تأثير إضافة الياف البولي بروبلين بطول (6مم) وبطول (18مم) على خواص الخرسانة

ا. فاطمة محمد مسعود ابوجبهة

عضو هيئة تدريس

كلية الهندسة– جامعة الزيتونة

fatmaabojbha@yahoo.com

الملخص:

تهدف هده الدراسة لدراسة ومقارنة بعض الخواص لعينات مختلفة من الخرسانة، بإضافة الياف البولي بروبلين بطول (6و18) مليمتر ، ومدي قدرة الخرسانة وتحولها الي مادة اكثر جودة ومقاومة لبعض الخواص حيث ان التسليح بالألياف هو احد الحلول التي تستعمل بكثرة لتحسين مقاومة الضغط والشد للخرسانة , هناك أنواع مختلفة من الالياف التي تستعمل لتسليح الخرسانة مثل الياف الحديد ، البولي بروبلين ، البولستير والالياف الزجاجية ، في هده الدراسة تمت دراسة تأثير إضافة الياف البولي بروبلين بطول (6و18) مليمتر علي خواص الخرسانة المتصلدة والمقارنة بين نتائج العينات ، من حيث مقاومة الضغط والشد وقابلية التشغيل وتمت إضافة الالياف بنسبة (0.009غرام) من حجم الخرسانة للتعرف علي خواص خرسانية جديدة بإضافة هده النسب وهل يمكن استعمالها بعد الان في الحياة العملية ومدي التوسع والتطور العلمي في هدا المجال.

تمهيد:

الخرسانة عبارة عن خليط غير متجانس من الركام والاسمنت والماء مع بعض الفراغات ويمكن إضافة بعض المواد الأخرى (الإضافات) للحصول على خواص معينة، يتم اختيار نسب هده المواد في الخلطة الخرسانية حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة.

تعتبر الخرسانة مادة البناء الأساسية لإنجاز المباني والمشروعات البنية التحتية في مناطق العالم ودلك لتوفير مكوناتها الأساسية بتكلفة اقل مقارنة مع المواد الانشائية الأخرى مثل المنشآت الحديدية، بالإضافة لملامتها لمختلف الظروف المناخية، ونتيجة لزيادة الطلب على هده المادة فقد اهتمت الدراسات بتطوير صناعتها وإنتاج أنواع جديدة منها تتميز بمواصفات وخواص عالية الجودة مثل الخرسانة عالية الأداء والخرسانة عالية المقاومة.

تعددت الحلول والهدف واحد الا وهو الحفاظ على البيئة بطريقة عقلانية يتم فيها الاســـتفادة من كل ما هو مضـــر بها، نظرا للتطور التكنولوجي الدي نحن بصـــدده اليوم، وتعد بقايا المخلفات الطبيعية او الصناعية سواء كانت من الخشب، الفولاذ او الزجاج او البلاستيك، من المواد التي تسبب تلوث في المحيط البيئي في حال تلفها. وحاولت الدراسات الخاصة بالهندسة الانشائية ان تستفيد من استخدام أنواع مختلفة من الياف هده المواد بإضافتها الي الخرسانة لإنتاج خرسانة عرفت بخرســـانة الالياف(Reinforced concrete fiber) وبينت هده الدراســـة ان الالياف ســاعدت علي زيادة كفاءة الخرســانة وتحويلها الي مادة اكثر توحدا في خواصــها اكثر مطوليه وبالتالي زيادة جودتها من ناحية الميكانيكية مثل زيادة اجهادات الشد والصلابة ومقاومة الاحتكاك ، وهدا التحسين في خواصها ادي الي زيادة مقاومتها للأحمال وكدلك وجود الالياف في الخرسانة أثر في تقليل التشققات الناتجة عن التحميل والانكماش اللدن.

أهمية واهداف الدراسة:

الهدف الأساسي من هده الدراسة هو تحديد إمكانية الحصول على خرسانة مسلحة بألياف البولي بروبلين، ودلك باســـتخدام مواد محلية في تنفيذ الخلطات الخرســـانية، وتتضـــمن هده الدراســـة الأهداف الاتية:

أ- دراســـة تـأثير إضـــافة الياف البولي بروبلين طول (6و18) مليمتر على الخواص الميكانيكية للخرسانة التشغيلية ومقاومة الضغط والشد للخرسانة العادية.

