

## Properties Changes of (cement-sand-soil) mix and reinforced by polypropylene fibers have changed in terms of mixing ratios

Dr. Imad Fadel<sup>1</sup>

(Received 31 / 10 / 2017. Accepted 1 / 3 / 2018)

### □ ABSTRACT □

Cement is usually used to support sand soils or clay, to increase its mechanical and physical properties. In this case, cement is used with low weight ratios of not more than 20% of the soil weight, depending on the case and characteristics of soil studied.

Polypropylene fibers significantly improve the properties of (cement-sand soil)mix when used in specific proportions. It is noted that the increase in the cement ratio lead to increase the physical and mechanical properties of the mixture, while polypropylene fibers play a similar role, but even a certain percentage of the addition (unlike cement).

This research deals with changing the characteristics of (cement-sand soil) mix which is supported by polypropylene fibers, by changing the proportions of the components involved. This study indicate to improve (simple compressive strength, bending strength), and low value of absorption, and Specific gravity (bulk, SSD), which are the most influential characteristics of the performance of the soil under the influence of different loads (transferred from buildings to foundation soil, Moved from the carriages to the foundation layers and below the foundation)

**Key words:** Sand Soil, cement/soil, The optimum PPF, simple compressive strength, bending strength, Specific gravity, absorption.

---

<sup>1</sup> Associate Professor, Department of Managing and Constructing Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## تغير خصائص مزيج الإسمنت والتربة الرملية والمدمع بألياف البولي بروبيلين بدلالة نسب المزج

الدكتور عماد فاضل<sup>2</sup>

(تاريخ الإيداع 31 / 10 / 2017. قُبل للنشر في 1 / 3 / 2018)

### □ ملخص □

نلجأ عادة لاستخدام الإسمنت عند الحاجة لتقوية الترب الرملية أو الترب الغضارية، و ذلك لرفع خصائصها الميكانيكية و الفيزيائية، يُستخدم في هذه الحالة الإسمنت بنسب وزنية منخفضة لا تتجاوز الـ 20% من وزن التربة بحسب الحالة و مواصفات التربة المدروسة.

تُحسن ألياف البولي بروبيلين بشكل ملموس من خصائص مزيج الإسمنت و التربة الرملية عند استخدامها بنسب محددة. مع الإشارة إلى أن زيادة نسبة الإسمنت المستخدم تحسن بشكل طبيعي و مطرد الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للمزيج، فيما تلعب ألياف البولي بروبيلين دوراً مماثلاً و لكن حتى نسبة محددة من الإضافة خلافاً للإسمنت. يعالج هذا البحث تغير خصائص مزيج الإسمنت و التربة الرملية و المدمع بألياف البولي بروبيلين بتغير نسب المكونات الداخلة فيه. إذ تتحسن المقاومة على الضغط البسيط، و الشد بالانعطاف، و تنخفض قيمة التشرب، و قيم الكتلة الحجمية الظاهرية و الصلبة، و هي الخصائص الأكثر تأثيراً على أداء التربة تحت تأثير الحمولات المختلفة أياً كانت، حمولات منقولة من الأبنية إلى ترب التأسيس، أم حمولات منقولة من العربات إلى طبقات الأساس و ما تحت الأساس و الطابق الترابي.

**الكلمات المفتاحية :** الترب الرملية، ألياف البولي بروبيلين، نسبة الإسمنت إلى الرمل، نسبة الألياف المثلى، الضغط البسيط، الشد بالانعطاف، الكتلة الحجمية، الامتصاص.

<sup>2</sup> أستاذ مساعد - قسم هندسة وإدارة التشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## مقدمة:

يستخدم في وقتنا الحاضر وعلى نطاقٍ واسعٍ الكثير من المواد لتسليح التربة (الجيوجريد، الجيوتكستيل،...)، حيث تم استخدام العديد منها في مجال الهندسة الجيوتكنيكية بهدف زيادة مقاومة ومتانة التربة [1]، لكن الحجم الكبير لهذه الإضافات يفرض مجموعة من الشروط لاستخدامها كضرورة توضعها أفقياً ومراعاة التباعد السليم فيما بينها. ونتيجةً لعدم إمكانية خلطها مع التربة بشكل متساوٍ، تتباين الخصائص الميكانيكية للتربة المسلحة [2, 3, 4]. تعتبر ألياف البولي بروبيلين مادة تسليح جديدة تُوفر مجموعة من المزايا: (مقاومة عالية، توزع جيد متجانس، سهولة الخلط مع التربة، تمنع تشكل سطوح ضعيفة نتيجة اتجاه التسليح وتباعده)، حيث تُحسن هذه الألياف بشكلٍ كبير الخواص الميكانيكية للتربة، وهذا ما دفع الكثير العلماء والمهندسين لتوجيه أبحاثهم نحو استخدام هذه التقانات الجديدة [5, 6, 7].

بالمقارنة مع مواد الجيوسنتيتك التقليدية (الجيوجريد، الجيوتكستيل...)، فإن استخدام ألياف البولي بروبيلين يوفر مزايا عديدة، حيث تتم إضافة ألياف البولي بروبيلين ببساطة وتُمزج عشوائياً مع التربة كما هو الحال عند خلط التربة مع الإسمنت أو الكلس، وتعمل هذه الألياف على تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة ليس لها أي تأثير على البيئة، وبسبب هذه المزايا ازداد الاهتمام بالتربة المسلحة بألياف البولي بروبيلين وشملت الدراسات الأخيرة اجراء تجارب عديدة ( اختبار الضغط الغير محصور، اختبار الـ CBR، اختبار القص المباشر) [8, 9, 10, 11].

في دراسة أجريت في الصين عام 2017 استخدم han وآخرون كلاً من الإسمنت البورتلاندي وألياف البولي بروبيلين لتقوية التربة الرسوبية، حيث تمت إضافة الإسمنت وفق ثلاثة نسب (6, 8, 10%) من وزن التربة الرسوبية، وعند كل نسبة من النسب السابقة تمت إضافة ألياف البولي بروبيلين بأطوال مختلفة (9, 12, 19mm) ووفق ستة نسب (1%, 0.8, 0.6, 0.45, 0.30, 0.15) من وزن التربة، ودراسة مقاومة الضغط للعينات المصممة المعرضة وغير المعرضة لشروط الغمر، حيث أبدت هذه العينات انكساراً هشاً مع زيادة نسبة الاسمنت، لكنه ومع زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين تحول هذا السلوك الهش (brittle) إلى سلوك أكثر مطاوعة (ductile) ثم إلى سلوك لدن (plastic)، وتوصلت الدراسة إلى أن الطول الأمثل لألياف البولي بروبيلين هو 12mm، وإلى أن النسبة المثلى لاستخدام هذه الألياف تقع ضمن المجال (0.3%-0.45%)، وذلك بسبب الحصول على أعلى قيمة مقاومة ضغط وشد عند تلك النسبتين [12].

