بعض الخواص الميكانيكية لخرسانة نشارة الخشب

د.بيان سالم النعمان
أستاذ مساعد
كلية الهندسة
الجامعة المستنصرية

د.أياد عبد الحميد صليبي
مدرس
كلية الهندسة
جامعة الأنبار

عبد القادر إسماعيل عبد الوهاب الحديثي
مدرس مساعد
كلية الهندسة
جامعة الانبار

Abstract :

This research includes study the effect of adding sawdust, which is obtained from some of Al-Ramadi carpentry factories on the properties of concrete like compressive strength, flexural strength and splitting tensile strength. The concrete mixes by volume were (1:1:1) , (1:1.5:1.5) , (1:2:1) and (1:1:0) (cement:sand:sawdust) respectively.

Pundit instrument is used to find the pulse velocity for this kind of concrete .

الخلاصة:

يتضمن هذا البحث دراسة تأثير إضافة نشارة الخشب الناتجة من بعض معامل نجارة الخشب في مدينة الرمادي على خواص الخرسانة مثل مقاومة الانضغاط ومعايير الكسر ومقاومة الشد بالانشطار . تم استخدام الخلطات الخرسانية بنسب خلط حجمية (سمنت: رمل:نشارة) (1:1:1) ، (1.5:1.5:1) ، (1:2:1) ، (0:1:1) .

كما تم استخدام الجهاز المعروف بالـ Pundit لايجاد سرعة الموجات فوق الصوتية لهذا النوع من الخرسانة ومن ثم ايجاد العلاقة التي تربط بين مقاومة الانضغاط وسرعة الموجات فوق الصوتية.

1- المقدمة:

تتجه الدول الصناعية المتقدمة والدول النامية في وقتنا الحاضر لإيجاد وسائل عديدة للتدبير الاقتصادي في جميع ميادين الحياة ، ومن ضمنها قطاع البناء والإنشاءات ، ومنذ أن أصبحت الخرسانة المادة الأكثر شيوعاً في البناء ازداد الاتجاه لإيجاد أنواع مختلفة من الخرسانة تتمتع برخص ثمنها وتكون ذات خصائص مميزة أخرى كالعزل الحراري وخفة الوزن.

برز اتجاه استخدام الألياف النباتية في الخرسانة كمجال ذو فائدة مزدوجة فمن ناحية يمكن أن يمثل جزءاً من الخرسانة توفره في الطبيعة بسخاء ، ومن ناحية أخرى يمثل علاجاً بيئياً يتمثل بالتخلص من مخلفات الطبيعة التي ان لم يتم معالجتها قد تسبب تلوثاً ضاراً على البيئة.

2- خرسانة نشارة الخشب واستخداماتها:

تتكون خرسانة نشارة الخشب من السمنت والرمل ونشارة الخشب بتدرج مختلف ، تتمتع هذه الخرسانة بخاصية خفة الوزن ، ويعزى ذلك لكون نشارة الخشب مادة مالئة واطئة الكثافة ، إن استعمال هذه المادة سيكون مرغوباً فيه اذا تم اخذ الكلفة بنظر الاعتبار.

يستخدم هذا النوع من الخرسانة كسطوح عازلة ، وفي انتاج الكتل البنائية أو الجدران الحاملة وغير الحاملة للأثقال . إن استخدام نشارة الخشب كأحد أنواع المخلفات النباتية في صناعة الخرسانة لقي اهتمام من قبل عدد من الباحثين قبل أكثر من عقدين من الزمن ، خصوصاً عند استخدامه كركام

للخرسانة الخفيفة الوزن المستخدمة في انشاء الابنية . درس (Baver) [1] منذ زمن بعيد خواص خرسانة (السمنت:نشارة الخشب) وبين إمكانية استخدامها كخرسانة خفيفة الوزن.

أعطى (Parker) [2] ولاول مرة موجزاً مفصلاً يوضح كيفية استخدام نشارة الخشب كركام ، حيث استخدم في دراسته خلطات بنسب حجمية مختلفة من نشارة خشب الجام والسمنت حيث تم استخدام نسب خلط حجمية تتراوح من (1:1) الى (4:1) ، كما أعد هذا الباحث قائمة بالمعالجات للتعامل مع الخواص الغير مرغوبة للنشارة ، وفي مقدمتها التأثير المانع للتجمد والتصلب للسمنت وكالآتي:

*معالجات تضمنت الأكسدة الجزئية للخشب.