ب- مقارنة خواص الشـد ومقاومة الانضـغاط والتشـغيلية للخرسـانة العادية بنفس الخواص للخرسانة المعالجة بالألياف.

ت- معرفة أفضل خلطة من الخلطات بإضافة الياف البولي بروبلين.

ث-التشجيع على إعادة تدوير المخلفات البلاستيكية وتحويلها الي الياف.

ج- مدب الاستفادة من استخدام هده المواد واستعمال هده التقنية في تنفيذ مشاريع الانشاء ومشاريع البنية التحتية.

منهجية الدراسة:

تضمنت هده الدراسة عدة محاور منها:

أ- استجلاب مواد الخلطة الخرسانية في حدود المواصفات الليبية.

ب- تنفيذ خلطات خرسانية بإضافة نسب ثابتة من الياف البولي بروبلين لكلا الطولين(6و18) مليمتر ونسبة الماء ثابتة الس الاسمنت الي مكونات الخلطة الخرسانية.

ت- تنفيذ مجموعة من الاختبارات المعملية والتي من شانها تحديد وتوضيح خواص الخرسانة (التشغيلية، مقاومة الضغط، مقاومة الشد، والكثافة).

ث- دراسة وتحليل النتائج المتحصل عليها من الاختبارات المنفذة ومقارنتها بالمواصفات دات العلاقة.

البرنامج العملي:

المكونات الأساسية للخلطة الخرسانية:

الخلطة الخرسانية والتي يمكن تعريفها على انها عملية اختيار مكونات ملائمة للخرسانة وتحديد كميتها النسبية لغرض انتاج خرسانة اقتصادية قدر المستطاع، وتتكون الخلطة الخرسانية من الاسمنت البورتلاندي العادي والركام بنوعيه الناعم والخشن مع إضافة الماء، بالإضافة الي الإضافات الأخرى (البولي بروبلين 6 و18 مم)

الاسمنت:

تم استخدام اسمنت بوتلاندي عادي من انتاج مصنع الاتحاد العربي للأسمنت وهو مطابق للمواصفات الليبية م. ق.ل(340:2009).

الركام الناعم:

الركام الناعم المستخدم هو رمل السايح واجري عليه اختبار الوزن النوعي ونسبة الامتصاص واختبار معاير النعومة ضمن المواصفات الامريكية (ASTM-C172).

حيث تم احتساب الوزن النوعي وكان (2.68)، ونسبة الامتصاص كانت (0.22%) وكان معامل النعومة للركام الناعم (1.3).

الركام الخشن:

تم استخدام ركام خشن بمقياس اعتباري الأكبر 19 مم. تم استخدام خليط من الركام الخشن من نوعين 15 مم و10مم بنسب خلط (28.6%من 15مم) و(71.4%من نوع10 مم) ودلك

للحصـــول على تدرج حبيبي جيد وداخل المواصـــفات واجري اختبار الوزن النوعي ونســـبة الامتصـــاص، اختبار معامل التهشـــيم، اختبار معامل الصـــدم واختبار التحليل المتخلي للركام واتضح ان العينة مطابق للمواصفات الامريكية (ASTM-C172)

حيث كانت النتائج كلا من الوزن النوعي (2.65)، نسبة الامتصاص (1.8%)، معامل الصدم (26.55%)، معامل التهشيم (27.7%)، التحليل المتخلي للركام الخشن مقاس (10و15) مم كما هو موضح في الجدول (1)و(2)

الجدول (1) يوضح التحليل المتخلي للركام الخشن مقاس (10مم)

مقاس فتحة المنخل(مم)	وزن المحجوز (جم)	الوزن التراكمي للمحجوز (جم)	النسبة المئوية للتراكمي المحجوز (%)	النسبة المئوية للمار (%)	حدود المواصفة الليبية (49/2022)
19	–	–	–	–	100-90
14	308.4	308.4	14.06	85.94	80-40
10	1553.05	1861.45	84.85	15.14	60-30
5	251.9	2113.35	96.33	3.66	10-0
الوعاء	80.35	–	–	–	–
– الوزن الكلي للعينة = 2193.7جرام					
– المتبقي في الوعاء = 3.66%					