درس Li وآخرون عام 2014 سلوك الشد للتربة الرملية المسلحة بألياف بولي بروبيلين ذات طول 12mm وتغير هذا السلوك بتغير نسبة هذه الألياف والكثافة الجافة العظمى ومحتوى الماء الأمثل، حيث تم دراسة تأثير خمسة نسب من ألياف البولي بروبيلين (0.2%, 0.15, 0.1, 0.05, 0) عند أربع محتويات ماء (14.5, 16.5, 18.5, 20.5%)، وأشارت هذه الدراسة إلى ازدياد مقاومة الشد مع زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين وصولاً إلى النسبة 0.2% التي ازدادت عندها مقاومة الشد بمقدار 65.7%، كما أشارت إلى زيادة مقاومة الشد مع ازدياد الكثافة الجافة العظمى وتناقصها مع زيادة محتوى الماء ويُعزى ذلك إلى ضعف الروابط بين جزيئات التربة مع زيادة محتوى الماء وكذلك إلى ضعف التفاعل الميكانيكي السطحي بين سطح هذه الألياف والتربة [13].

درس Kalantari وآخرون عام 2012 خصائص مقاومة الضغط للتربة الرملية المثبتة بالإسمنت البورتلاندي والمدعمة بألياف البولي بروبيلين (PPF)، حيث تم تحضير عينات الاختبار عند نسب مختلفة من الإسمنت (5, 10, 15, 20%) ونسب مختلفة من ألياف البولي بروبيلين (0.050.010, 0.15, 0.20, 0.40, 0.80%)،

ودراسة التغيرات الحاصلة على مقاومة الضغط بأعمار (7, 28) يوم، وأشارت هذه الدراسة إلى توزع ألياف البولي بروبيلين بشكل متجانس ضمن مزيج (الترية الرملية-اسمنت) وإلى تحسن الخصائص الميكانيكية للمزيج الناتج وزيادة قيمة مقاومة الضغط بعد التدعيم بألياف البولي بروبيلين حتى النسبة 0.20% [14].

درس TANG وآخرون عام 2007 تأثير ألياف البولي بروبيلين على السلوك الميكانيكي للترية الطينية المدعمة وغير المدعمة بالإسمنت، حيث تم تحضير 12 عينة من الترية عند نسبتين من الإسمنت (8%, 5%) من وزن الترية وثلاثة نسب من ألياف البولي بروبيلين (0.05, 0.15, 0.25%) من وزن الترية، وأجريت اختبارات القص المباشر والضغط البسيط عند أعمار (7, 14, 28) يوم، وأشارت هذه الدراسة إلى أن استخدام ألياف البولي بروبيلين في تسليح الترية المدعمة وغير المدعمة بالإسمنت يؤدي إلى زيادة مقاومة الضغط البسيط ومقاومة القص وقيمة الاجهاد المحوري وانخفاض الصلابة، وتكون هذه التغيرات أكثر وضوحاً للعينات المسلحة بالإسمنت والألياف معاً بالمقارنة مع حالة استخدام كل منهما بشكل مستقل، كما أشارت نتائج دراسة التفاعلات الكيميائية عند السطح الفاصل بين الترية وألياف البولي بروبيلين باستخدام المجهر الإلكتروني (SEM) إلى اختلاف سلوك هذا السطح للترية المدعمة بالإسمنت عن الترية غير المدعمة، وذلك بسبب تأثير الخصائص الميكروميكانيكية لهذا السطح بعوامل عديدة (خصائص المواد الرابطة في الترية، الاجهادات حول جسم الألياف، خشونة سطح الألياف، ومساحة منطقة الاتصال) [15].

في دراسة أجريت في الهند عام 2011، تحقق Chore وآخرون من امكانية استخدام ألياف البولي بروبيلين لتثبيت مزيج (الترية الرملية- الرماد المتطاير fly ash)، حيث تمت إضافة ألياف البولي بروبيلين بطول (6, 20mm) ووفق أربعة نسب (0, 0.5, 1, 1.5%) من وزن الترية ودراسة تأثيرها عند نسب مزج مختلفة من الرماد المتطاير والترية الرملية (25%, 35-65, 50-50, 75-25)، وأشارت هذه الدراسة إلى تناقص محتوى الماء الأمثل والكثافة الجافة العظمى مع زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين والحصول على قيمة قدرة التحمل الأعلى CBR عند النسبة المثالية 1% من ألياف البولي بروبيلين، كما أشارت نتائج اختبارات القص إلى ازدياد قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي عند النسبة 1% من الاضافة وتناقصها عند النسبة 1.5%، وتوصلت إلى أن الأداء الأفضل لمزيج (الترية الرملية- الرماد المتطاير) يتحقق عند نسبة مزج (50-50%) مع تحسن خواصه الهندسية عند اضافة ألياف البولي بروبيلين بطول 6mm وبنسبة 1% [16].

درس Yilmaz وآخرون عام 2007 خصائص مزيج (الرمال- الغضار) المدعم بألياف البولي بروبيلين، حيث تم مزج الرمل مع الغضار وفق ستة نسب (0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10%) من وزن الغضار، كما تمت اضافة ألياف البولي بروبيلين وفق أربعة نسب (0, 0.05, 0.5, 1%) من وزن الغضار واجراء سلسلة من الاختبارات (مقاومة الضغط البسيط، مقاومة الشد بالفلق، اختبارات الأداء) على العينات المشكلة من هذا المزيج عند محتوى الماء الأمثل والكثافة الجافة العظمى. وتوصلت هذه الدراسة أن نسبة مقاومة الشد بالفلق إلى مقاومة الضغط البسيط تتراوح بين (0.17-0.31) لجميع عينات (الغضار- الرمل- ألياف البولي بروبيلين)، وخلصت إلى أن مقاومة الضغط الأعلى تتحقق عند اضافة الرمل للغضار بنسبة 7.5% وتدعيمه بنسبة 1% من ألياف البولي بروبيلين [17].

## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث لدراسة التغيرات الحاصلة على المقاومة على الضغط البسيط، و الشد بالانعطاف، و قيم التشرب، والكتلة الحجمية الظاهرية و الصلبة عنداستخدام ألياف البولي بروبيلين لتسليح التربة الرملية المدعمة وغير المدعمة بالإسمنت.

## طرائق البحث ومواده:

### 1- مواد البحث Research materials:

- 1- اسمنت بورتلاندي صنف 32.5 مصدره معمل اسمنت طرطوس.
- 2- رمل ناعم مصدره مدينة القريتين.
- 3- ألياف البولي بروبيلين مستوردة من الخارج.

### 2- العمل المخبري Laboratory Job:

اعتمد في هذا البحث سلسلة من الاختبارات المحددة بالمواصفات التالية:

- 1- تجربة التحليل الحبي للرمل وفق المواصفة ASTM D.422-63.
- 2- تجربة المكافئ الرملي Sand Equivalent وفق المواصفة ASTM D.2419.
- 3- تجربة الكتلة الحجمية والامتصاص للمواشير المشكلة وفق المواصفة ASTM C.128.
- 4- تجربة إجهاد الشد بالانعطاف وفق المواصفة ASTM D.790-03.
- 5- تجربة المقاومة على الضغط البسيط ASTM C.109-90.

### 3- منهجية البحث:

في البداية تم تحديد خواص عينة الرمل بإجراء تجربة التحليل الحبي بهدف تحديد التوزع الحجمي لحبيبات الرمل وحساب معامل النعومة وتجربة المكافئ الرملي للتأكد من صلاحيتها للاستخدام في الأعمال الهندسية، وتحديد الخواص الفيزيائية لألياف البولي بروبيلين.

