

## دراسة تأثير بعض مصادر الرمل على خواص الخرسانة

\*امال عبدالعاطي موسي<sup>1</sup>، \*محمد عبد الفتاح صالح<sup>2</sup>، عيد علي عبدالرزاق<sup>3</sup>

<sup>2,1,3</sup> قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

Amal.allafi@omu.edu.ly\*

Mohamed.aljewifi@omu.edu.ly\*

### ملخص البحث

يعتبر الركام بشكل عام أحد المكونات الأساسية في صناعة الخرسانة حيث يشكل حوالي (60-80) % من الحجم الكلي. ويشكل الركام الناعم حوالي (30-40) % من الركام الكلي الداخل في الخرسانة. وتتمثل أهمية الركام الناعم في تحديد الخواص الكيميائية والفيزيائية، حيث اختلاف المصدر يشكل عامل مهم في تحديد تلك الخواص. هذا البحث يعرض نتائج معملية للمقارنة بين بعض أنواع الرمل مختلفة المصدر (شط البدين S1 - خليج البمبه S2 - ظلميئه S3 والرمل الصحراوي S4) من ناحية خلطها في الخرسانة ومعرفة تأثيرها على خواص الخرسانة الاعتيادية. تم دراسة الخواص الميكانيكية بعمر (3، 14، 28 يوم)، حيث بينت النتائج ان الخلطة المحتوية علي الرمل ( S2 ) أعطت اعلي قيمة للإجهادات. تضمن البحث اجراء بعض الاختبارات الفيزيائية، و الاختبارات الكيميائية. وكانت نتائج العينات اعلاها علي التوالي ( S3, S1, S4, S2 ).

**الكلمات الدالة:** الرمل ، الخرسانة الاعتيادية، الخواص الميكانيكية، الخواص الفيزيائية والخواص الكيميائية.

## المقدمة

الخرسانة الاعتيادية هي مادة تتكون من الركام والرمل والاسمنت والماء، حيث عند خلطهم جيدا تتم عملية التماسك والترابط بينها، حيث يقوي الرمل مع الاسمنت والماء من هذه الخاصية في الخرسانة مما يعطي مقاومة للخرسانة، فهي تأخذ شكل صلد ومتمين مع الزمن تدريجيا [1]. يعتبر الرمل مادة اساسية في صناعة الخرسانة والمونة والطوب، فهو المادة الطبيعية الاكثر استخداما في البناء والاكثر استهلاك مما يزيد من استغلال الرمل في صنع الخرسانة.

ومع التطور العمراني السريع وطلب المتزايد على الرمل أصبح من الضروري استغلال الموارد الرملية الجديدة في كل المواد الهندسية الضرورية للبناء [2]، لذلك تم استخدام الرمل البحري في صناعه الخرسانة والمونة والطوب. كان من الضروري البحث والدراسة واجراء الاختبارات على الرمل والتعرف على مميزات وعيوب الرمل البحري المستخدم وتأثيره على خواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية للخرسانة، نظرا لما يحتويه الرمل البحري من املاح وشوائب التي قد تؤثر على الخرسانة [3].

تم احضار عينات مختلفة من الرمل والرمل الصحراوي واجراء الاختبارات عليها، وتصميم خلطة خرسانية لكل نوع من الرمل واعداد العينات واجراء الاختبارات ومقارنة بينها، لمعرفة أفضل واجود انواع من الرمل البحري والي يزيد من متانة وصلاحية الخرسانة.

### 1. البرنامج المعمل:

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي المتوفر محليا من انتاج مصنع الفتاح درنة ومطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 2009 م الخاصة بالاسمنت البورتلاندي [4] وجدول (1) يوضح خواصه

جدول رقم (1) المواصفات القياسية للاسمنت البورتلاندي

مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم (ميغا بسكال)	الوزن النوعي	النعومة (م <sup>2</sup> /كجم)	CSH <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> AF	C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S	المكون الكيميائي الاسمنت (%)
35	3.2	340	6	8	10	18	55	