الجدول (2) يوضح التحليل المتخلي للركام الخشن مقاس (15مم)

مقاس فتحة المنخل(مم)	وزن المحجوز (جم)	الوزن التراكمي للمحجوز (جم)	النسبة المئوية للتراكمي المحجوز (%)	النسبة المئوية للمار (%)	حدود المواصفة الليبية (49/2022)
19	80.6	80.6	3.79	96.21	100-90
14	1644	1724.6	81	19	80-40

10	379.6	2104.2	98.92	1.08	60−30
5	14.6	2118.8	99.6	0.4	10−0
الوعاء	8.35	−	−	−	−
− الوعاء الكلي للعينة = 2127.15جرام					
− المتبقي في الوعاء = 0.4%					

وكانت النتائج ضمن المواصفات الليبية.

الياف البولي بروبلين:

استخدمت الياف (100%) من البولي بروبلين (6و18 مم) على شكل شعيرات منفردة واضيفت بنسبة (0.9جرام) للمتر المكعب الواحد واضيفت هده النسبة على عينتين. والجدول (3) يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية لألياف البولي بروبلين.

الجدول (3) يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية لألياف البولي بروبلين.

الكثافة	910كجم/م3
الامتصاص	صفر
درجة الذوبان	160C
درجة الاشتعال	365C
التوصيل الحراري	ضعيفة
التوصيل الكهربائي	ضعيفة
مقاومة الاحماض	عالية
مقاومة القلوية	%100
مساحة محددة	250كجم/م2
بلد الصنع	مصر
الكمية المستخدمة	0.9كجم/م3

الماء:

الماء المستخدم هو الماء المستعمل في معمل الخرسانة ومقاس بالوزن وهو ماء صالح للشرب خالي من المواد العضوية والشوائب.

اعداد العينات:

تم اعداد 3 خلطات خرسانية، خلطة مرجعية (بدون إضافات)، وخلطتين بالإضافات(6و18) مم

خطوات تصميم الخلطة:

صممت الخلطة الخرسانية حسب المواصفات الامريكية (ASTM–C172) وبدأت عملية التصميم بتحديد قيمة الهبوط حسب نوع العنصر الانشائي المراد تصميمه وأخذناها من (25–75) مم، وحسب المقاس الاعتباري الأكبر(19مم) نجد ان وزن المتر المكعب للخرسانة الواحد هو(2345كجم/م3) وتم تحديد وزن الماء في المتر المكعب وهي (205كجم)، اما نسبة الماء للأسمنت (W/C) تم اختيارها على أساس المقاومة بعد 28 يوم (25 mpa) وكانت النسبة (0.61)

نقوم بإيجاد وزن الاسمنت عن طريق المعادلة الاتية:

نسبة الماء للأسمنت =W/C

W=وزن الماء=205كجم.

C= وزن الاسمنت.

C= 205/0.61=366 كجم.

حسب المواصفات وحسب المقاس الاعتباري الأكبر (19 مم) كان معاير النعومة (1.11) النسبة الحجمية للركام الخشن الجاف بوحدة الحجوم للخرسانة (0.66) من الركام الكلي.

نسبة الركام الخشن في الخلطة = 1487.06*0.66= 981.45كجم.

حيث 1487.06كجم هو وزن وحدة الحجوم طبقا للمواصفات الامريكية (ASTM–C172).

بعد دلك نوجد وزن الركام الناعم عن طريق الوزن الكلي للمتر المكعب ودلك بطرح اوزان الاسمنت الماء والركام الخشن من الوزن الكلي (2345كجم/م3).

