مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

The Effect Of Maximum Aggregates Size On No Fine Concrete Properties

Farida shouman*

(Received 9 / 10 / 2018. Accepted 10 / 2 / 2019)

□ ABSTRACT □

This work examines the effect of the maximum aggregate size on the properties of no fines concrete. In this work, three mixes were prepared with three sizes of coarse aggregate, (9.5, 12.7, and 19) mm, with using fixed values for each coarse aggregate/cement ratio (A/C=6) and water/cement ratio (W/C=0.42) for all mixes. Tests are carried out on hardened concrete to investigate the effect of the maximum aggregate size on the compressive strength, porosity%, absorption%, density, and thermal conductivity.

Results showed that increasing the maximum aggregate size from 9.5 to 19 mm for the used mixes reduces the compressive strength and density clearly, on the other hand the porosity and the absorption increase with increasing the maximum aggregate size for all studied mixes.

It was found that the compressive strength at 45 days increases from (6.69 Mpa) to (11.55 Mpa). when the maximum aggregate size decreases from 19 to 9.5 mm.

Keywords: No fine concrete, maximum aggregate size, thermal conductivity, absorption%.

* **work supervisor , Department of Construction Engineering and Management , faculty of civil Engineering , Tishreen university _ lattakia – Syria.**
***E-mail:** faridaazmishuman@gmail.com

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (1) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (1) 2019

دراسة تأثير القطر الأعظمي للحصويات الخشنة في بعض خواص البيتون الخالي من الرمل

فريدة شومان*

(تاريخ الإيداع 9 / 10 / 2018. قُبِل للنشر في 10/ 2 / 2019)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير القطر الأعظمي للحصويات الخشنة في خواص البيتون الخالي من الرمل، تم إعداد ثلاث خلطات بيتونية باستخدام ثلاثة أقطار مختلفة للحصويات الخشنة هي : mm (9.5, 12.7, 19) مع اعتماد قيم ثابتة لكل من نسبة الحصويات إلى الإسمنت (A/C=6) ونسبة الماء إلى الإسمنت (W/C= 0.42) لكل الخلطات. أجريت الفحوصات على البيتون المتصلب لدراسة تأثير القطر الأعظمي للحصويات الخشنة في المقاومة على الضغط البسيط ونسبة الامتصاص والكثافة والمسامية والناقلية الحرارية.

أظهرت النتائج أن زيادة القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 9.5mm إلى 19mm أدى إلى نقصان في الكثافة والمقاومة على الضغط البسيط بشكل واضح، وبالمقابل ازدادت المسامية ونسبة امتصاص الماء مع زيادة القطر الأعظمي للحصويات المستخدمة في الخلطات البيتونية الثلاث.

تزايدت المقاومة على الضغط البسيط بعمر 45 يوماً، من (6.69 Mpa) إلى (11.55 Mpa) عندما تناقص القطر الأعظمي للحصويات من 19mm إلى 9.5mm .

الكلمات المفتاحية: البيتون الخالي من الرمل ، القطر الأعظمي للحصويات ، الناقلية الحرارية ، نسبة الامتصاص.

*مشرفة على الأعمال _ قسم هندسة وإدارة التشييد _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سوريا.
*البريد الإلكتروني: faridaazmishuman@gmail.com

مقدمة:

البيتون الخالي من الرمل No_ fines concrete هو نوع خاص من البيتون يتمتع بمسامية عالية، لذلك يطلق عليه أيضاً اسم البيتون المسامي Porous concrete أو البيتون النفوذ Pervious concrete، ويعتبر البيتون الخالي من الرمل أحد أنواع البيتون الخفيف Lightweight concrete.

يمكن إضافة كمية قليلة جداً من الرمل أو الحصى الناعم وهذا بالتأكيد يؤدي إلى تقليل حجم الفراغات الموجودة لكنه بالمقابل يؤدي إلى ازدياد المقاومة والصلابة.

البيتون الخالي من الرمل النموذجي تكون فيه نسبة الحصويات الخشنة إلى الإسمنت A/C تقع ضمن المجال (6–10) ونسبة الماء إلى الإسمنت W/C ضمن المجال (0.35–0.45) وتكون المسامية من %(15–25) [1].

يستخدم البيتون الخالي من الرمل في أعمال الطرق وفي رصف بعض أنواع الأرضيات لأن غياب الرمل وغياب التدرج الحبي للحصويات الخشنة من الخلطة البيتونية يسبب وجود فراغات مملوءة بالهواء ومتصلة مع بعضها البعض، مما يسمح لمياه الأمطار بالمرور من خلاله وبالتالي يتم تقليل الجريان السطحي في المناطق المرصوفة والاستفادة من مياه الأمطار بتغذية المياه الجوفية بدلاً من ضياعها في شبكات تصريف المياه للمدن[1]، ولتحقيق هذا الهدف يجب مراعاة كلاً من كمية الماء المستخدمة في الخلطة البيتونية وكمية العجينة الإسمنتية الموجودة فيها.