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

الركام الخشن المستخدم مقاس 16-20 مم ومقاس 6-12 مم، تم توريده تم اختبارها معمليا وفق المواصفات القياسية [5]، وكانت نتائج التحليل المنخلي فكانت كما موضحة بالشكل (1). حيث كانت نسبة المار ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفات القياسية الأمريكية [6]. والجدول (2) يوضح التدرج الحبيبي للركام الخشن

الجدول (2) التدرج الحبيبي للركام الخشن

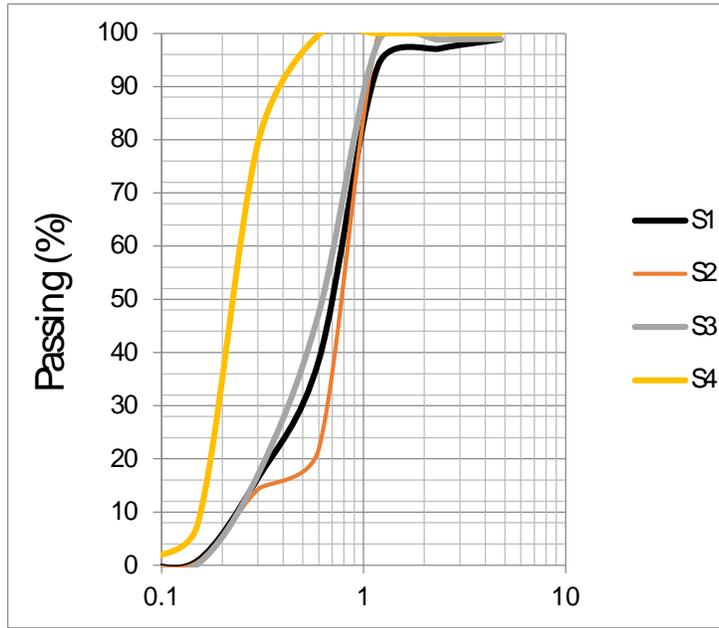
10 - 0	60 - 30	80 - 40	100 - 90	100	حدود المواصفة (%)
0	34	73	98	100	نسبة المار (%)



الشكل (1) يبين منحي التدرج الحبيبي لعينة الركام الخشن

حيث اجريت عليه الاختبارات المعملية اللازمة للرمال فكانت نتائج اختبار التدرج الحبيبي للعينات الأربعة وفق مواصفات الجمعية الأمريكية [8]. كما مبينة في الشكل (2).

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية



الشكل (2) منحي التدرج الحبيبي للعينات

تم حساب معامل النعومة للرمل [9] . للعينات الأربعة من جدول الحسابات الخاصة بالتدرج الحبيبي فكانت النتائج وفق الجدول (3)

الجدول (3) معايير النعومة للعينات

S 4	S 3	S 2	S 1	أنواع الرمل
3.123	4.931	4.636	4.541	معامل النعومة

اختبار المكافئ الرمل لعينات الرمل الأربعة بمواصفات الجمعية الأمريكية ASTM D2419 [10] .

والجدول (4) يبين النتائج للعينات

S4	S3	S2	S1	أنواع الرمل
36	39	37.5	36.5	H1 (ملم )
37	41.5	44.5	41.5	H2 (ملم )

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

نسبة المكافئ الرملي %	%88	%87.6	%94.1	%97.3
-----------------------	-----	-------	-------	-------

الجدول (4) نتائج اختبار المكافئ الرملي للعينات

الاختبارات لتحديد الوزن النوعي ونسبة امتصاص الماء لعينات الرمل الأربعة حسب مواصفات الجمعية الأمريكية (ASTM, C127, C12) .

نتائج الاختبار للعينات (S1 , S2 , S3 , S4) موضح في الجدول التالي (5)

الجدول (5) الوزن النوعي ونسبة الإمتصاص للرمل.

نوع الرمل	الوزن النوعي الحجمي	الوزن النوعي الظاهري	نسبة الإمتصاص %
S 1	2.548	2.868	% 4.38
S 2	2.768	2.934	% 2.04
S 3	2.587	2.747	% 2.25
S 4	2.296	2.757	% 7.29

الماء المستخدم في الخلط هو ماء صالح للشرب. والمطابق لحدود المواصفات الليبية رقم 294 لسنة 1988م [11].