*معالجات صممت لمنع دخول الماء إلى النشارة وبالتالي تمنع الفعل التحللي.

*معالجات تهدف إلى التعادل بواسطة القواعد وذلك بترسيب مادة (التانيت) وهي مادة حامضية يتم ترسيبها أو المعالجة بواسطة الكبريتات.

*معالجة السمنت بجعله سريع التصلب بمعنى جعل آلية التصلب تبدأ قبل تحلل المكونات المؤذية في الخشب والتي بفعلها يتأثر تصلب السمنت.

كما استخدم (Parker) [2] في دراسته المعالجة باستخدام النورة المتحدة مع كلوريد الكالسيوم وكانت النتائج موضحة في الجدول رقم (1).

من الجدول رقم (1) يتبين أن مقاومة هذا النوع من الخرسانة ليست عالية ولكن قيم التوصيل الحراري كانت مرضية ، وكان انكماش الجفاف عالياً وكذلك الحال بالنسبة للتمدد الرطوبي ، هذه الصفات حدت من استخدام خرسانة نشارة الخشب .

جدول (1):نتائج دراسة (Parker)[2] حول خرسانة نشارة الخشب.

نسبة الخلط (سمنت:رمل)	الكثافة كغم/م^3	مقاومة الانضغاط بعمر 28يوم (ميكاباسكال)	مقاومة الشد بعمر 28 يوم (ميكاباسكال)	معامل التوصيل الحراري (W/mk)	الانكماش %	التمدد الرطوبي %
1:1	1600	35	7	- -	0.25	0.15
2:1	1200	12	3.8	0.3	0.35	0.22
3:1	900	5	1.8	0.3	0.5	0.28
4:1	650	1.8	1.1	0.2	0.5	0.3

لم يوضح (Parker) كيفية التغلب على هذه المشاكل من جهة ، كما أن هنالك نقصاً في بعض المعلومات الخاصة بهذه الدراسة مثل نسبة الماء/السمنت المستخدمة من جهة أخرى ، كما إنه لم يحدد العمر الذي سجل فيه انكماش الجفاف.

نظراً لتوفر نشارة الخشب بغزارة وبكلفة قليلة نسبياً في المناطق الاستوائية والتي هي بامس الحاجة الى انتاج مواد انشائية رخيصة الثمن لاستخدامها في البناء فإن البحوث والدراسات الخاصة بخرسانة نشارة الخشب ما زالت مستمرة في مثل تلك البلدان ، ففي جامعة سنغافورة (3 ، 4) أُجريت بحوث موسعة على هذا النوع من الخرسانة باستخدام خلطات تجريبية وباستخدام نشارة خشب معالجة قبل عملية الخلط وبنسبة ماء/سمنت معينة مع المزج المطلوب للخلطات حيث تم استخدام نشارة الـــ(Kempas) حيثُ وجد أنَها تعطي نتائج جيدة بعد تنقيعها بالماء لمدة ساعة واحدة قبل استخدامها ولمحتوى نشارة خشب عالي مثل نسبة حجمية (3:1) ويجب تحقيق المزج المطلوب والخلط الكافي وذلك لتعجيل زمن تصلب الخرسانة .

وفي تايلند [5] كانت نتائج البحوث مشجعة بالنسبة للخواص الإنشائية لخرسانة نشارة الخشب حيث استخدمت النسب(سمنت:نشارة) : (1:1) ، (2:1) و (3:1) باستعمال نشارة خشب

الـــ(Kempas) والتي تمت معالجتها بالتنقيع وحسب توصيات الدراسات في هذا المجال في سنغافورة،والجدول رقم (2) يبين نتائج هذه الدراسة.

جدول (2):خواص خرسانة نشارة الخشب حسب دراسة تايلند[5] .