ثم تمت اضافة الإسمنت وفق أربعة نسب (5, 10, 15, 20%) من وزن الرمل (1700 gr)، وعند كل نسبة من النسب السابقة تمت اضافة ألياف البولي بروبيلين وفق ستة نسب (0, 0.05, 0.10, 0.20, 0.40, 0.80%) من وزن الرمل وذلك عند نسبة (W/C=0.485) ثابتة وفق المنهجية التالية: في البداية تم خلط الإسمنت والرمل مع بعضهما البعض بشكل بطيء لمدة دقيقة واحدة في الخلاط الآلي الخاص بمخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، ثم تمت اضافة الماء وألياف البولي بروبيلين وجرت عملية خلط المزيج ببطء ولمدة دقيقة ثم تم الخلط بسرعة أكبر ولمدة دقيقة، ثم تم تحريك المواد الملتصقة بقعر الخلاط وإعادة المزج لمدة 30 ثانية [14].

بعد ذلك تم استخدام المزيج الناتج لإعداد ستة مواشير بأبعاد (4×4×16cm) عند كل نسبة اضافة، حيث تم صبها على طبقتين مع رج كل طبقة وتسوية السطح النهائي للموشور، وبعد تركها لمدة 24 ساعة تم نزع القوالب وحفظ عينين في درجة حرارة المخبر (20±2 °C) لمدة 7 أيام، وعينين في درجة حرارة المخبر (20±2 °C) لمدة 28 يوم، وعينين مغمرتين في حوض مائي لمدة 28 يوم. وإجراء تجربة المقاومة على الضغط البسيط أربع مرات على أنصاف

المواشير وتجربة الشد بالانعطاف مرتين وذلك على العينات التي تم اعدادها عند كل نسبة اضافة، كما تم حساب قيم التشرّب والكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة للعينات المغمورة بالماء لمدة 28 يوم.

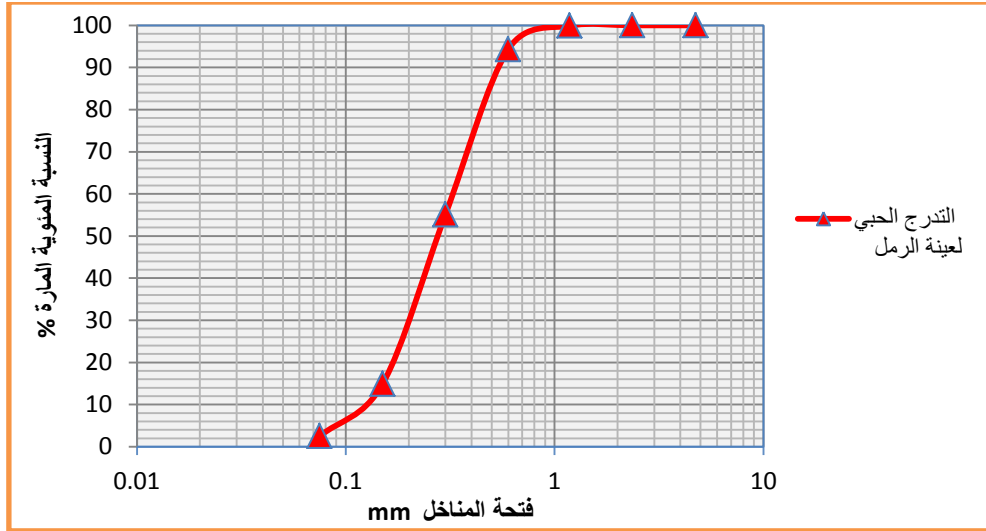
## النتائج والمناقشة:

### 1- تحديد خواص عينة الرمل:

#### (التدرج الحبي والمكافئ الرملي):

الجدول (1): التركيب الحبي لعينة الرمل.

| فتحة المنخل mm          | 4.75 | 2.36 | 1.18  | 0.6   | 0.3   | 0.15  | 0.075 |
|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| النسبة المئوية المارة % | 100  | 100  | 99.91 | 94.33 | 55.11 | 14.91 | 2.5   |
| معامل النعومة $M_f$     | 1.36 |      |       |       |       |       |       |
| المكافئ الرملي %        | 62.4 |      |       |       |       |       |       |



الشكل (1) منحنى التدرج الحبي لعينة الرمل المستخدمة في البحث

### 2- الخصائص الفيزيائية لألياف البولي بروبيلين:

الجدول (2): الخصائص الفيزيائية لألياف البولي بروبيلين:.

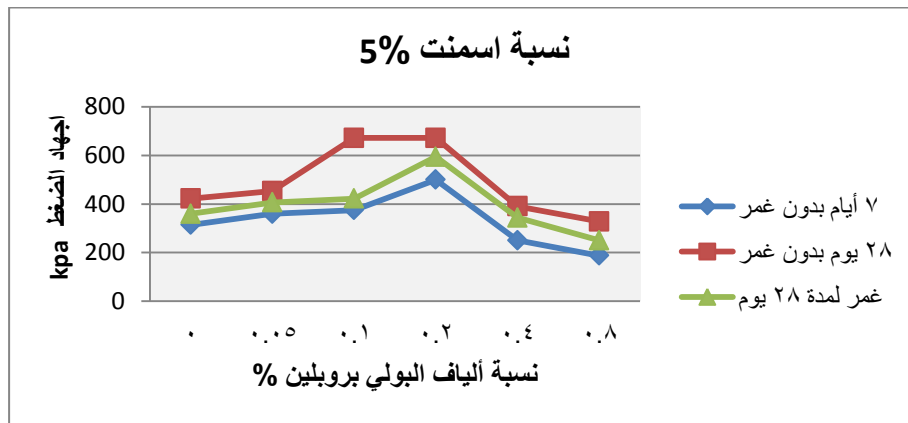
|           |                        |
|-----------|------------------------|
| 12 mm     | طول الليف              |
| 18 ميكرون | قطر الليف              |
| 160       | درجة الذوبان °C        |
| 0         | التمدد في الماء %      |
| 0.91      | الوزن النوعي $gr/cm^3$ |

## 3-4- اضافة الإسمنت بنسبة 5% من وزن الرمل:

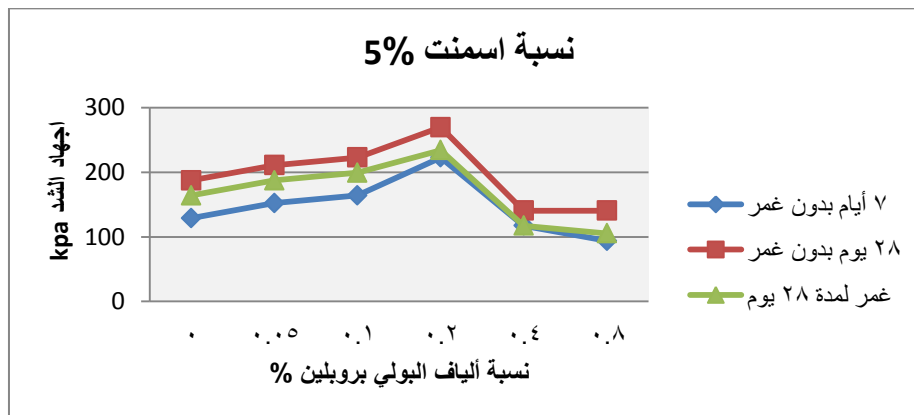
يُخلص الجدول (3) نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف على العينات المحفوظة بدرجة حرارة المخبر ( $20\pm 2$  °C) لمدة 7 أيام، والعينات المحفوظة بدرجة حرارة المخبر ( $20\pm 2$  °C) لمدة 28 يوم، والعينات المغمورة في حوض مائي لمدة 28 يوم، وذلك عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل، ونسبة  $(W/C=0.485)$ .