تم استخدام مضاف مقلل للماء بدرجة متفوقة والمعروف تجاريا (Sikament -R2002) ونسبة 2% من وزن الاسمنت.

تم صب الخلطة الخرسانية العادية بالأوزان المتحصل من المواصفات والجدول رقم (6) يوضح الأوزان المتحصل عليها من تصميم الخلطة حسب المواصفات.

الجدول (6) الأوزان المتحصل عليها من تصميم الخلطة الخرسانية

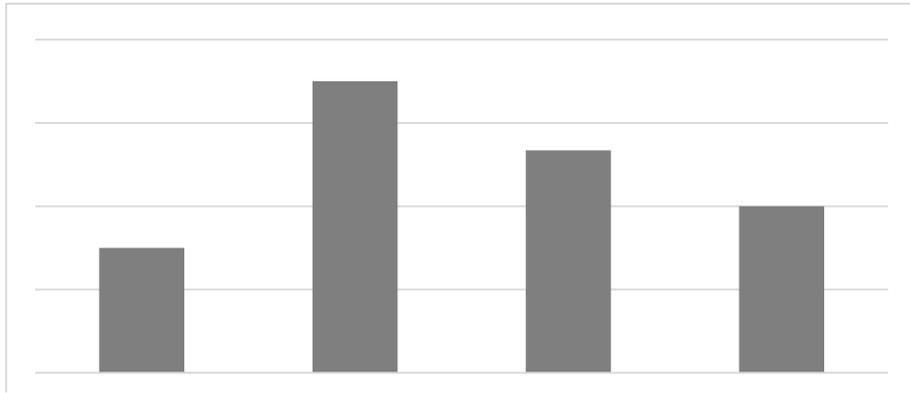
المواد	الماء	الاسمنت	الرمل	الركام الخشن	الإضافات Sp
الوزن (كغم /م <sup>3</sup> )	165	350	719	1062	3.5

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

جميع الاختبارات اجريت في معامل قسم الهندسة المدنية في كلية الهندسة جامعة عمر المختار. حيث تم تجهيز القوالب ذات مقاس  $10*10*10$  سم ،  $15*15*15$  سم وكمرات مستطيلة ذات مقاس  $10*10*50$  سم.

### 2. النتائج:

الاختبار للحالة الطرية للخرسانة الشكل رقم (3) توضيح لقيمة الهطول للخلطات.

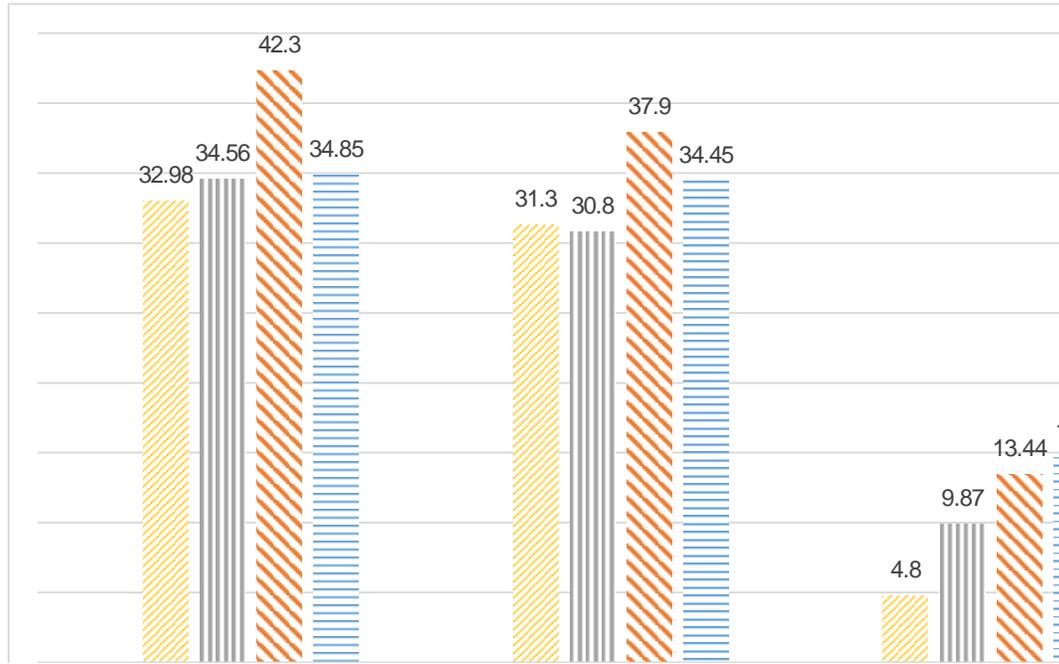


الشكل (3) تبين نتائج اختبار الهطول للعينات ( S1 , S2 , S3 , S4 )

