الأوقات المختلفة.

جدول 2: نتائج اختبار الهبوط للإضافة (Type G) عند كل زمن

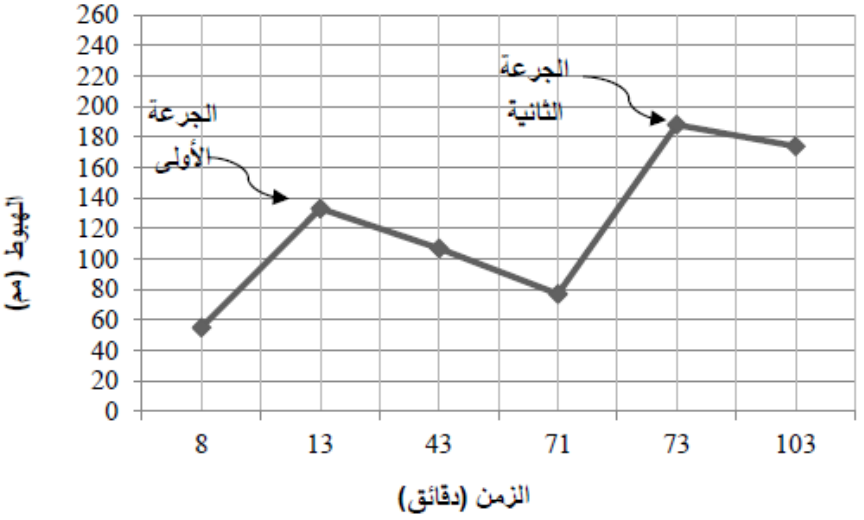
الزمن (دقائق)	اختبار الهبوط					
	عند جرعة واحدة		عند جرعتين		عند ثلاث جرعات	
	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)
8	50		55		63	
13	218	131.22	133	65.61	135	43.74
41	-		-		90	
43	198		107		163	43.74
71	-		77		140	
73	183		188	65.61	173	43.74
103	178		174		158	



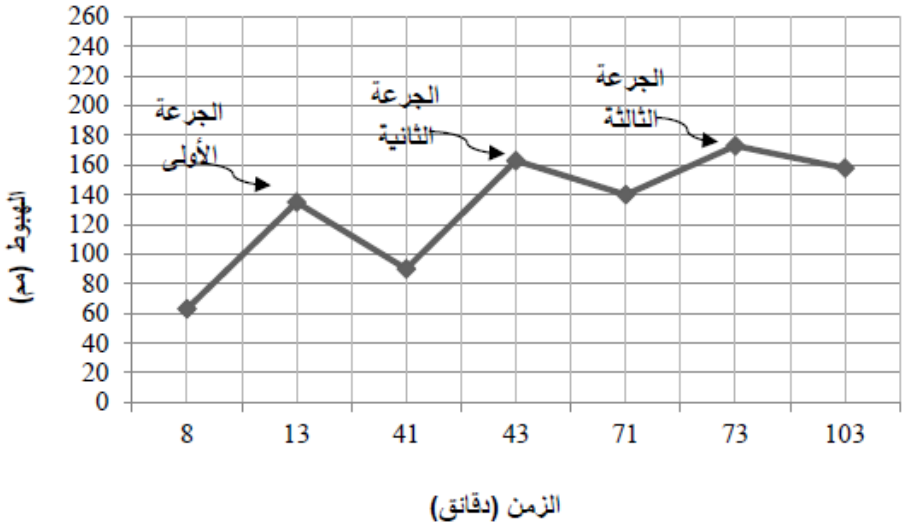
شكل 3: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة نوع (Type G) ند جرعة واحدة

من خلال النتائج المتحصل عليها من التجارب التي أجريت والموضحة بالجداول والأشكال المذكورة أنفا، يتضح الحصول على أفضل هبوط باستخدام المادة (Type G) والذي بلغ (178 مم) عند إضافتها كجرعة كاملة من البداية مقارنة باستخدامها على جرعتين وعلى ثلاث جرعات متتالية، حيث بلغ الفرق في درجة الهبوط عند إضافتها على ثلاث جرعات بـى (20 مم) ولأن هذا الفرق لا يعتبر شاسع فيمكن القول أن هذا النوع من الإضافة يمكن استخدامه على جرعات متتالية دون أي انخفاض واضح في درجة التشغيل، ولهذا تكمن ميزة هذه الإضافة بقدرتها على إطالة زمن شك الخرسانة والاحتفاظ بدرجة تشغيليتها لأطول وقت ممكن في الجو المعتدل.