الجدول(3): نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل

| غمر لمدة 28 يوم |                 | 28 يوم بدون غمر |                 | 7 أيام بدون غمر |                 | نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa |   |
| 164.1           | 359.4           | 187.5           | 421.9           | 129             | 314.1           | 0   |
| 187.5           | 406.3           | 211             | 453.1           | 152.3           | 359.4           | 0.05                                      |
| 199.2           | 421.9           | 222.7           | 671.9           | 164.1           | 375             | 0.10                                      |
| 234.2           | 593.8           | 269.5           | 671.9           | 222.7           | 500             | 0.20                                      |
| 117.2           | 343.8           | 140.6           | 390.6           | 117.2           | 250             | 0.40                                      |
| 105.5           | 250             | 140.6           | 328.1           | 93.8            | 187.5           | 0.80                                      |



الشكل(2): المقاومة على الضغط البسيط عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل



الشكل(3): المقاومة على الشد بالانعطاف عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل



الشكل(4) المواشير المدعمة بألياف البولي بروبيلين بعد الكسر

نلاحظ من الأشكال السابقة ازدياد مقاومة الضغط والشد بالانعطف لمزيج (الرمل+ الإسمنت بنسبة 5%) مع ازدياد نسبة ألياف البولي بروبيلين وصولاً إلى النسبة المثالية للإضافة (0.20%)، ثم تبدأ مقاومة الضغط والشد بالتناقص من أجل نسب اضافة أكبر من (0.20%).

يُظهر الجدول(4) والشكل(4) نتائج اختبارات التشرب والكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة، حيث أشارت النتائج إلى انخفاض قيم الرطوبة والون النوعي الصلبة والمشبعة.

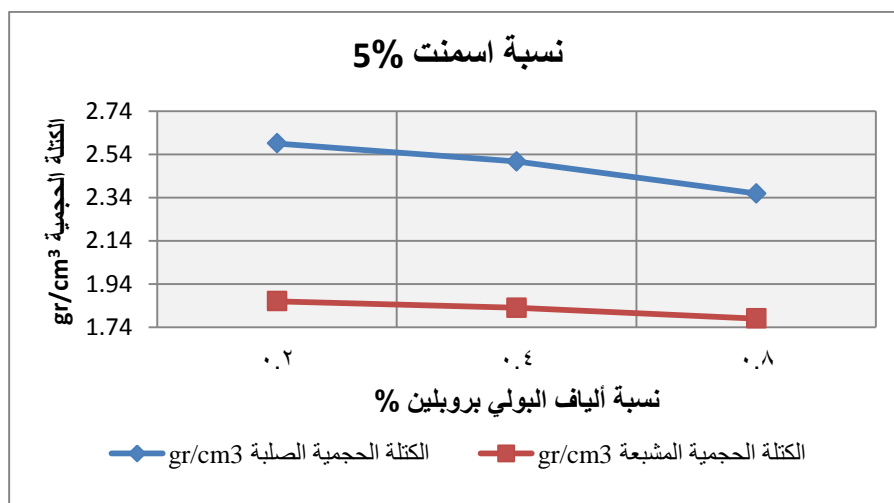
الجدول(4): نتائج تجارب التشرب الكتلة الحجمية للمواشير المشكّلة عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل

| نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % | التشرب % | الكتلة الحجمية الصلبة gr/cm <sup>3</sup> | الكتلة الحجمية المشبعة gr/cm <sup>3</sup> |
|---|----------|--|---|
| 0.20                                      | 31.4     | 2.591                                    | 1.861                                     |
| 0.40                                      | 32.6     | 2.507                                    | 1.831                                     |
| 0.80                                      | 32.7     | 2.359                                    | 1.781                                     |



الشكل(5) المواشير المغمورة في الماء





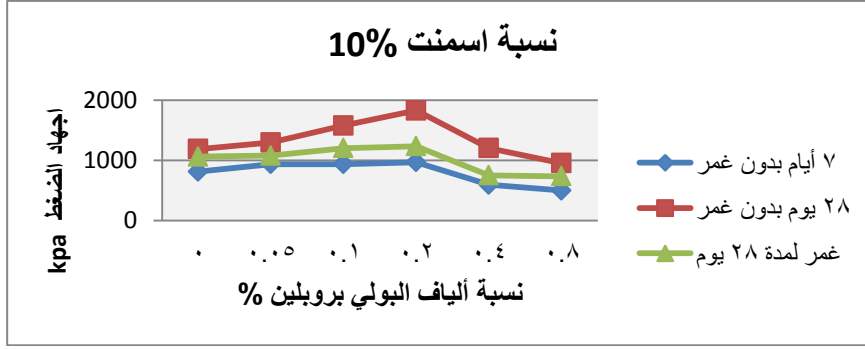
الشكل(6): الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة عند نسبة اسمنت 5% من وزن الرمل

#### 4- إضافة الإسمنت بنسبة 10% من وزن الرمل:

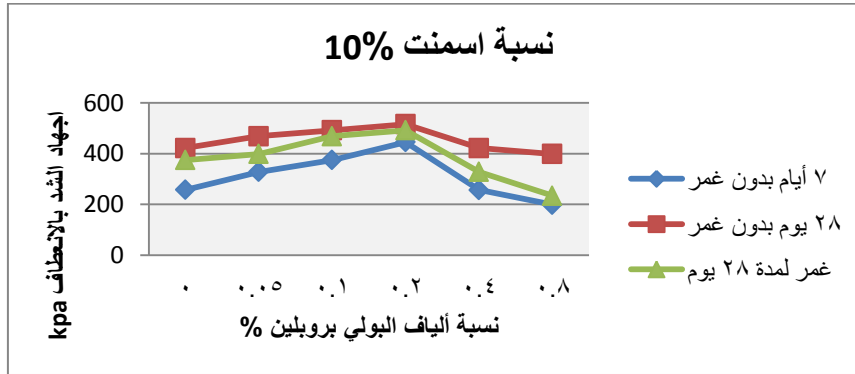
يُخلص الجدول (5) نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف على العينات المحفوظة درجة حرارة المخبر ( $20 \pm 2$  °C) لمدة 7 أيام، والعينات المحفوظة في درجة حرارة المخبر ( $20 \pm 2$  °C) لمدة 28 يوم، والعينات المغمورة في حوض مائي لمدة 28 يوم وذلك عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل، ونسبة  $(W/C=0.485)$ .