اوضحت نتائج الاختبار ان هناك تفاوت في قيم الهطول للعينات الأربعة [12] . وهذا يعنى ان هناك اختلاف في قابلية التشغيل لكل عينة رغم انها تعتبر ضمن الحدود التصميمية للخلطة الخرسانية الا ان العينة (S4) كانت اقل بمقدار 0.50cm عن حدود المواصفة.

نتائج اختبار مقاومة الانضغاط للخرسانة الصلبة موضحة في الشكل (4).

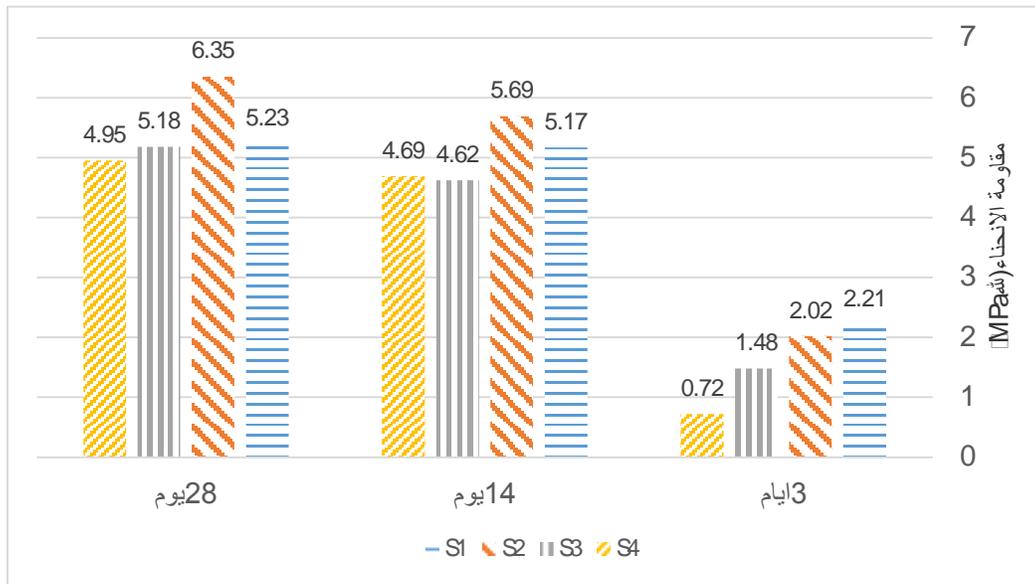
## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية



الشكل (4) مقاومة الانضغاط للخرسانة الصلبة

الشكل (4) ، بين إن المقاومة القصوى للخرسانة كانت أفضل قيم لعينة الرمل البحري (S2) ثم باقي العينات تدريجيا علي التوالي (S4،S3،S1).