- المادة المضافة من النوع الثاني من قبل الجمعية الامريكية لاختبار المواد (ASTM C494 -Type A & F) وتعمل هذه الإضافة بتخفيض الماء والجدول (3) يوضح نتائج الهبوط والجرعات المستخدمة.



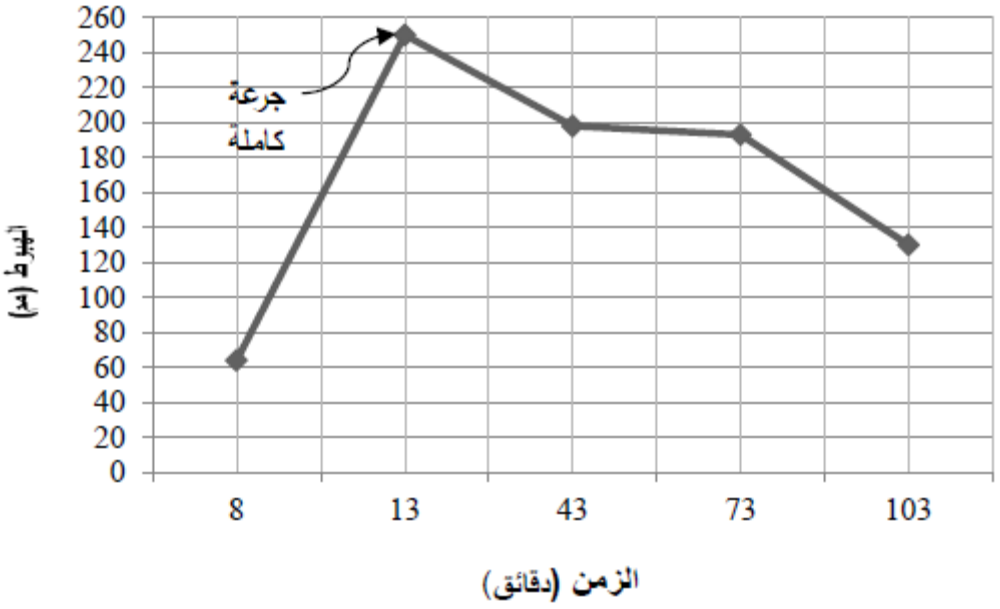
شكل 4: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة نوع (Type G) على جرعتين



شكل 5: شكل الهبوط عند استخدام نوع الإضافة (Type G) على ثلاث جرعات

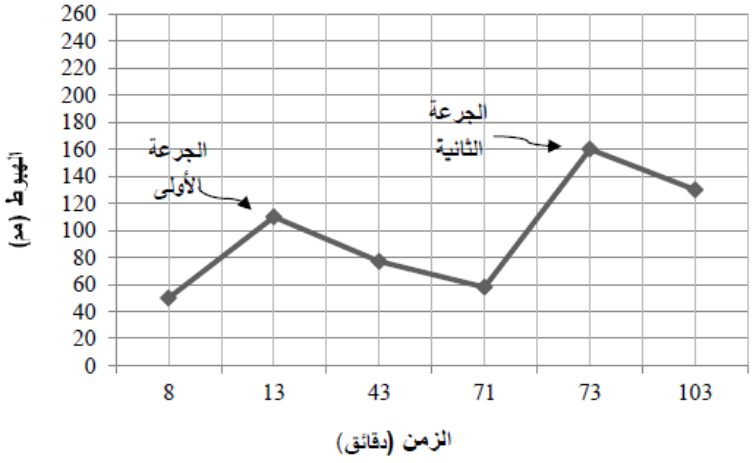
جدول 3: نتائج اختبار الهبوط للإضافة (Type A&F) عند كل زمن

الزمن (دقائق)	اختبار الهبوط					
	عند جرعة واحدة		عند جرعتين		عند ثلاث جرعات	
	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)
8	64		50		61	
13	250	131.22	110	65.61	142	43.74
41	-		-		83	
43	198		77		188	43.74
71	-		58		150	
73	193		160	65.61	205	43.74
103	130		130		175	