الجدول(5): نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل

| غمر لمدة 28 يوم |                 | 28 يوم بدون غمر |                 | 7 أيام بدون غمر |                 | نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa |   |
| 375             | 1062.5          | 421.9           | 1187.5          | 257.8           | 812.5           | 0   |
| 398.4           | 1078.1          | 468.8           | 1296.9          | 328.1           | 937.5           | 0.05                                      |
| 468.8           | 1203.1          | 492.2           | 1578.1          | 375             | 937.5           | 0.10                                      |
| 492.2           | 1234.4          | 515.6           | 1828.1          | 445.3           | 968.8           | 0.20                                      |
| 328.1           | 750             | 421.9           | 1203.1          | 257.2           | 593.8           | 0.40                                      |
| 234.4           | 734.4           | 398.4           | 953.1           | 199.2           | 500             | 0.80                                      |



الشكل(7): المقاومة على الضغط البسيط عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل

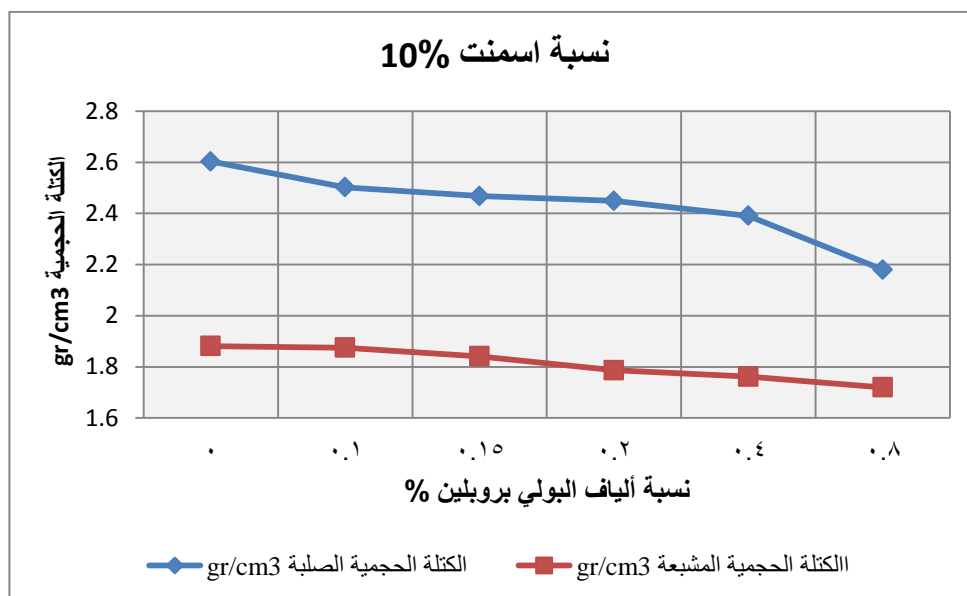


الشكل(8): المقاومة على الشد بالانحناف عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل

نلاحظ من الأشكال السابقة ازدياد مقاومة الضغط والشد بالانحناف لمزيج (الرمل + الإسمنت بنسبة 10%) مع ازدياد نسبة ألياف البولي بروبيلين وصولاً إلى النسبة المثالية للإضافة (0.20%)، ثم تبدأ مقاومة الضغط والشد بالتناقص من أجل نسب اضافة أكبر من (0.20%). يُظهر الجدول(6) والشكل(7) نتائج اختبارات التشرب والكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة، حيث أشارت النتائج إلى تناقص قيم الرطوبة والكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة.

الجدول(6): نتائج تجارب التشرب والكتلة الحجمية للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل

| الكتلة الحجمية المشبعة<br>gr/cm <sup>3</sup> | الكتلة الحجمية الصلبة<br>gr/cm <sup>3</sup> | التشرب % | نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % |
|--|---|----------|---|
| 1.881  | 2.603                                       | 28.2     | 0   |
| 1.875  | 2.502                                       | 29.4     | 0.10                                      |
| 1.841  | 2.468                                       | 30.9     | 0.15                                      |
| 1.787  | 2.449                                       | 32       | 0.20                                      |
| 1.762  | 2.391                                       | 34.3     | 0.40                                      |
| 1.72   | 2.18  | 43.5     | 0.80                                      |



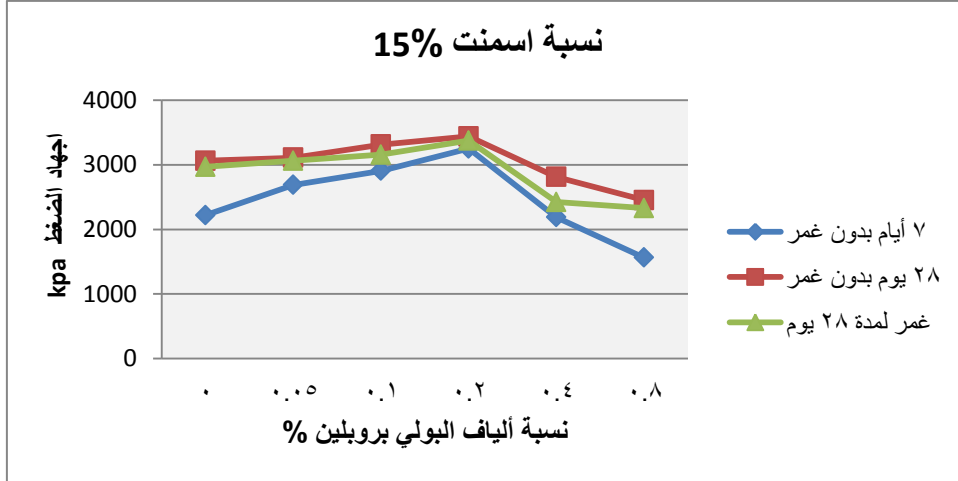
الشكل(9): الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة عند نسبة اسمنت 10% من وزن الرمل

#### 4-5- اضافة الإسمنت بنسبة 15% من وزن الرمل:

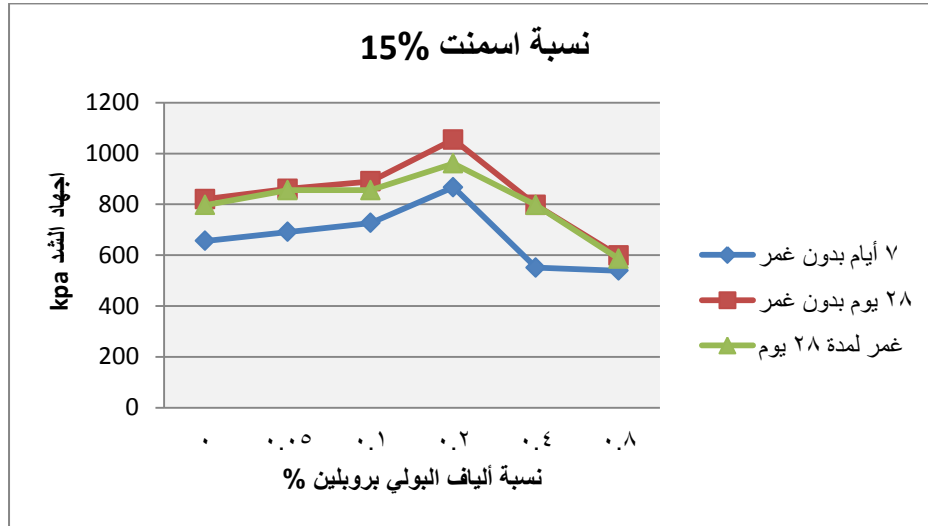
يُلخص الجدول (5) نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف على العينات المحفوظة درجة حرارة المخبر ( $20 \pm 2$  °C) لمدة 7 أيام، والعينات المحفوظة في درجة حرارة المخبر ( $20 \pm 2$  °C) لمدة 28 يوم، والعينات المغمورة في حوض مائي لمدة 28 يوم وذلك عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل، ونسبة  $(W/C=0.485)$ .