إذاً هذا النوع من البيتون حساس جداً لكمية الماء المضافة، فكمية زائدة من الماء تؤدي إلى حدوث فصل بين الحصويات الخشنة والعجينة الإسمنتية وبالتالي ترسب العجينة الإسمنتية في أسفل البيتون وإغلاق المسام الموجودة في الطبقات السفلى وتكوين طبقات أقل نفاذية، كما أن كمية قليلة من الماء تؤدي إلى تكتل العجينة الإسمنتية وضعف في تماسك الخلطة البيتونية وانخفاض في قابلية تشغيل البيتون الطري، كمية الماء الصحيحة تعطي البيتون مظهراً صلباً ورطباً ولامعاً، ويمكن اعتماد طريقة قبضة اليد الموضحة في الشكل رقم (1)، أو تجربة المخروط الموضحة في الشكل رقم (2) للتأكد من القوام الصحيح للبيتون ومن كون كمية الماء المضافة صحيحة [2].

(a): كمية الماء المضافة قليلة **(b): كمية الماء المضافة صحيحة**

(c): كمية الماء المضافة كثيرة

الشكل (1): طريقة قبضة اليد للتأكد من القوام الصحيح للبيتون الخالي من الرمل

(a): خلطة بيتونية مع كمية صحيحة من الماء وعجينة إسمنتية غير مترسبة في الأسفل

(b): خلطة بيتونية مع كمية زائدة من الماء وعجينة إسمنتية سائلة

الشكل(2): تجربة المخروط للتحقق من صحة قوام البيتون الخالي من الرمل

كما يجب أن يمتلك البيتون الخالي من الرمل كمية مناسبة من العجينة الإسمنتية بحيث تكون كافية لتغطية الحصويات الخشنة بشكل كامل وكافٍ لتحقيق القدر المطلوب من الالتصاق والتماسك بين الحصويات الخشنة، دون زيادة أي كمية تسبب ملء الفراغات الموجودة وبالتالي تقليل مسامية البيتون، كما أن هذه المسامات يجب أن تكون متصلة مع بعضها لتشكيل ما يشبه أقنية صغيرة تسمح بتصريف المياه من خلال البيتون وهذا سبب آخر يمنع وجود أي كمية زائدة من العجينة الإسمنتية لأنها قد تؤدي إلى قطع هذه الأقنية، يظهر في الشكل رقم (3) الحصويات الخشنة ويظهر في الشكل رقم (4) الخلطة البيتونية وبالمقارنة نجد عدم وجود أي كمية زائدة من العجينة الإسمنتية.

الشكل(3): الحصويات الخشنة

الشكل(4): الخلطة البيتونية

أهمية البحث و أهدافه:

يستخدم البيتون الخالي من الرمل عادةً في مواقف السيارات كما في الشكل رقم(5)، كما يستخدم في الطرق ذات الكثافة المرورية المنخفضة، طرق المشاة، فناءات المنازل، الحدائق العامة، الملاعب التي تحتاج إلى أرضيات صلبة، وفي الأرضيات المعشبة. وهو الحل العملي الأفضل المعترف به من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية للاستفادة القصوى من مياه الأمطار والعواصف حيث تمر من خلاله كل الأمطار الهاطلة إلى التربة فيتم تغذية المياه الجوفية وزيادة مستوياتها، كما أن مرور الماء من خلال البيتون الخالي من الرمل يعتبر المرحلة الأولى من فلترة المياه وبالتالي تقليل كميات المواد الملوثة التي تدخل إلى الجداول والمياه الجوفية [1]، يوضح الشكل رقم (6) مرور الماء عبر البيتون الخالي من الرمل.

الشكل (5): استخدام البيتون الخالي من الرمل في رصف مواقف السيارات

الشكل (6): مرور الماء عبر البيتون الخالي من الرمل

يقلل تغلغل مياه العواصف إلى التربة عبر البيتون الخالي من الرمل الجريان السطحي في المناطق المرصوفة، مما يسمح باستخدام قنوات ذات سعة أقل لتصريف مياه العواصف وبالتالي تكاليف أقل.

يسمح استخدام البيتون الخالي من الرمل في الأرصفة وفي طرق المشاة بتشجير هذه المناطق بكفاءة عالية لأنه يسمح بانتقال الماء والهواء إلى جذور الأشجار موفراً لها شروط النمو الجيد وبالتالي يقلل من تأثير التطور العمراني على الأشجار والبيئة.

كما يؤدي استخدام البيتون الخالي من الرمل في رصف الطرق إلى زيادة أمان الطرق لأنه يزيد من مقاومة الانزلاق[1]. بالإضافة إلى الأهمية البيئية لاستخدام البيتون الخالي من الرمل توجد أهمية اقتصادية حيث يستخدم البيتون الخالي من الرمل في:

* القواطع الداخلية وفي الجدران الخارجية للأبنية فيقلل الوزن الميت للبناء لكونه أحد أنواع البيتون الخفيف مما يسمح بتقليل أبعاد المقاطع واستخدام كمية أقل من التسليح .

* المنشآت المؤقتة وذلك لكلفته الأولية القليلة وسهولة هدمه وإعادة استخدام مواده الأولية مرة ثانية.