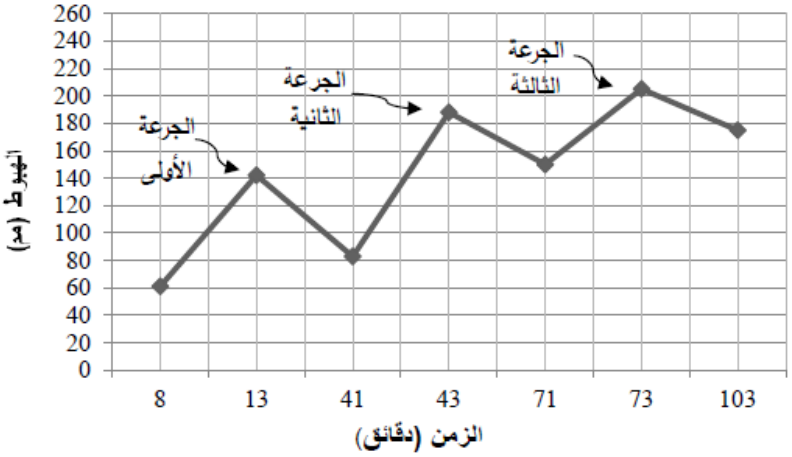
شكل 6: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة (Type A&F) عند جرعة واحدة

نلاحظ من خلال النتائج المبينة بالجدول (3) والمتمثلة في الأشكال (6،7،8) أن الإضافة نوع (Type A&F) تعطي أفضل وأطول مدة هبوط عند استخدامها على ثلاث جرعات، والذي بلغ (175 مم) وذلك إذا ما تم مقارنته بالهبوط الناتج عن إضافة هذه المادة على جرعة واحدة أو جرعتين؛ كان الفرق يبلغ (45 مم) لأنه عند استخدامها هذه المادة على ثلاث جرعات بهذه الكيفية وكأننا نجدد تنشيط الخرسانة، وإعطائها القوام المطلوب عند كل جرعة، فعلينا أن لا ننسى أيضا أن هذا النوع من الإضافة تقوم بإعطاء تشغيلية عالية عند عملها على جرعة كاملة حيث بلغت (250 مم) ومع مرور الزمن يتم فقد الهبوط بدرجة كبيرة مقارنة مع الإضافة Type G التي احتفظت بقوام مناسب لنفس تلك الفترة.



شكل 7: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة (Type A&F) عند جرعتين

- المادة المضافة من النوع الثالث مصنفة من قبل (ASTM C494 –Type A&F + Type G) حيث تم دمج هاذين النوعين من الإضافات في هذه الخلطة بحيث تم إضافة الإضافة Type A&F عند الدقيقة 13 ومن ثم تم إضافة الملدن Type G في أخر الزمن والمحاكي لزمن الوصول إلى الموقع وهي الدقيقة 103 ومراقبة ماحدث من سلوك مغاير لهبوط الخرسانة عن الخلطات السابقة.



شكل 8: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة (Type A&F) على ثلاث جرعات

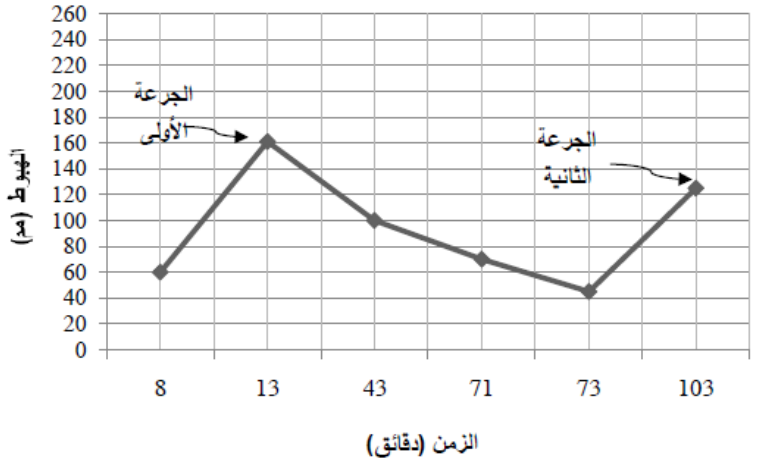
جدول 4: نتائج اختبار الهبوط للإضافة (Type A&F + Type G) عند كل زمن