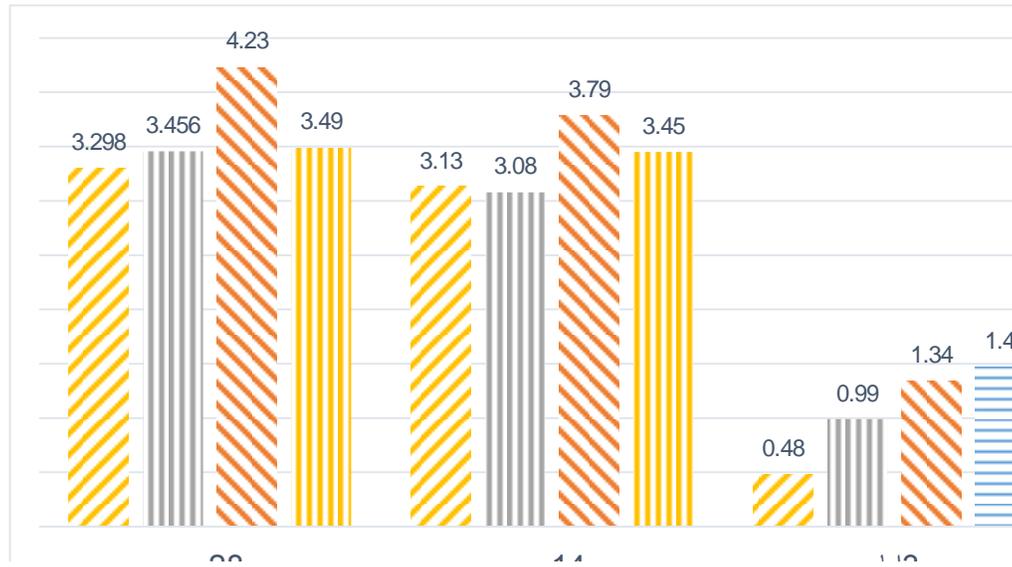
والشكل (5) يظهر نتائج الاختبار لمقاومة الانحناء للخرسانة الصلبة



الشكل (5) مقاومة الانحناء للخرسانة الصلبة

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

عند حساب النتائج والموضحة في الشكل (5) تبين إن مقاومة الانحناء في زيادة تدريجية مع زيادة الفترات الزمنية لعينة الرمل البحري ( S2 ) حيث تبدأ من ( 2.02 MPa ) في عمر 3 أيام لتصل إلى ( 6.35 MPa ) عند عمر 28 يوم من تاريخ الخرسانة وتليها العينة S1 والتي وصلت مقاومتها للانحناء بعد عمر 28 يوم الي (5.23MPa) والسبب يرجع الي زيادة الترابط والتماسك بين مكونات الخلطة الخرسانية والتي تقلل من حدوث التشققات عند تعرض الخلطة الي اجهادات الانحناء.



الشكل (6) مقاومة الشد الغير مباشر للخرسانة الصلبة

نلاحظ إن قيم مقاومة الشد في عينة الرمل (S2) تزداد بشكل كبير مقارنة مع باقي العينات، حيث كانت الزيادة تدريجيا حتى وصلت إلى أقصى قيمة لها عند 28 يوم وكانت ( 4.23MPa )، بالرغم من ان الخلطة المحتوية علي الرمل البحري (S1 شط البدين) كانت اعلي منها عند عمر 3 أيام والتي كانت ( 1.47MPa ) و (S2) كانت (1.34 MPa). تم اجراء خطوات اختبار الكثافة الطرية بطريقة المعتمدة على مكعبات بمقاس (150 \* 150 \* 150 ملم) وكانت النتائج كالتالي كما في الجدول (7) :