وزن الركام الناعم=2345– 981.45–336–205=822.55كجم

والجدول (4) يوضح اوزان مواد للخلطة الخرسانية دات نسبة الماء للأسمنت (0.61)

وحدة القياس	ماء	اسمنت	ركام خشن	ركام ناعم
كجم/م3	205	336	981.45	822.55
النسب	0.61	1	2.92	2.45

ملاحظة: قمنا بإضافة الياف البولي بروبلين مقاس (6 و18) مم بنسبة 0.383% ل0.9ج/م3 لتحسين الخواص الميكانيكية للخرسانة.

الأجهزة المستخدمة:

الميزان– الخلاطة الكهربائية.

الاختبارات التي تم اجراؤها:

اختبار الهبوط –اختبار مقاومة الضغط – اختبار مقاومة الشد.

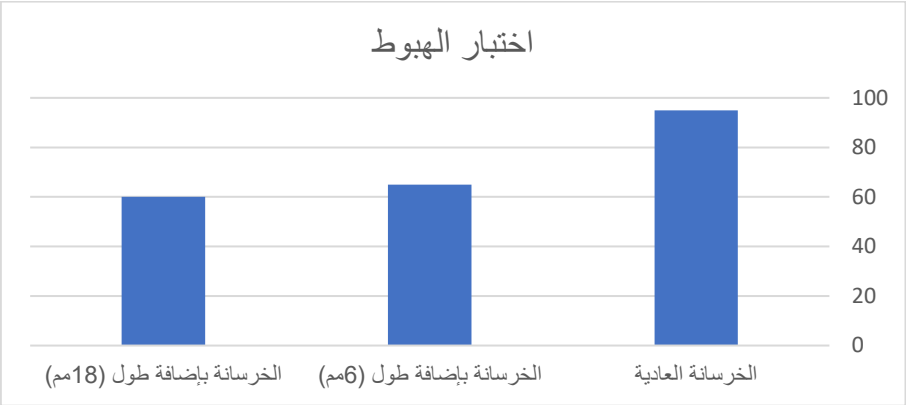
النتائج:

نتائج اختبار الهبوط:

اتضح من خلال معاينة تصرف الخرسانة اثناء خلطها وفي عملية الصب، انه كلما زادت نسبة البولي بروبلين كلما قلت تشغيلية الخلطة تقل قابليتها للانسياب وهدا واضح في نتائج اختبار الهبوط وتم اجراء الاختبار لجميع الخلطات الخرسانية كما في الجدول (5). مقدار الهبوط يزداد بزيادة نسبة الماء للأسمنت، بينما يقل الهبوط بزيادة نسبة البولي بروبلين في الخلطة ودلك بسبب قدرة الخرسانة على التماسك وزيادة المساحة السطحية للخرسانة.

الجدول (5) يوضح نتائج اختبار الهبوط للخرسانة.

العينة	الخرسانة العادية	الخرسانة بإضافة طول (6مم)	الخرسانة بإضافة طول (18مم)
قيمة الهبوط(مم)	95	65	60



الشكل (1): يوضح الغلاقة بين نسبة البولي بروبلين وقيمة الهبوط.

نتائج اختبار مقاومة الضغط:

تم اجراء اختبار الضغط علي ست عينات لكل خلطة خرسانية (صفر –6مم–18مم) بعد 7 أيام وبعد28 يوم، وكانت متوسط النتائج كالتالي:

الجدول (6): يوضح متوسط نتائج اختبار الضغط لخلطة خرسانية بدون إضافات ل(7و28 يوم)

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الضغط (MPA)	الوزن (KG)
متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	304.333	17.167	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	461.11	26	12.7

الجدول (7): يوضح متوسط نتائج اختبار الضغط لخلطة خرسانية بإضافة الياف البولي بروبلين طول (6مم) بنسبة (0.9g) لعمر (7–28) يوم.

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الضغط (MPA)	الوزن (KG)

متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	329.33	18.76	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	498.98	28.42	12.7

الجدول (8): يوضح متوسط نتائج اختبار الضغط لخلطة خرسانية بإضافة الياف البولي بروبلين طول (18مم) بنسبة (0.9g) لعمر (7–28) يوم.