Mixes (cement:sawdust) / Days	Comp. Str.(Mpa)			Modulus of Rupture (Mpa)			Split tensile (Mpa)		
	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3	1:1	1:2	1:3
7	15	4.5	2.5	2.8	1.6	0.8	1.8	0.6	0.4
14	25	6.5	3.5	4.0	2.1	1.3	2.3	0.8	0.5
21	29	8.0	4.5	4.7	2.3	1.5	2.5	1.0	0.6
28	31	8.5	5.0	5.0	2.5	1.6	2.7	1.8	0.7

3- المواد المستخدمة وطرق الفحص:

3-1- السمنت:

استعمل السمنت البورتلاندي الاعتيادي(النوع الأول-ASTM Type I) إنتاج معمل سمنت كبيسة ، والمطابق للمواصفات العراقية الخاصة بالسمنت البورتلاندي م.ق.ع. 1984/5 .

3-2- الركام:

استعمل ركام ناعم مصدره مقلع (كيلو 35) في محافظة الانبار ، وتم أيجاد تدرجه حسب المواصفة البريطانية (B.S. 410:1976).[6]

جدول (3): التحليل المنخلي للركام الناعم (الرمل).

Sieve	gm	%	Passing%
3/8	50	0.55	99.45
No.4	125	1.38	98.62
No.8	850	9.44	90.56
No.16	1860	20.67	79.33
No.30	3500	38.88	61.12
No.50	6740	74.88	25.12
No.100	8000	88.88	11.12
No.150	8500	94.44	5.56
No.200	8800	97.77	2.23

3-3- الماء :

استعمل ماء الشرب الاعتيادي لمدينة الرمادي لجميع الخلطات.

3-4- نشارة الخشبSaw dust:

تم استخدام خليط من الأحجام المختلفة من نشارة الخشب الأبيض (الجام) soft wood ، والجدول رقم (4) يوضح تدرج نشارة الخشب المستخدمة في هذا البحث.

جدول (4):التحليل المنخلي لنشارة الخشب.

Sieve	gm	%	Passing%
3/8	110	32.83	16.16
No.4	214	63.88	36.12
No.8	274	81.79	18.21
No.16	315	94.029	5.97
No.30	320	95.522	4.478
No.50	325	97.015	2.985
No.100	327	97.612	2.388
No.150	329	98.21	1.79
No.200	330	98.507	1.49

نسبة الاطيان=1.49%

جدول (5):المواصفات الفيزياوية لنشارة الخشب.

الوزن النوعي	0.6-0.63
الامتصاص	%198.4
الكثافة	137.5كغم/م^3
الكثافة المرصوصة	210 كغم/م^3

4- عملية خلط ورص الخرسانة :

تمت عملية الخلط داخل مختبر الخرسانة في قسم الهندسة المدنية / جامعة الانبار باستخدام خلاطة حوضية ذات سعة (0.07م^3) ، وكانت عملية الخلط تتم بوضع كمية من النشارة ثم كمية من الركام ثم كمية من السمنت ثم تضاف الكمية المتبقية من الركام والنشارة والسمنت ثم تتم عملية الخلط

الجاف الا أن تتم ملابسة الخلطة بالكامل ثم تتم عملية إضافة الماء إلى الخليط الناتج مع أستمرار الخلط بالخلاطة الحوضية لحين الحصول على الخليط المتجانس،ومن ثم تمت عملية صب الخرسانة في القوالب على شكل طبقتين حيث تم رص كل طبقة بوساطة هزازة كهربائية لمدة لاتزيد عن 7 ثوان، وبعد إتمام صب الطبقتين ورصها تمت معالجة سطح النماذج بالمالج لغرض الحصول على سطح مستوٍ .

5- الإنضاج وأسلوب المعالجة :

بعد إكمال عملية صب النماذج الخرسانية تم تركها في جو المختبر لمدة 24 ساعة ثم تم فتح القوالب الحديدية واخراج النماذج الخرسانية وتغطيسها في الماء لمدة (7) أيام ومن ثم تم اجراء الفحوصات.

6- الخلطات المستعملة :

تم استخدام الخلطات الآتية :

اسم الخلطة	سمنت:رمل:نشارة خشب	نسبة الـــ(الماء:السمنت)
A	1:1:1	0.5
B	1.5:1.5:1	0.5
C	1:2:1	0.5
D	0:1:1	0.5

*تم استخدام خلطة مرجعية لغرض اجراء المقارنة مابينها وبين الخلطات الحاوية على نشارة الخشب.