الزمن (دقائق)	اختبار الهبوط	
	عند جرعتين	
	القراءة (مم)	وزن الجرعة المستخدمة (جم)
8	60	
13	161	65.61
43	100	
71	70	
73	45	
103	125	65.61

نلاحظ في هذه الخلطة من الجدول (4) والشكل (9) عند استخدام هاتين المادتين معاً ينتج هبوط اقل نسبيا مقارنة بالخلطات السابقة وذلك لأسباب ربما كيميائية منها:

- رفع درجة التشغيل بإضافة الماء بالموقع ، ولمحاكاة هذه الظاهرة تم تنفيذ خلطة لإنتاج هبوط للخرسانة باستخدام الماء فقط بدون أي نسب من الإضافات بهدف تحسين درجة التشغيل، حيث دعت الحاجة إلى زيادة كمية الماء للوصول إلى درجة التشغيل المنشودة في الموقع، وبعد زمن مقداره ساعة ونصف تم إضافة الماء والذي من المفترض أن يكون زمن الصب بالموقع كما يفعل بعض الأشخاص من أجل تعويض التشغيلية بدون دراية ما الذي يحدث

بعد إضافة تلك الكمية من الماء على خواص الخرسانة وخصوصاً مقاومة الضغط والشكل (11) يبين الانخفاض في المقاومة، والجدول (5) والشكل (10) يبين نتائج اختبار الهبوط.

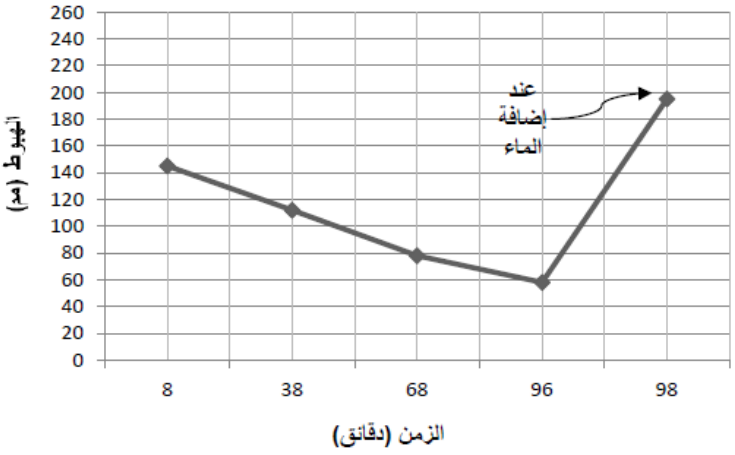


شكل 9: شكل الهبوط عند استخدام الإضافة نوع (Type A&F + Type G)

جدول 5: نتائج اختبار الهبوط للخلطة باستخدام المياه فقط

الزمن (دقائق)	اختبار الهبوط	
	عند استخدام المياه	
	القراءة (مم)	وزن الماء المستخدم (جم)
8	145	**(375+4471)
38	112	
68	78	
96	58	
98	195	770

** حيث أن 4471 (جم) هي كمية المياه الفعلية المحتوية عليها جميع الخلطات، و375 (جم) هي كمية المياه المضافة من أجل الحصول على الهبوط 145 (مم).



شكل 10: الهبوط عند إنتاج خلطة بالمياه فقط

عرض ومناقشة نتائج اختبارات الخرسانة وهي في الحالة المتصلدة

هناك عدة اختبارات تجرى على الخرسانة الصلبة وفي هذه الدراسة تم الاقتصار على اختباري الكثافة ومقاومة الضغط. والنتائج المتحصل عليها من هذه الاختبارات موضحة بالجداول(6-11) .

جدول 6: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للإضافة Type G (لعمر7 أيام)

الجرعات	المقاومة ($ن/مم^2$)	متوسط المقاومات ($ن/مم^2$)	الكثافة ($كجم/م^3$)	متوسط الكثافات ($كجم/م^3$)
عند جرعة واحدة	34.15	35.00	2388.15	2388.15
	35.55		2391.11	
	35.29		2385.18	
عند جرعتين	36.36	35.83	2388.15	2376.29
	36.13		2370.37	
	35.01		2370.37	
عند ثلاث جرعات	34.41	34.83	2364.44	2454.57
	34.88		2352.59	
	35.21		2646.67	