* يتمتع بعزل صوتي وعزل حراري وبالتالي لا داعي لاستخدام مواد عازلة، ويوفر في كمية الطاقة المستهلكة في عمليات التدفئة والتبريد.

مما سبق يعتبر البيتون الخالي من الرمل بيتون صديق للبيئة بكفاءة عالية، وهو ذو إنتاجية عالية وبعمالة قليلة لأن البيتون الخالي من الرمل لا يحتاج رص ولا يحتاج معدات إضافية مثل الرجاجات وتكلفة انتاجه أقل من تكلفة انتاج البيتون التقليدي بسبب غياب الرمل واستخدام كمية أقل من الإسمنت[3,4].

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير القطر الأعظمي الحصويات الخشنة في الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للبيتون الخالي من الرمل.

طرائق البحث ومواده:

نفذ هذا البحث في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين خلال الفترة الممتدة من 15-2-2018 حتى 25-5-2018. وقد تم العمل المخبري على مرحلتين :

المرحلة الأولى: انتاج خلطات من البيتون الخالي من الرمل باستخدام حصويات خشنة بثلاثة أقطار مختلفة هي (9.5, 12.7, 19) mm.

المرحلة الثانية: تقييم تأثير تغير أقطار الحصويات الخشنة في بعض خصائص البيتون الخالي من الرمل.

1 المواد المستخدمة في هذا البحث:

الإسمنت : إسمنت بورتلندي عادي أسود صنف 32.5 صنع معمل إسمنت طرطوس و توضح الجداول رقم (1) و(2) و(3) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للإسمنت المستخدم في هذا البحث.

الجدول (1): الخصائص الفيزيائية للإسمنت المستخدم

الخصائص الفيزيائية	نتائج الاختبار
النعومة cm^2/gr	3100
زمن بداية الأخذ (دقيقة)	120
زمن نهاية الأخذ (دقيقة)	220
انتفاخ لوشاتوليه mm	1

الجدول (2): الخصائص الميكانيكية للإسمنت المستخدم

الخصائص الميكانيكية	عمر العينة (يوم)	نتائج الاختبار Mpa
مقاومة الضغط لعينيات موشورية 4x4x16cm	7	23.9
	28	37

مقاومة الانعطاف لعينيات موشورية 4x4x16cm	7	7
	28	9.3

الجدول (3): الخصائص الكيميائية للإسمنت المستخدم

الخصائص الكيميائية	نتائج الاختبار %
أكسيد السيليس Sio_2	19.85
أكسيد الألمنيوم Al_2O_3	5.16
أكسيد الحديد Fe_2O_3	4.68
أكسيد الكالسيوم CaO	61.88
أكسيد المغنزيوم MgO	2.58
أكسيد الكبريت SO_3	2.2
الكلس الحر	1.73
فاقد الحرق	1.76
مواد غير ذوابة	1.4

الماء: ماء المزج المستخدم في كل الخلطات البيتونية هو الماء الصالح للشرب المتوفر في مدينة اللاذقية.

الحصويات الخشنة: الحصويات الخشنة التي تستخدم في البيتون الخالي من الرمل عادة تكون ذات مقاس واحد و تتراوح أقطارها بين mm(10–20) ويجب أن لا يكون في الحصويات حبيبات أصغر من 4.75mm لأن الحبيبات الصغيرة سوف تتجه لملء الفراغات وهذا يؤثر على مسامية البيتون الخالي من الرمل وعلى الخصائص المرتبطة بها[5] .

في هذا البحث استخدمت حصويات ذات مقاس أحادي بقطر أعظمي متغير من خلطة إلى أخرى، الأقطار المستخدمة هي mm(9.5–12.7–19)، توضح الجداول رقم (4) و(5) و(6) التحليل الحبي للحصويات المستخدمة في الخلطات الثلاث مع الكثافة الظاهرية للحصويات لكل قطر وقد اعتمدت سلسلة المناخلِ ASTM في عملية التحليل الحبي.

الجدول (4): التحليل الحبي للحصويات ذات القطر الأعظمي 9.5 mm

النسبة المئوية المارة	فتحة المنخل (mm)
100	12.7
95	9.5
0	4.75
الكثافة الظاهرية kg/m^3	1500

الجدول (5): التحليل الحبي للحصويات ذات القطر الأعظمي 12.7 mm

النسبة المئوية المارة	فتحة المنخل (mm)
100	16
95	12.7

0	9.5
الكثافة الظاهرية kg/m^3	1380

الجدول (6): التحليل الحبي للحصويات ذات القطر الأعظمي 19 mm

النسبة المئوية المارة	فتحة المنخل (mm)
100	25.4
95	19
0	12.7
الكثافة الظاهرية kg/m^3	1250

2 الخلطات البيتونية:

تم استخدام طريقة الوزن لتصميم الخلطات البيتونية بنسبة ماء إلى الإسمنت ثابتة (W/C=0.42) ونسبة حصويات إلى الإسمنت ثابتة (A/C=6) وهذه الخلطات تختلف بالقطر الأعظمي للحصويات الخشنة المستخدمة وبعد عدة محاولات على خلطات تجريبية توصلنا إلى التصميم الذي يعطي الخلطة المثالية من حيث الكثافة ونسبة الفراغ ويوضح الجدول رقم (7) تصميم الخلطات البيتونية.