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الضغط (MPA)	الوزن (KG)
متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	361.667	20.456	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	547.979	30.994	12.7

نتائج اختبار مقاومة الشد:

تم اجراء اختبار الشـــد للخرســـانة العادية والمســـلحة بألياف طول (6و18) مم والنتائج كانت كالتالي:

الجدول (9): يوضح نتائج اختبار مقاومة الشد لعمر (7–28) يوم لمتوسط 3 عينات لخلطة خرسانية بدون إضافات.

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الشد (MPA)	الوزن (KG)
متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	304.333	1.496	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	461.11	2.267	12.7

الجدول (10): يوضح نتائج اختبار مقاومة الشد لمتوسط 3 عينات لخلطة خرسانية بإضافة البولي بروبلين بطول (6مم) للخلطة الخرسانية لعمر (7–28) يوم.

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الشد(MPA)	الوزن (KG)
متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	332	1.64	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	502.86	2.48	12.7

الجدول (11): يوضح نتائج اختبار مقاومة الشد لمتوسط 3 عينات لخلطة خرسانية بإضافة البولي بروبلين بطول (18مم) للخلطة الخرسانية لعمر (7–28) يوم.

العينة	W/C	الحمل (KN)	مقاومة الشد (MPA)	الوزن (KG)
متوسط 3عينات لعمر 7 ايام	0.61	361.667	1.78	12.7
متوسط 3 عينات لعمر 28 يوم	0.61	547.979	2.696	12.7

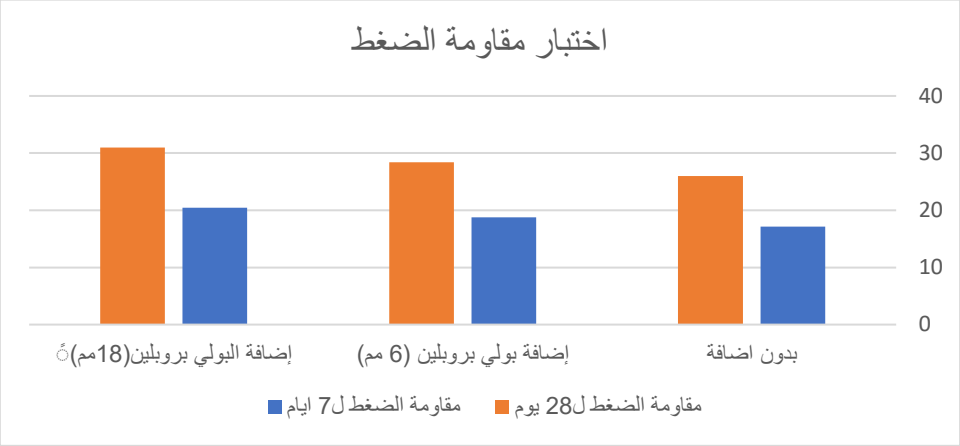
المقارنة بين النتائج:

اختبار مقاومة الضغط:

الجدول (12): يوضح مقارنة نتائج اختبار مقاومة الضغط.

نوع الخرسانة	مقاومة الضغط ل7 ايام	مقاومة الضغط ل28 يوم

بدون اضافة	17.167	26
إضافة بولي بروبلين (6 مم)	18.76	28.42
إضافة البولي بروبلين(18مم)	20.456	30.994