جدول 7: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للإضافة Type G (لعمر 28 يوم)

الجرعات	المقاومة ($ن/مم^2$)	متوسط المقاومات ($ن/مم^2$)	الكثافة ($كجم/م^3$)	متوسط الكثافات ($كجم/م^3$)
عند جرعة واحدة	45.84	45.00	2382.22	2397.03
	43.70		2400.00	
	46.37		2408.88	
عند جرعتين	44.34	45.48	2394.07	2383.20
	46.22		2379.25	
	45.90		2376.29	
عند ثلاث جرعات	45.21	44.16	2382.22	2374.32
	43.42		2376.29	
	43.86		2364.44	

جدول 8: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للإضافة Type A&F (لعمر 7 أيام)

الجرعات	المقاومة ($ن/مم^2$)	متوسط المقاومات ($ن/مم^2$)	الكثافة ($كجم/م^3$)	متوسط الكثافات ($كجم/م^3$)
عند جرعة واحدة	37.48	37.68	2438.51	2433.57
	37.80		2432.59	
	37.76		2429.62	
عند جرعتين	36.24	36.43	2408.88	2417.77
	36.66		2429.62	
	36.40		2414.81	
عند ثلاث جرعات	38.61	40.48	2394.07	2431.60
	40.89		2447.40	
	41.94		2453.33	

جدول 9: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للإضافة Type A&F (لعمر 28 يوم)

الجرعات	المقاومة (ن/مم^2)	متوسط المقاومات (ن/مم^2)	الكثافة (كجم/م^3)	متوسط الكثافات (كجم/م^3)
عند جرعة واحدة	49.05	48.61	2388.15	2388.15
	46.64		2391.11	
	50.13		2385.18	
عند جرعتين	46.13	46.13	2388.15	2376.29
	47.24		2370.37	
	45.21		2370.37	
عند ثلاث جرعات	50.43	50.66	2364.44	2454.57
	49.09		2352.59	
	52.46		2646.67	

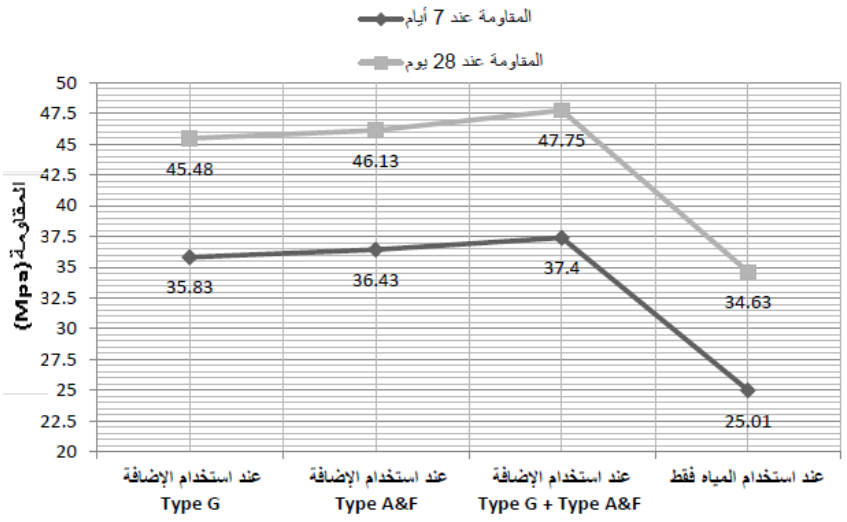
جدول 10: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للإضافة لعمر (7 أيام و28 يوم)

(Type G + Type A&F)

الجرعات	المقاومة (ن/مم^2)	متوسط المقاومات (ن/مم^2)	الكثافة (كجم/م^3)	متوسط الكثافات (كجم/م^3)
اختبار مقاومة الضغط والكثافة بعد (7 أيام)				
عند جرعتين	36.51	37.4	2408.89	2417.78
	37.94		2429.63	
	37.35		2414.81	
اختبار مقاومة الضغط والكثافة بعد (28 يوم)				
	48.38	47.75	2405.92	2412.84
	47.67		2423.70	
	47.21		2408.89	

جدول 11: نتائج اختبار مقاومة الضغط والكثافة للمكعبات للخلطة المستخدمة بدون إضافات لعمر (7 أيام) و(28 يوم)