الجدول (7): تصميم الخلطات البيتونية

رمز الخلطة	D_{max} (mm)	A/C	W/C	كمية الإسمنت في $1m^3$ (Kg)	كمية الماء في $1m^3$ (kg)	كمية الحصويات في $1m^3$ (Kg)	الكثافة التصميمية kg/m^3
M1	9.5	6/1	0.42	259	109	1555	1923
M2	12.7	6/1	0.42	238.33	100	1430	1768
M3	19	6/1	0.42	215	90.3	1290	1595

التحضير لعملية الخلط :

1- تغسل الحصويات بالماء للتخلص من الغبار الموجود على سطحها وذلك بهدف تأمين الالتصاق الجيد بين الحصويات والعجينة الإسمنتية ثم تترك لتجف بالهواء بشكل طبيعي كما يظهر في الشكل رقم (7).

2- تركب القوالب المكعبية و تدهن بالزيت المعدني، الشكل رقم (8).

3- توزن كميات الإسمنت والماء والحصويات اللازمة لكل خلطة .

الشكل (7): تجفيف الحصويات بالهواء بعد غسلها

الشكل (8): تجهيز القوالب المكعبية

عملية الخلط : تمت باستخدام خلاط كهربائي سعته $0.15\ m^3$ و حسب الخطوات التالية :

1- ترطيب السطح الداخلي للخلاط .

2- وضع الحصويات الخشنة في الخلاط.

3- إضافة نصف كمية الماء اللازمة إلى الحصويات .

4- خلط الحصويات مع الماء مدة دقيقة لترطيب سطحها كي تغلف بسهولة بغطاء من العجينة الإسمنتية.

5- إضافة نصف كمية الإسمنت إلى الخلاط و تدوير الخلاط لمدة دقيقة .

6- إضافة الكميات المتبقية من الماء والإسمنت بالتدريج وبالتناوب أثناء عملية المزج .

7- استمرار الخلط حتى تغطية الحصويات بالعجينة الإسمنتية بشكل جيد [2].

يوضح الشكل رقم (9) الخلطة البيتونية مع ملاحظة عدم ترسب العجينة الإسمنتية في الأسفل.

الشكل(9): الخلطة البيتونية

الشكل(10): تعبئة القوالب على دفعات

تعبئة القوالب المكعبية:

يفضل الإسراع نسبياً في صب البيتون الخالي من الرمل لأن الطبقة الرقيقة من العجينة الإسمنتية يمكن أن تجف قليلاً وهذا يؤدي إلى انخفاض التماسك والالتصاق مما يؤدي إلى تناقص في المقاومة والصلابة .

تعبأ القوالب على ثلاث طبقات ويتم دمك كل طبقة باستخدام قضيب الدمك لمدة عشر ثواني مع الانتباه لضرورة ملء زوايا القالب جيداً وبعد ذلك تتم عملية تسوية السطح [2].

توضح الأشكال رقم (10) و (11) و(12) عملية تعبئة القوالب و تسوية السطح.

الشكل (11): دمك طبقات البيتون

الشكل (12): تسوية السطح

الإنضاج : تستخرج العينات من القوالب بعد مرور 24 ساعة على عملية الصب وتوضع في حوض مائي حتى موعد إجراء الاختبار عليها.

النتائج والمناقشة:

1- الكثافة الرطبة Fresh density: تعتبر الكثافة الرطبة من الخواص الهامة للبيتون الطري وهي تعبر عن كثافة البيتون الطري المتوضع في المكان، تم قياس الكثافة الرطبة للخلطات البيتونية بعد صب القالب مباشرة، ويوضح الجدول رقم (8) قيم الكثافات الرطبة والكثافة التصميمية علماً أن الفرق المسموح به بين الكثافتين كحد أقصى 80 kg/m^3 وهذا الشرط محقق في جميع الخلطات [1].

الجدول (8): الكثافة التصميمية والكثافة الرطبة لكل خلطة

رمز الخلطة	الكثافة التصميمية kg/m^3	الكثافة الرطبة kg/m^3
M1	1923	1955
M2	1768	1841
M3	1595	1670

2-المقاومة على الضغط البسيط Compressive strength: أجري هذا الاختبار على عينات مكعبية أبعادها cm (15*15*15) باستخدام جهاز الاختبار الموجود في المخبر بأعمار (7-28-45) يوم بمعدل 3 مكعبات لكل عمر، نتائج المقاومة على الضغط البسيط لعينات البيتون الخالي من الرمل للخلطات البيتونية المدروسة مبينة في الجدول رقم (9)، يظهر في الشكل رقم (13) العينات التي ستختبر على الضغط، كما يوضح الشكل رقم (14) جهاز اختبار الضغط .