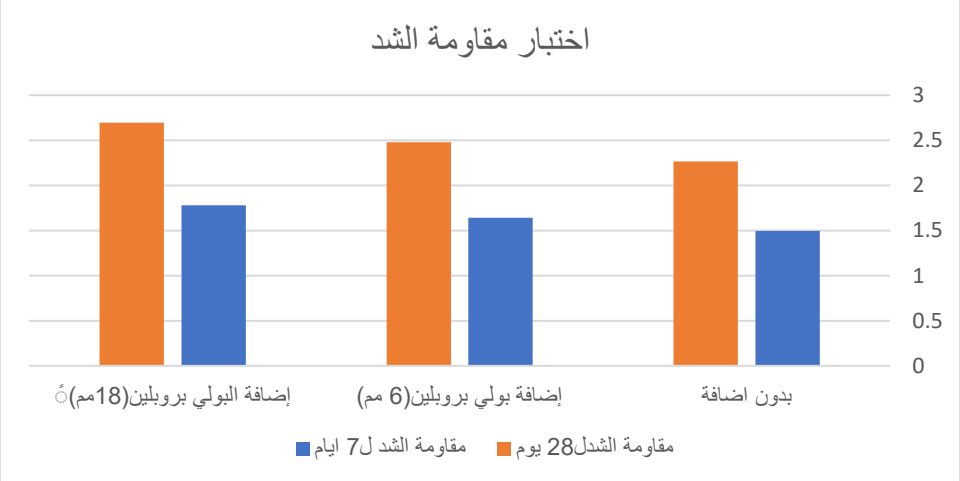


الشكل (2) : يوضح العلاقة بين نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط وأنواع الخلطات الخرسانية لمدة (7-28) يوم

اختبار مقاومة الشد:

الجدول (13): يوضح مقارنة نتائج مقاومة الشد.

نوع الخرسانة	مقاومة الشد ل7 ايام	مقاومة الشدل28 يوم
بدون اضافة	1.496	2.267
إضافة بولي بروبلين(6 مم)	1.64	2.48
إضافة البولي بروبلين(18مم)	1.78	2.696

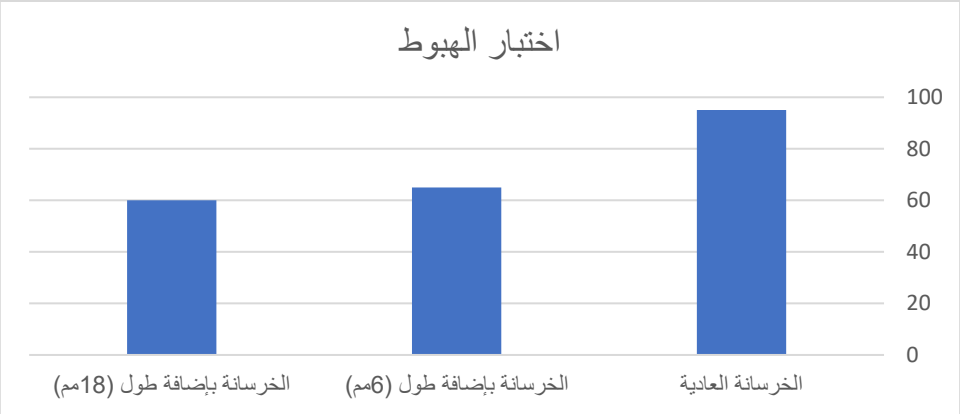


الشكل (3): يوضح العلاقة بين نتائج اختبار الشد للخرسانة وأنواع الخلطات الخرسانية لمدة (7–28) يوم.

اختبار الهبوط:

الجدول (14) : يوضح مقارنة اختبار الهبوط.

العينة	الخرسانة العادية	الخرسانة بإضافة طول (6مم)	الخرسانة بإضافة طول (18مم)
قيمة الهبوط(مم)	95	65	60



الشكل (4): يوضح الغلاقة بين نسبة البولي بروبلين وقيمة الهبوط.

شكر وتقدير:

قام الطلبة محمد فرج مصـــباح التوغارو علي محمد ابوبكر الكيلاني وروان جمال الدين حيدر بإجراء الدراسة المعملية وتنفيذ الخلطات الخرسانية ضمن برنامج استكمال دراسة البكالوريوس بقسم الهندسة المدنية بجامعة الزيتونة–سوق الاحد لسنة 2017 وقد بدلوا جهدا يستحقون عليه الثناء.