كمية المياه	المقاومة (ن/مم^2)	متوسط المقاومات (ن/مم^2)	الكثافة (كجم/م^3)	متوسط الكثافات (كجم/م^3)
اختبار مقاومة الضغط والكثافة لعمر (7 أيام)				
عند مرحلتين	24.97	25.01	2420.74	2414.81
	24.19		2414.81	
	25.88		2408.89	
اختبار مقاومة الضغط والكثافة لعمر (28 يوم)				
	35.60	34.63	2408.89	2406.91
	34.67		2405.92	
	33.64		2405.92	



شكل 11: تمثيل نتائج اختبار مقاومات الضغط لجميع الخلطات التي تم تنفيذها

الاستنتاجات

بناءً على ما تم عرضه من نتائج اختبارات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة العادية والخرسانة الطرية والمتصلدة، تم استنتاج الآتي:

- استخدام مواد مطابقة للمواصفات والمنتجة للخرسانة تساعد بشكل كبير على تناسق شكل الخلطة والاحتفاظ بقوامها.
- زيادة درجة الحرارة وزمن النقل من أهم العوامل التي تؤثر على خصائص الخرسانة، أي انه كلما زادت درجة الحرارة وزمن النقل أثر سلبا على درجة تشغيلية الخرسانة وذلك من واقع العلاقات البيانية والنتائج المتحصل عليها.
- استعمال الإضافات الكيميائية (الملدنات) تعمل على إطالة فترة قوام الخرسانة وذلك عند استخدامها بطرق محددة ومدروسة، حيث بفضل هذه الملدنات يتم تقليل نسبة الماء التي غالبا ما يستعمل من أجل تعويض الفاقد في درجة التشغيلية.
- من خلال اختبار درجة التشغيل الذي أجري للمادة (Type G) تم الحصول على أفضل هبوط والذي بلغ (178 مم) عند استخدامها على جرعة كاملة من البداية مقارنة باستخدامها على جرعتين وعلى ثلاث جرعات، حيث بلغ الفرق في درجة الهبوط عند استخدامها على ثلاث جرعات 20 مم ولكن هذا الفرق لا يعتبر شاسع ولهذا يمكن القول أن هذا النوع من الإضافة يمكن استخدامه على الجرعات المذكورة دون أي خسارة واضحة في درجة التشغيل.
- سلوك الإضافة نوع (Type A&F) تعطي أطول مدة هبوط عند استخدام هذه المادة على ثلاث جرعات، والذي بلغ 175 مم وذلك إذا ما تم مقارنته بالهبوط الناتج عند إضافة هذه المادة على

جرعة واحدة أو جرعتين، كان الفرق يبلغ (45 مم) . تمكين خاصية هذه المادة في أنها تقوم بتسريع زمن شك الخرسانة مقارنة بالإضافة (Type G) التي احتفظت بقوام مناسب طيلة فترة الدراسة.

- عندما تم دمج المادتين (ASTM C494 –Type A&F + ASTM C494 -Type G) اعطت هبوط أقل مقارنة عند استخدام كل إضافة على حدة عند كل خلطة.
- إن إضافة الماء غير المدروسة في الموقع تؤدي إلى تداعيات سلبية على خواص الخرسانة من أهمها انخفاض مقاومة الخرسانة للضغط، حيث أنها انخفضت بحوالي 30% للوصول إلى نفس الهبوط المنشود مقارنة بالخلطات التي رفعت درجة تشغيليتها بواسطة الإضافات.

المراجع

[1] عبد الباسط عبدا لله التركي، لطفي عبد السلام القروي،" تأثير زمن النقل على بعض خواص الخرسانة في ليبيا" –المؤتمر الوطني الأول لمواد البناء والهندسة الإنشائية 2002– صفحة (258-248).

[2] BS 882:1992 Specification for aggregates from natural sources for concrete.

[3] المواصفات الليبية: 82/251 (تحدد طريقة إجراء الاختبار)، 82/250 (تحدد طريقة أخذ العينات).

[4] American Society for Testing and Materials (ASTM C494)

[5] Sikment_R2002، (ASTM C494 - Type G)، sika co.

[6] Sikment_163 (ASTM C494 -Type A&F), sika co.

[7] American Society for Testing and Material, (C143/C143M-12) Standard Test Method for slump of Hydraulic cement concrete.