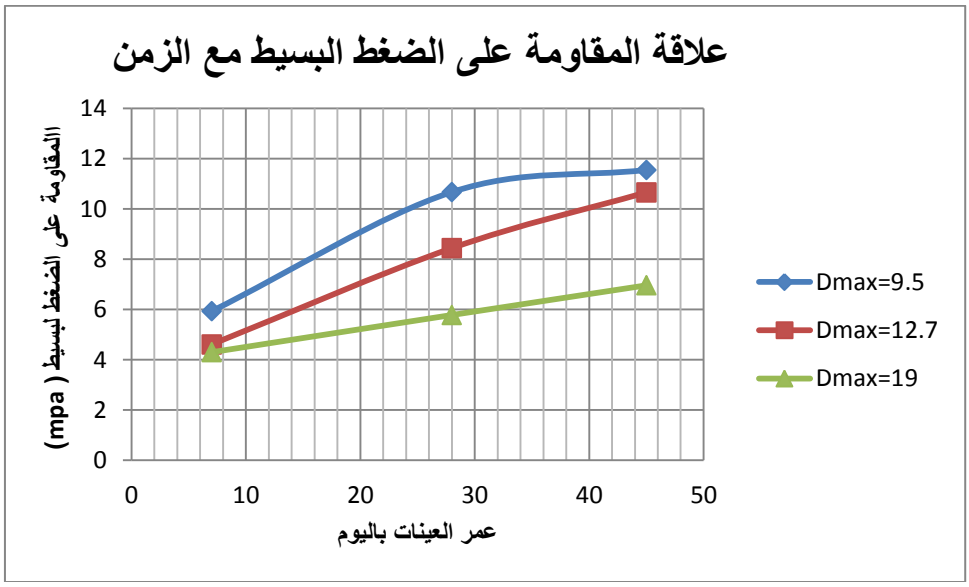
الشكل (13): العينات التي ستختبر على الضغط

الشكل (14): جهاز اختبار الضغط

الجدول (9): نتائج اختبار المقاومة على الضغط البسيط للخلطات البيتونية

رمز الخلطة	A/C	W/C	القطر الأعظمي D_{max}	المقاومة على الضغط البسيط بواحدة Mpa		
				7 أيام	28 يوم	45 يوم
M1	6/1	0.42	9.5	5.93	10.67	11.55
M2	6/1	0.42	12.7	4.61	8.44	10.66
M3	6/1	0.42	19	4.3	5.78	6.96

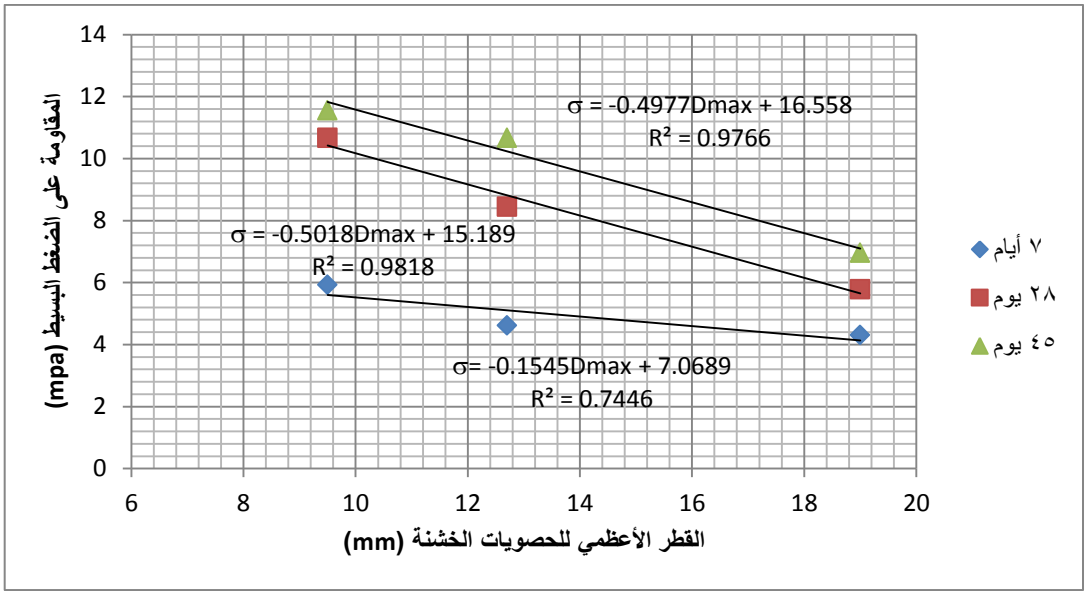
تشير هذه النتائج إلى أن المقاومة على الضغط البسيط تتناقص مع زيادة القطر الأعظمي للحصويات الخشنة، كما أن هذه المقاومة تزداد مع الزمن، يوضح المنحني المبين على الشكل رقم (15) ازدياد المقاومة على الضغط البسيط مع الزمن وتعزى هذه الزيادة إلى تقدم عملية الإماهة وتطور الروابط الإسمنتية.