الجدول(7): نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل

| غمر لمدة 28 يوم |                 | 28 يوم بدون غمر |                 | 7 أيام بدون غمر |                 | نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa |   |
| 797             | 2968.8          | 820.3           | 3062.5          | 656.3           | 2218.8          | 0   |
| 855.5           | 3062.5          | 860.6           | 3109.4          | 691.4           | 2687.5          | 0.05                                      |
| 855.5           | 3156.3          | 890.6           | 3312.5          | 726.6           | 2906.3          | 0.10                                      |
| 961             | 3375            | 1054.7          | 3437.5          | 867.2           | 3250            | 0.20                                      |
| 796.9           | 2421.9          | 797             | 2812.5          | 550.8           | 2187.5          | 0.40                                      |
| 586             | 2328.1          | 598             | 2453.1          | 539.1           | 1562.5          | 0.80                                      |



الشكل(10): المقاومة على الضغط البسيط عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل



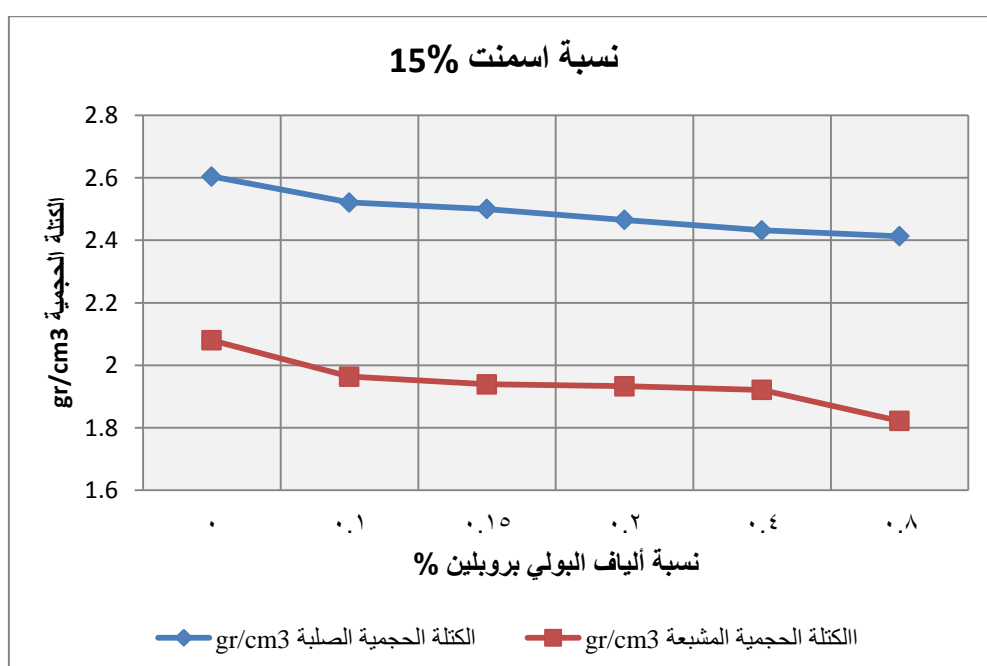
الشكل(11): المقاومة على الشد بالانعطاف عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل

نلاحظ من الأشكال السابقة ازدياد مقاومة الضغط والشد بالانعطاف لمزيج (الرمل + الإسمنت بنسبة 15%) مع ازدياد نسبة ألياف البولي بروبيلين وصولاً إلى النسبة المثالية للإضافة (0.20%)، ثم تبدأ مقاومة الضغط والشد بالتناقص من أجل نسب اضافة أكبر من (0.20%).

يُظهر الجدول(8) والشكل(10) نتائج اختبارات التشرب و الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة، حيث أشارت النتائج إلى ارتفاع قيم الرطوبة و انخفاض الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة.

الجدول(8): نتائج تجارب التشرب والكتلة الحجمية للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل

| نسبة ألياف البولي برويلين<br>من وزن الرمل % | التشرب % | الكتلة الحجمية<br>الصلبة gr/cm <sup>3</sup> | الكتلة الحجمية<br>المشبعة gr/cm <sup>3</sup> |
|---|----------|---|--|
| 0   | 22.2     | 2.604                                       | 2.08   |
| 0.10  | 22.7     | 2.521                                       | 1.964  |
| 0.15  | 22.8     | 2.500                                       | 1.939  |
| 0.20  | 25       | 2.465                                       | 1.933  |
| 0.40  | 28.5     | 2.432                                       | 1.921  |
| 0.80  | 29.8     | 2.413                                       | 1.822  |



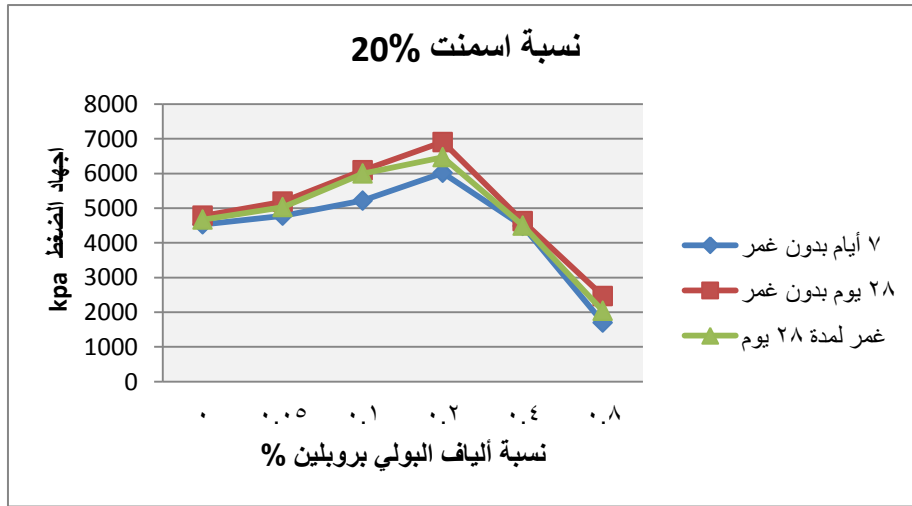
الشكل(12): الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة عند نسبة اسمنت 15% من وزن الرمل

### 6- اضافة الإسمنت بنسبة 20% من وزن الرمل:

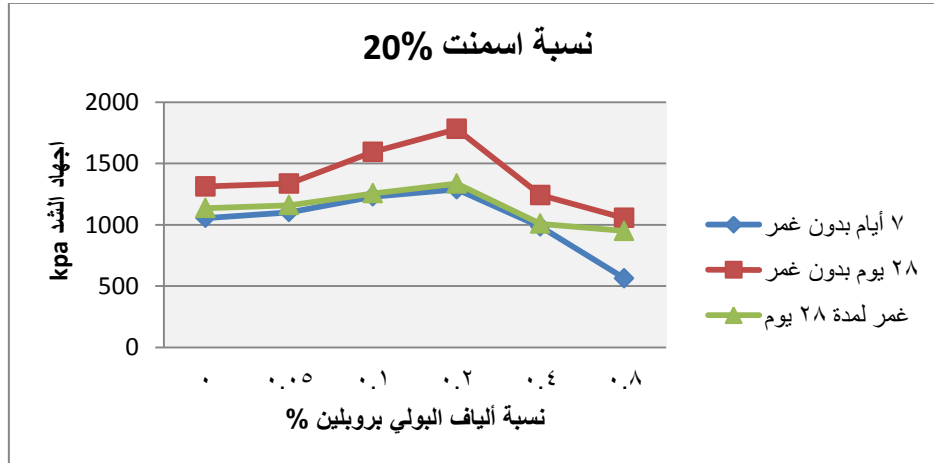
يُلخص الجدول (9) نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف على العينات المحفوظة درجة حرارة المخبر (20±2 °C) لمدة 7 أيام، والعينات المحفوظة في درجة حرارة المخبر (20±2 °C) لمدة 28 يوم، والعينات المغمورة في حوض مائي لمدة 28 يوم وذلك عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل، ونسبة (W/C=0.485).