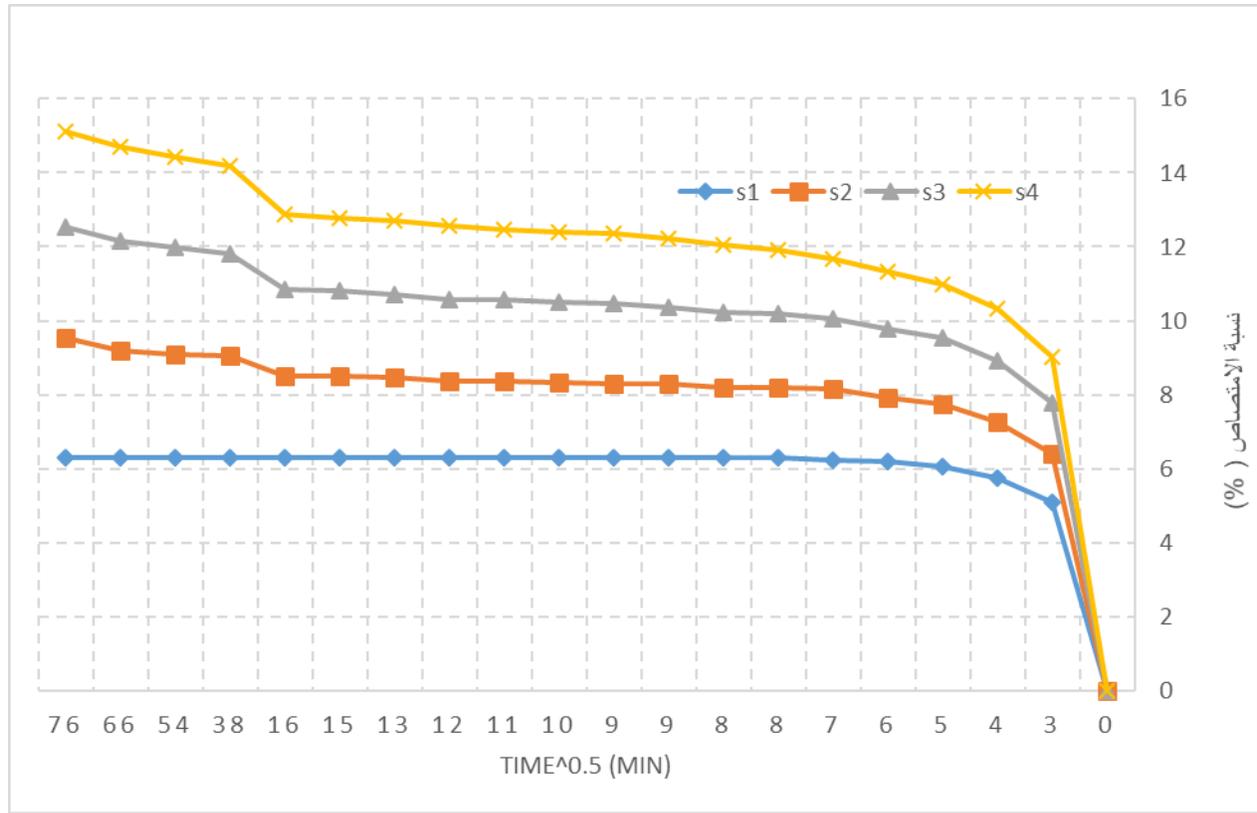
الجدول (7) الكثافات الطرية والجافة للرمل

S4	S3	S2	S1	أنواع الخلطات
2237.63	2178.11	1052.74	1685.33	الكثافة الرطبة (كجم/م <sup>3</sup> )

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

2397.8	2334.02	2352	2342.2	الكثافة الجافة (كجم/ م <sup>3</sup> )
2.237	2.178	1.053	1.685	الوزن النوعي للكثافة الرطبة
2.397	2.334	2.352	2.342	الوزن النوعي للكثافة الجافة

تم إجراء اختبار الامتصاص وفق المواصفات الامريكية (ASTM128،127) بعمر 28 يوم من الصب لضمان الوصول الي أقصى امتصاص للعينات والنتائج موضحة في الشكل (7) التالي.



الشكل (7) يبين نتائج نسبة امتصاص الخرسانة للماء للخطات الاربعة

بعد القيام بإجراء الاختبار بعد مرور (28 يوم) لضمان إن العينات وصلت الي الحد لأقصى لامتصاص كما نلاحظ ان عينة الرمل (S4) كانت نسبة الامتصاص في زيادة مستمرة مع زيادة الوقت علي عكس العينة المحتوية علي رمل شط البدين والتي كانت في زيادة الي زمن ساعة (6.29%) ومن بعدها أصبحت نسبة

## المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية

الامتصاص ثابتة ولم تتغير الي زمن 5 أيام ، والسبب راجع الي تزايد نسبة دقائق الرمل في عينة شط البدين التي تؤدي الي تقليص حجم الشعيرات للامتصاص وبالتالي يزداد الضغط وتزداد نسبة امتصاص الماء. [14].

كانت اعلي نسبة امتصاص بين العينات هي عينات S2 ثم S1 ومن ثم S3 ورمل الصحراوي S4 نظرا لاحتوائها على الجير مواد الناعمة ونسبة من الشوائب.

اجريت الاختبارات الكيميائية على العينات الخرسانية بعد مرور 28 يوم حيث كانت نسبة الكبريتات والكلوريد في العينات الأربعة موضحة في الجدول (7).