الشكل (15): ازدياد المقاومة على الضغط البسيط مع الزمن

توضح المنحنيات المبينة على الشكل رقم(16) العلاقة بين المقاومة على الضغط البسيط وقطر الحصويات الخشنة بعمر (7، 28، 45) يوم، وهي علاقة خطية ذات تناسب عكسي، وبالاعتماد على النتائج السابقة تم إيجاد علاقات تمكن من التنبؤ بقيمة المقاومة على الضغط البسيط تبعا لقطر الحصويات الخشنة، فمثلاً بعمر 45 يوم يمكن حساب المقاومة على الضغط البسيط من العلاقة :

$$\sigma = -0.4977 * Dmax + 16.558$$



الشكل(16): العلاقة بين المقاومة على الضغط البسيط والقطر الأعظمي للحصويات الخشنة بعمر(7،28،45) يوم

3-حساب الناقلية الحرارية Thermal conductivity: تعتبر خاصية العزل الحراري من أهم خواص البيتون الخالي من الرمل التي يجب التأكد منها عند استخدامه في أعمال البناء، وتعرف الناقلية الحرارية بأنها كمية الحرارة التي تجتاز سماكة الجدار خلال ساعة واحدة وعلى مساحة $1m^2$ من الجدار، أجري هذا الاختبار على عينات مكعبية مجففة أبعادها cm(15*15*15) وعمرها 28 يوم، وحسبت الناقلية الحرارية من العلاقة التالية[7]:

$$K = 0.072e^{0.00125\rho}$$

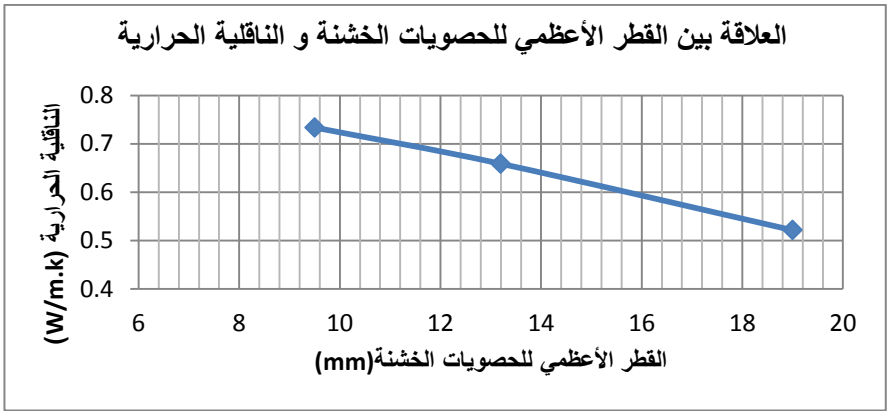
K:الناقلية الحرارية لنموذج مجفف (W/m.k).

ρ:الكثافة الجافة بعمر 28 يوم (kg/m^3) .

يوضح الجدول رقم (10) الكثافات الظاهرية والجافة وقيم الناقلية الحرارية للخلطات البيتونية، ويوضح المنحني المبين على الشكل رقم (17) العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والناقلية الحرارية، مع ملاحظة أن الناقلية الحرارية للبيتون تقل مع ازدياد القطر الأعظمي للحصويات الخشنة وهذا يعزى إلى ازدياد حجم الفراغات وبالتالي ازدياد كمية الهواء الموجودة ضمن البيتون مع التذكير بأن الهواء عازل جيد للحرارة.

الجدول (10): الكثافة الجافة والكثافة الظاهرية والناقلية الحرارية لكل خلطة

رمز الخلطة	الكثافة الظاهرية بعمر 28 يوم (kg/m^3)	الكثافة الجافة بعمر 28 يوم (kg/m^3)	الناقلية الحرارية (W/m.k)
M1	1915	1857	0.73356
M2	1812	1771	0.6588
M3	1640	1584	0.52148



الشكل (17): العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والناقلية الحرارية.

4-اختبار امتصاص الماء Absorption: أجري هذا الاختبار على العينات التي تم تجفيفها في الفرن لمدة 24 ساعة في الاختبار السابق، وضعت العينات في حوض مائي درجة حرارته 21 درجة مئوية لمدة 24 ساعة، بعد إخراج العينات من الحوض المائي يجفف سطحها بمنشفة ثم توزن للحصول على الوزن المشبع للعينة [6,5]، يحسب الامتصاص بالعلاقة التالية:

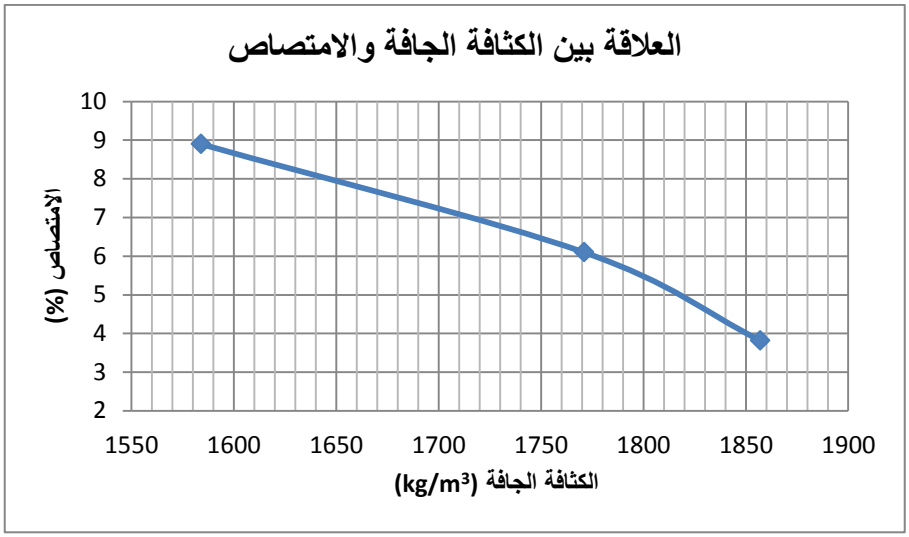
$$Absorption\% = \frac{W2-W1}{W1} * 100$$

W1: الوزن الجاف للعينة. W2: الوزن المشبع للعينة.

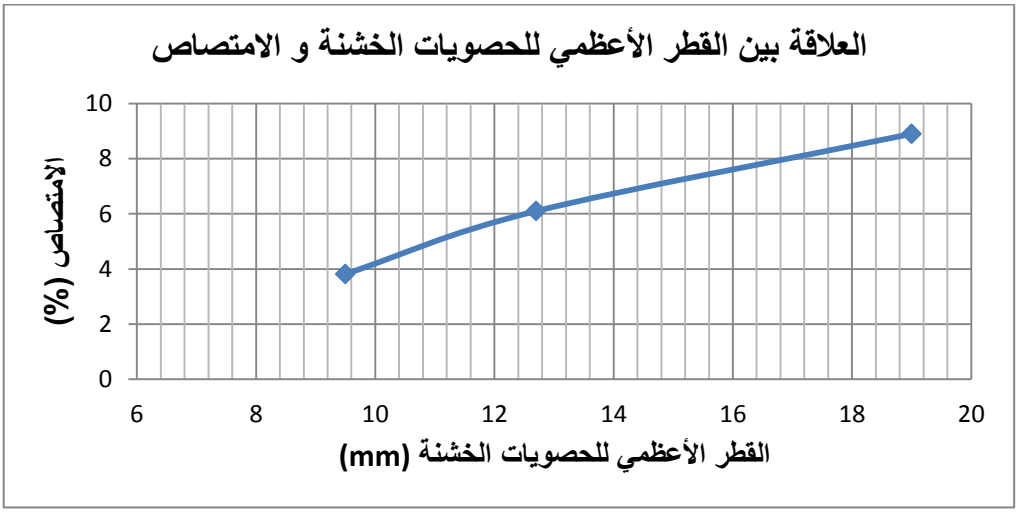
تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة يؤدي إلى تناقص الامتصاص وازدياد الكثافة، وهذا يعزى إلى إن تناقص القطر الأعظمي للحصويات يؤدي إلى تقليل الفراغات الموجودة وبالتالي تعبئة أفضل وازدياد في قيمة الكثافة ونقصان في قيمة الامتصاص، يعطي الجدول رقم (11) قيم الكثافة الجافة والامتصاص لكل خلطة، ويوضح المنحني المبين على الشكل رقم (18) العلاقة بين الكثافة الجافة والامتصاص كما يوضح المنحني المبين على الشكل رقم(19) العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والامتصاص.

الجدول (11): قيم الكثافة الجافة والامتصاص لكل خلطة

رمز الخلطة	الكثافة الجافة (kg/m^3)	الامتصاص (%)
M1	1857	3.82
M2	1771	6.1
M3	1584	8.9



الشكل (18): العلاقة بين الكثافة الجافة والامتصاص



الشكل(19) :العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والامتصاص

5-إختبار المسامية Porosity: المسامية هي نسبة حجم الفراغ في البيتون المتصلب إلى الحجم الكلي للبيتون، وقد وحسبت المسامية من العلاقة التالية [6,5]:

$$P = (1 - C) * 100$$

P :المسامية %.

C :الاكتناز .

$$C = \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الصلبة}}$$

الكثافة الصلبة تحسب من العلاقة التالية:

$$\rho s = \frac{w1}{w1 - w2} * pw$$

W1 : وزن المكعب في الهواء.