الجدول(9): نتائج تجارب المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل

| غمر لمدة 28 يوم |                 | 28 يوم بدون غمر |                 | 7 أيام بدون غمر |                 | نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa | اجهاد الشد kpa  | اجهاد الضغط kpa |   |
| 1136.7          | 4671.9          | 1312.5          | 4781.3          | 1054.7          | 4531.3          | 0   |
| 1160.2          | 5031.3          | 1336            | 5187.5          | 1101.6          | 4781.3          | 0.05                                      |
| 1256.2          | 6000            | 1593.8          | 6093.8          | 1230.5          | 5218.8          | 0.10                                      |
| 1336            | 6468.8          | 1781.3          | 6906.3          | 1289.1          | 6015.6          | 0.20                                      |
| 1007.8          | 4500            | 1242.2          | 4625            | 984.4           | 4484.4          | 0.40                                      |
| 949.2           | 2039.1          | 1054.7          | 2468.8          | 562.5           | 1703.1          | 0.80                                      |



الشكل(13): المقاومة على الضغط البسيط عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل



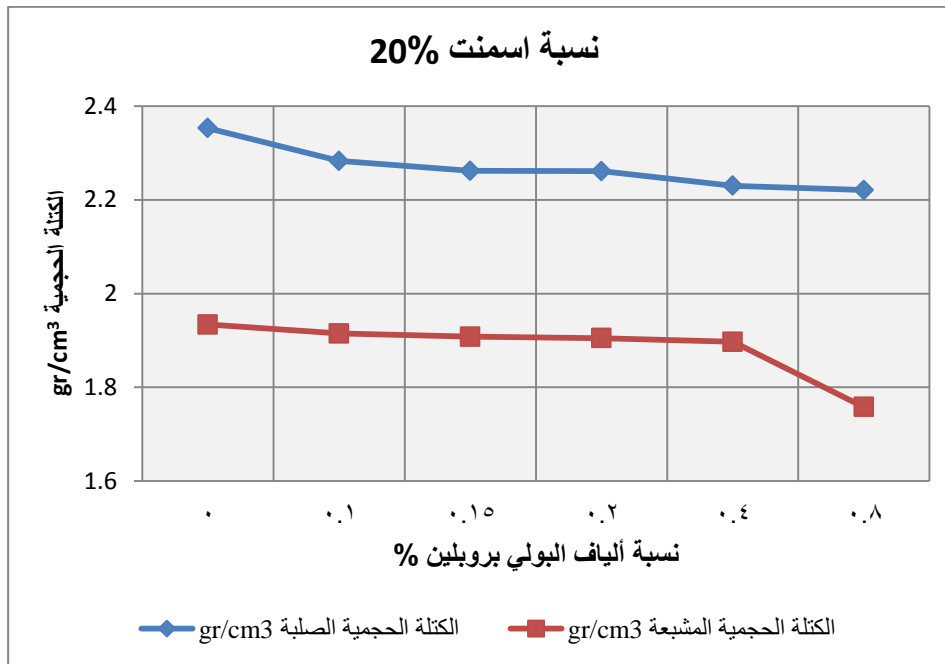
الشكل(14): المقاومة على الشد بالانعطاف عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل

نلاحظ من الأشكال السابقة ازدياد مقاومة الضغط والشد بالانعطاف لمزيج (الرمل + الإسمنت بنسبة 20%) مع ازدياد نسبة ألياف البولي بروبيلين وصولاً إلى النسبة المثالية للإضافة (0.20%)، ثم تبدأ مقاومة الضغط والشد بالتناقص من أجل نسب اضافة أكبر من (0.20%).

يُظهر الجدول (10) والشكل (13) نتائج اختبارات التشرب والكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة، حيث أشارت النتائج إلى ارتفاع قيم الرطوبة و انخفاض الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة.

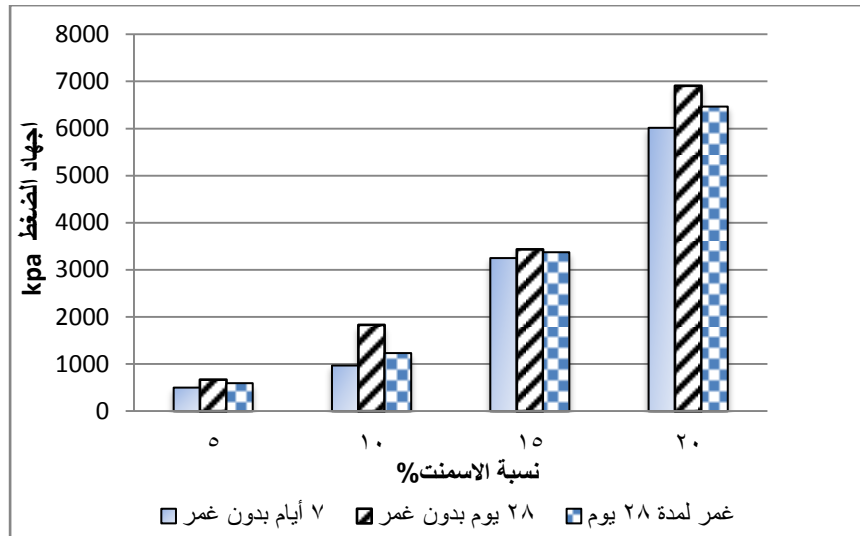
الجدول (10): نتائج تجارب التشرب والكتلة الحجمية للمواشير المشكلة عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل

| نسبة ألياف البولي بروبيلين من وزن الرمل % | التشرب % | الكتلة الحجمية الصلبة gr/cm <sup>3</sup> | الكتلة الحجمية المشبعة gr/cm <sup>3</sup> |
|---|----------|--|---|
| 0   | 15.7     | 2.353                                    | 1.934                                     |
| 0.10                                      | 16.4     | 2.283                                    | 1.915                                     |
| 0.15                                      | 16.7     | 2.262                                    | 1.908                                     |
| 0.20                                      | 16.7     | 2.261                                    | 1.905                                     |
| 0.40                                      | 17.3     | 2.230                                    | 1.897                                     |
| 0.80                                      | 33.3     | 2.221                                    | 1.758                                     |

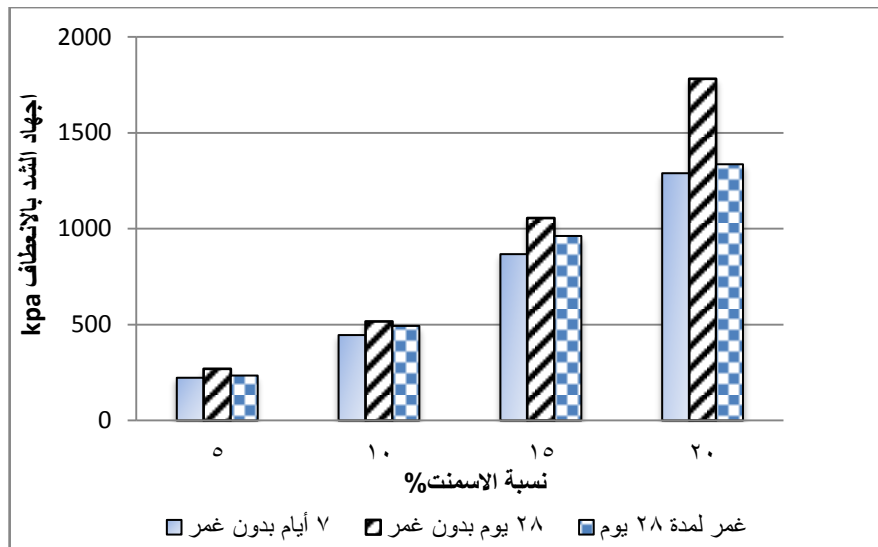


الشكل (15): الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة عند نسبة اسمنت 20% من وزن الرمل