الخلاصة:

اختصت هده الدراسة بإمكانية إضافة نسب من البولي بروبلين بطولين (6 و18) مم للخلطة الخرسانية بحيث نحصل على خرسانة دات خواص أفضل مع دراسة كل خلطة وخواصها وتم التوصل الي الاستنتاجات الاتية:

1- تساهم عملية استخدام نسب من البولي بروبلين بطول (18مم) في تحسين مقاومة الضغط للخرسانة بعد 28 يوم فكانت نسبة الزيادة 3MPA بالمقارنة مع العينة المرجعية، اما في حالة استخدام طول (6 مم) فكانت الزيادة 1.5MPA
2- تشغيلية الخلطة لاتتاثر كثيرا بنسبة البولي بروبلين المضافة بطول (18مم)، بحيث نلاحظ ان التشغيلية تقل بنسبة أكبر قليلا من طول (6مم) بنسبة صغيرة مقدارها 35مم بزيادة نسب البولي بروبلين والفرق بينهما (5مم) وتستعمل لمقاومة الضغط في خرسانة المباني.
3- تشغيلية الخلطة لا تتاثر كثيرا بنسبة البولي بروبلين المضافة بطول(6مم) حيث نلاحظ ان التشغيلية تقل بنسبة صغيرة مقدارها 30مم بزيادة نسب البولي بروبلين ويمكن ان تستعمل لمقاومة التشققات السطحية.
4- العلاقة طردية بين نسبة البولي بروبلين وتحميلة الشد. والعكس صحيح.
5- تتغير كثافة الخرسانة بنسبة البولي بروبلين المضاف لكلا الطولين (6و18) مم بنبة صغيرة جدا ولا تؤثر على وزن الخرسانة.
6- أفضل أنواع الخلطات المتحصل عليها هي خلطة دات طول (18مم) بإضافة الالياف بنسبة 0.00383 وهي 0.9جرام/م3 حيث كانت الزيادة في مقاومة الضغط 3MPA مقارنة بالخلطات الأخرى، أيضا التشغيلية تعتبر جيدة حيث لا تتأثر التشغيلية كثيرا بنسبة البولي بروبلين المضافة.

التوصيات:

توسيعا للبحث في هدا المجال يتم اقتراح جملة من التوصيات أهمها:

1- اجراء المزيد من الاختبارات على الخواص الفيزيائية للخرسانة من أهمها العزل الحراري.
2- اجراء دراسة على ديمومة خرسانة الالياف البولي بروبلين وقدرة مقاومتها لعوامل التعرية.
3- اجراء دراسة على قدرة الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين في مقاومة الحرائق.

4- اجراء دراسة بنسب إضافة الياف البولي بروبلين اخري لمعرفة تأثير النسب الأخرى على خواص اللدنة والمتصلدة للخرسانة، كما يجب الأخذ في الاعتبار انه عند استخدام نسب عالية من الالياف إضافة ملدنات مع الخلطة لتحسين التشغيلية.

5- اجراء دراسة على إعادة تدوير المخلفات البلاستيكية وتحويلها الي الياف لاستخدامها في الخرسانة دات الالياف.

المراجع:

1- تقنيات الخرسانة، تأليف أ/محمد عبد الله الدراسية/ عدلي محمد عبد الهادي.

2- هندسة وتكنولوجيا الخرسانة، اعداد/م. شريف فتحي الشافعي.

3- محمود الامام: كتاب الخرسانة، كلية الهندسة جامعة المنصورة ،2012ف اعداد / م. لالة عائشة عبد القادر الشريف، / اد عادل الويفاتي، د، عادل الجيلاني.

4- تأثير استخدام الالياف الحديدية في تحسين خواص الخرسانة المعرضة للحرارة العالية " مشروع رسالة ماجستير، كلية الهندسة جامعة طرابلس، 2012. اعداد/م. عائشة عبد القادر الشريف /أ.د. عادل الويفاتي، /د. عادل الجيلاني.

5- المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة (2009ف) الخاصة بالأسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية – طرابلس.

6- Properties of Concrete A M Neville /principal and vice-Chancellor of the University of Dundes. / Formerly head of Department of Civil Engineering. /Leads University.

7-Mindiess, S., young, J,F,and D.,"Concrete", Second Edition, Pearson Education Ltd., New jersey,2003.

8- Shetty, S.M. ,"Concrete Technology" ,S. Chand and Company Ltd,pp 44-55.

9-American concrete institute " ACI544. 1R: State-of-the-Art report on Fiber Reinforced Concrete" ,1996

10- (ASTM- C172)المواصفات الامريكية