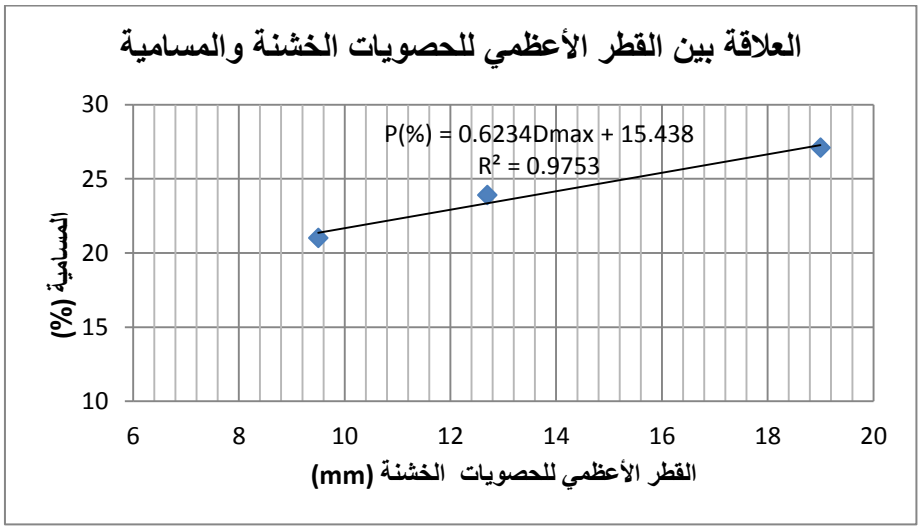
W2 : وزن المكعب في الماء.

ρw :كثافة الماء.

يظهر الجدول رقم (12) نتائج هذا الاختبار، كما يوضح المنحني المبين على الشكل رقم (19) تأثير القطر الأعظمي الحصويات الخشنة في المسامية حيث أن تناقص القطر الأعظمي للحصويات يؤدي إلى تناقص المسامية.

الجدول (12) : قيم المسامية للخلطات الثلاث

رمز الخلطة	القطر الأعظمي (mm)	المسامية (%)
M1	9.5	21
M2	12.7	23.9
M3	19	27.1



الشكل(19): العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والمسامية

إن العلاقة بين القطر الأعظمي للحصويات الخشنة والمسامية هي علاقة خطية ذات تناسب طردي، وبالاعتماد على النتائج السابقة تم إيجاد علاقة تمكن من التنبؤ بقيمة المسامية تبعا للقطر الأعظمي للحصويات وهذه العلاقة هي:

$$P(\%)=0.6234*D_{max}+15.438$$

يوضح الشكلان (20) (21) أننا تمكنا من إنتاج بيتون بمسام متصلة تشكل أنابيب تصريف تسمح بمرور المياه عبرها.

الشكل(20): مرور الماء عبر مكعب قياس (15*15*15)cm

الشكل(21): مرور الماء عبر مكعبات قياس (10*10*10)cm و بأحجام مختلفة للحصويات

الاستنتاجات والتوصيات:

1- يؤثر القطر الأعظمي للحصويات الخشنة في خصائص البيتون الخالي من الرمل، إذ أدى تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 19mm إلى 9.5mm إلى زيادة الكثافة والمقاومة على الضغط البسيط والناقلية الحرارية وتناقص الامتصاص والمسامية بشكل واضح.

2- أدى تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 19mm إلى 9.5mm إلى زيادة المقاومة على الضغط البسيط من (6.96 mpa) إلى (11.55 mpa) أي بزيادة قدرها 66% .

3- أدى تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 19mm إلى 9.5mm إلى تناقص المسامية من (27.1%) إلى (21%) أي بتناقص قدره 22.5% .

4- أدى تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 19mm إلى 9.5mm إلى تناقص الامتصاص من (8.9%) إلى (3.82%) أي بتناقص قدره 57% .

5- كشف تحليل النتائج أن هناك علاقة عكسية بين المقاومة على الضغط البسيط والكثافة من جهة والقطر الأعظمي للحصويات الخشنة من جهة أخرى، وهناك علاقة طردية بين المسامية والامتصاص من جهة والقطر الأعظمي للحصويات الخشنة من جهة أخرى.

6- هناك علاقة عكسية بين الناقلية الحرارية من جهة والقطر الأعظمي للحصويات الخشنة من جهة أخرى، حيث أدى تناقص القطر الأعظمي للحصويات الخشنة من 19mm إلى 9.5mm إلى ازدياد الناقلية الحرارية من (0.52148) إلى (0.73356) أي بزيادة قدرها 40.67 %.

المراجع:

1- NRMCA, "*Pervious Concrete What ,why ,how?"* , 2004, www.nrmca.org.

2- JIMMA. E. B. "*Workability-Integrated Mixture Proportioning Method for Pervious Concrete"*, Clemson university, August 2014.

3- إحسان، حمدي علي. "*دراسة بعض خواص الخرسانة الخالية من الرمل*". رسالة ماجستير، هندسة البناء والإنشاءات، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق، 2005.

4- الخطيب، حسان عصام. "*دراسة مقارنة لبعض خصائص الخرسانة خفيفة الوزن*". رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق، 2004.

5- MALHOTRA V. M. "*No-Fines Concrete-its properties and Applications",* Journal of ACI, Vol. 73, No. 11, November, 1976, pp. 628-644.

6-ASTM C642-97, "*Standerd Test method for density,Absorption,And voids in hardened Concrete*" , ASTM Standerds ,04.02, 2003, pp. 1-3. ACI, Vol. 83, September-October, 1986, pp. 830-837.

8- NEVILLE A. M. "*properties of concrete*". Third edition Pitman Publishing Limited , London, UK, 1981.