## 7- إجهاد الضغط والشد لمزيج (الرمل - الاسمنت - 0.20% بولي بروبيلين) بتغير نسبة الاسمنت:



الشكل (16): إجهاد الضغط لمزيج (الرمل - الاسمنت - 0.20% بولي بروبيلين) بتغير نسبة الاسمنت



الشكل (17): إجهاد الشد بالانعطاف لمزيج (الرمل - الاسمنت - 0.20% بولي بروبيلين) بتغير نسبة الاسمنت

نلاحظ ازدياد إجهاد الضغط والشد بالانعطاف مع ازدياد نسبة الإسمنت بشكل مستمر .



**الاستنتاجات والتوصيات:****الاستنتاجات:**

1- يؤدي تدعيم مزيج الإسمنت والترية الرملية بألياف البولي بروبيلين إلى زيادة المقاومة على الضغط البسيط والشد بالانعطاف حتى النسبة 0.20% من وزن الرمل، وتخفض قيم هذه المقاومات عند زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين عن هذه النسبة.

2- تبقى النسبة المثالية لتدعيم الترية الرملية بألياف البولي بروبيلين هي 0.20% أي كانت نسبة الإسمنت المضافة.

3- ازدادت قيم مقاومة الضغط والشد بالانعطاف للعينات المحفوظة بدرجة حرارة المخبر ( $20 \pm 2$  °C) وبدون غمر لمدة 28 يوم بالمقارنة مع العينات المغمورة بالماء.

4- تتوزع الألياف بشكل متجانس عند مزجها مع الإسمنت والترية الرملية مشكلةً شبكة تسليح قوية تعمل على تحسين الخواص الميكانيكية للعينات المشكلة ومنع حدوث التشققات.

5- تتناقص قيم الكتلة الحجمية الصلبة والمشبعة مع زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين بسبب الشبكة المسامية التي تنتج عن تغلغل ألياف البولي بروبيلين ضمن البنية، و تزداد هذه القيمة مع زيادة نسبة الإسمنت عند ثبات نسبة الإضافة من الألياف.

6- لوحظ ازدياد قيمة التشرب مع زيادة نسبة ألياف البولي بروبيلين وتناقصها مع زيادة نسبة الاسمنت. يعود ذلك إلى نفس السبب المذكور سابقاً و المتعلق بالشبكة المسامية التي تنتج عن تغلغل ألياف البولي بروبيلين.

**التوصيات:**

1. متابعة البحث لأجل اعتماد مزيج الإسمنت وألياف البولي بروبيلين كطريقة لتثبيت الترية.
2. ننصح بدراسة الجدوى الاقتصادية عند تثبيت الترية المردومة بالإسمنت وألياف البولي بروبيلين، باستخدام نسبة مثالية من الإسمنت.
3. لا بد من دراسة تأثير درجة الحرارة على مقاومة الضغط والشد بالانعطاف للعينات المدعمة بألياف البولي بروبيلين للوقوف على تأثير المناخ و درجة الحرارة على هذه التقنية المستخدمة في التثبيت.

**المراجع**

- 1) YAN, X; WENG, X; KOU, Y. Influence of fiber grid on interlayer bond property of airport double-layer pavement. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2013.
- 2) TANG, C; SHI, B; GAO, W; LIU, J. Single fiber pull-out test and the determination of critical fiber reinforcement length for fiber reinforced soil. Rock and Soil Mechanics, in Chinese, 30(8), 2009, 2225–2230.
- 3) HU, H, J; JIANG, M, J; ZHAO, T; PENG, J, B; HONG, L. Effects of specimen-preparing methods on tensile strength of remolded loess. Rock and Soil Mechanics, 30(Suppl 2), 2009, 196–199.
- 4) Consol, N. C; FONSECA, A, V; Cruz, R. C; Silva, S.R. Voids/cement ratio controlling tensile strength of cement-treated soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 137(11), 2011, 1126–1131.

- 5) RAN, L. Z; SONG, X. D; TANG, C. S. Laboratorial investigation on tensile strength of expansive soil during drying. *Journal of Engineering Geology*, in Chinese ,19(4), 2011, 620–625.
- 6) PLÉ, O; LÊ, T . Effect of polypropylene fiber-reinforcement on the mechanical behaviour of silty clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 32, 2012 111–116.
- 7) LIU, B; TANG, C; LI, J; WANG, De-yin; ZHU, Kun; TANG, Wei. Advances in engineering properties of fiber reinforced soil. *Journal of Engineering Geology*, in chinese, 21 (4), 2013, 540–547.
- 8) Yetimoglu, T; Inanir, M; Inanir, OE. A study on bearing capacity of randomly distributed fiber-reinforced sand fills overlying soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 23(2), 74-83
- 9) Consoli, N; Casagrande, M; Coop, M. Performance of fibre-reinforced sand at large shear strains. *Geotechnique*, 57(9), 2007, 1-6.
- 10) Ibrahim, E; Diambra, A; Russell, A; Muir, W. D. Assessment of laboratory sample preparation for fibre reinforced sands. *Geotextiles and Geomembranes*, 34, 2012, 69-79.
- 11) Plé, O, Lê, TNH. Effect of polypropylene fiber-reinforcement on the mechanical behaviour of silty clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 32, 2012, 1-6.
- 12) Han, Y. B; Zhong, W. X; Zhong, L. G; Nan, Y. K; Le, G; Lei, L. H; Cheng, Y. X. Strength characteristics of modified polypropylene fiber and cement-reinforced loess. *J. Cent. South Univ*, 2017, 560–568
- 13) LI, J; TANG, C; WANG, D. Effect of discrete fibre reinforcement on soil tensile strength. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, , 6(2), 2014, 133–137.
- 14) Kalantari, B. Influence of Polypropylene Fibers on The Compressive Strength of Windblown Sand-Cement Mortar. University of Hormozgan, Iran, *EJGE*, Vol. 17, 2012, Bund. B
- 15) TANG, C; SHI, B; GAO, W; CHEN, F; CAI, Y. Strength and mechanical behavior of short polypropylene fiber reinforced and cement stabilized clayey soil . *Geotextiles and Geomembranes*, 25(3), 2007, 194–202.
- 16) Chore, H. S; Kumthe, A. A; Abnave, S. B; Shinde, S. S; Dhole, S. S; Kamerkar, S. G. Performance evaluation of polypropylene fibers on sand-fly ash mixtures in highways. *Journal of Civil Engineering (IEB)*, 39 (1), 2011, 91-102
- 17) Yilmaz, Y. Experimental investigation of the strength properties of sand-clay mixtures reinforced with randomly distributed discrete polypropylene fibers. *Geosynthetics International* 16, No. 5, 2009, 354– 363.
- 18) ASTM C-109. Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars”, annual book of ASTM standards, 4.01, 2002.