الجدول (7) بعض الاختبارات الكيميائية لعينات الرمل

S4	S3	S2	S1	
0.687	0.441	0.733	0.592	نسبة الكبريتات %
0.542	0.442	0.563	0.493	نسبة الكلوريد %

نستج من القيم بان عينات الخرسانية للرمل ( S2 ) يحتوى علي اكبر نسبة من الكبريت والكلوريد (0.733-0.563) مقارنة بباقي العينات ، حيث كانت كل العينات ضمن حدود المواصفات القياسية لنسبة الاملاح المعتمدة في الخرسانة العادية.

### 3. الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها تبين انه بالإمكان انتاج خرسانة اعتيادية ذات خواص جيدة من أنواع رمل بحري محلي حيث كان رمل (S2) المستخدم في الخلطة الخرسانية الأفضل من غيره في مقاومة الضغط والشد والانحناء للخرسانة الاعتيادية خلال عمر 28 يوم أيضا احتوائه علي اعلي نسب الكبريتات والكلوريد وفق حدود المواصفة مما حسن من خواص الخرسانة الاعتيادية للخلطة حيث كانت القيمة القصوى لمقاومة الضغط

والانحناء والشد، هي ( 4.23 ، 6.35 ، 42.3 ) MPa ثم بدأت هذه القيمة بالتناقص تدريجيا في الانواع الرمل الأخرى .

أعطت نتائج اختبار الهطول ان كل انواع الرمل كانت ضمن حدود المواصفة والامر الذي يعطي الخلطات الخرسانية قابلية تشغيل عالية.

الخرسانية الاعتيادية المحتوية علي رمل بحري (S1) كانت ذات اعلي نسب امتصاص وصلت الي (6.29%) وكانت اقلها نسب امتصاص الخرسانة المحتوية علي الرمل الصحراوي وقيمتها (2.59%).

## المراجع

- [1] The Cement Sustainability Initiative, Recycling Concrete, 2009.
- [2] FHWA, "United States. Dept. of Transportation. Transportation Applications of Recycle Concrete Aggregate: FHWA State of the Practice National Review," United States. Dept. of Transportation, United States, 2004.
- [3] Y. Karim, Z. K. M. S. Alsoufi and M. Yunus, "A Review on Recycled Aggregates for the Construction Industry," *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, pp. 32–38, 2016.
- [4] Chi–Sun Poon and Dixon Chan, "The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong," *Conservation and Recycling – ScienceDirect*, p. 293–305, 1 8 2006.
- [5] R. Sriravindrarah, N. D. Huai Wang and L. J. W. Ervin, "Mix Design for Pervious Recycled Aggregate Concrete," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, p. 239–246, 12 2012.
- [6] How–Ji Chen, Tsong Yen and Kuan–Hung Chen, "Use of building rubbles as

- recycled aggregates," *Cement and Concrete Research*, pp. 125–132, 2003.
- [8] A.A. Tsoumani, N.–M. Barkoula and .T.E. Matikas, "Acoustic emission monitoring of recycled aggregate concrete," *Department of Materials Science and Engineering, University of Ioannina, 45110 Ioannina, Greece*, 2015.
- [9] A.K. Padmini, K. Ramamurthy and M.S. Mathews, "Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete," *Construction and Building Materials–ScienceDirect*, pp. 829–836, 12 5 2008.
- [10] Ö. Çakır, "Experimental analysis of properties of recycled coarse aggregate (RCA) concrete with mineral additives," *Construction and Building Materials*, p. 17–25, 12 7 2014.
- [11] Zhen Hua Duan and Chi Sun Poon, "Properties of recycled aggregate concrete made with recycled aggregates with different amounts of old adhered mortars," *Materials and Design–ScienceDirect*, pp. 19–29, 7 2 2014.
- [12] C.S. Poon, Z.H. Shui, L. Lam, H. Fok and S.C. Kou, "Influence of moisture states of natural and recycled aggregates on the slump and compressive strength of concrete," *Cement and Concrete Research*, pp. 31–36, 15 5 2003.
- [14] T. C. Jester, *Twentieth Century Materials: History and Conservation*, New York: McGraw Hill, 1995.