7- القوالب المستخدمة:

تم استخدام قوالب حديدية بابعاد (100×100×100)ملم هُيِّئت للحصول على نماذج خرســـانية استخدمت في فحوصات مقاومة الانضغاط ، وتم استعمال قوالب حديدية بأبعاد (100×100×500) ملم لانتاج نماذج خرسانية استعملت في فحوصات معاير الكســـر Flexural Strength وفـــي فحوصـــات

الذبذبات فوق الصوتية كما واستخدمت نماذج أسطوانية بابعاد (100×200) ملم في فحص الشد غير المباشر (الانفلاق) .

ملاحظة: تم دهن السطح الداخلي لكل قالب بدهن المحركات وبطبقة خفيفة بواسطة فرشاة بعد تنظيف كل قالب بعد عملية صب سابقة.

8- الفحوصات :

8-1- فحص مقاومة الانضغاط :

استعملت ماكنة فحص من نوع (ELE) ذات سعة (1000 كيلونيوتن) لفحص مقاومة الانضغاط ، وتم الفحص طبقاً للمواصفة (B.S.1881.Part(5):1983)[7] وكانت اعمار الفحص 7 ، 14، 28 يوما ، حيث تم فحص ثلاثة مكعبات لكل عمر.

8-2- فحص معاير الكسر:

استخدمت ماكنة فحص نوع (ELE) ذات سعة (50 كيلو نيوتن) اتبع أسلوب نقطتي التحميل لفحص مقاومة الانثناء وبمسافة امتداد 400 ملم وكانت أعمار الفحص 7 ، 14 ، 28 يوما وفحصت ثلاثة نماذج لكل عمر وطبقاً للمواصفة (B.S.1881:Part 118:1983)[8] .

8-3- فحص الذبذبات فوق الصوتية:

استخدم الجهاز المتنقل المعروف تجاريا باسم (Pundit) ، حيث تم استخدام محولي طاقة Transducers ذوي تردد مقداره 54 كيلوهرتز لإرسال الذبذبات فوق الصوتية والتقاطها ، تم وضع طبقة رقيقة من دهن المحركات لتسهيل عملية إرسال الذبذبات وكذلك لتقليل تأثير الفجوات الموجودة على طرفي الفحص (السطحين الجانبين المتقابلين لنماذج مواشير فحص معاير الكسر) .

إن المعادلة التي تعبر عن سرعة الذبذبات (V) هي :

$$V = \frac{L}{T}$$

حيث أن :

V = سرعة الموجات فوق الصوتية بوحدات (كيلومتر/ثا)

L = طول المسار الخاص بالموجة بوحدات (الكيلومتر)

T = الزمن الذي تستغرقه الذبذبة لعبور مسار محدد (L) ووحداته (جزء بالألف من الثانية).

9- مناقشة النتائج مع الاستنتاجات :

9-1- مقاومة الانضغاط Compressive Strength :

يوضح الجدول رقم (6) وكل من الأشكال (1) و (2) أنَ هنالك تأثيراً سلبياً لزيادة نسبة كل من الرمل والنشارة على مقاومة الانضغاط ، فعند زيادة نسبة كل من الرمل والنشارة بصورة متساوية ((37.5% رمل و 37.5% نشارة) أي ان نسبة المادة المالئة الكلية 75%) قلت مقاومة الانضغاط ، في حين أنَ زيادة نسبة الرمل بصورة أكبر من نسبة نشارة الخشب ((50% رمل و 25% نشارة) نسبة المادة المالئة الكلية 75% أيضاً) أدى إلى انخفاض مقاومة الانضغاط بصورة أكبر ولمختلف أعمار الفحص .

كما تشير النتائج إلى أنَ شكل التشوه الحاصل على النماذج يتباين اعتمادا على نسب المواد المالئة وكان أكثر النماذج تشوهاً بعد الفحص هي نماذج الخلطة (C) ، في حين كانت أقل النماذج تشوهاً هي نماذج الخلطة (A) .

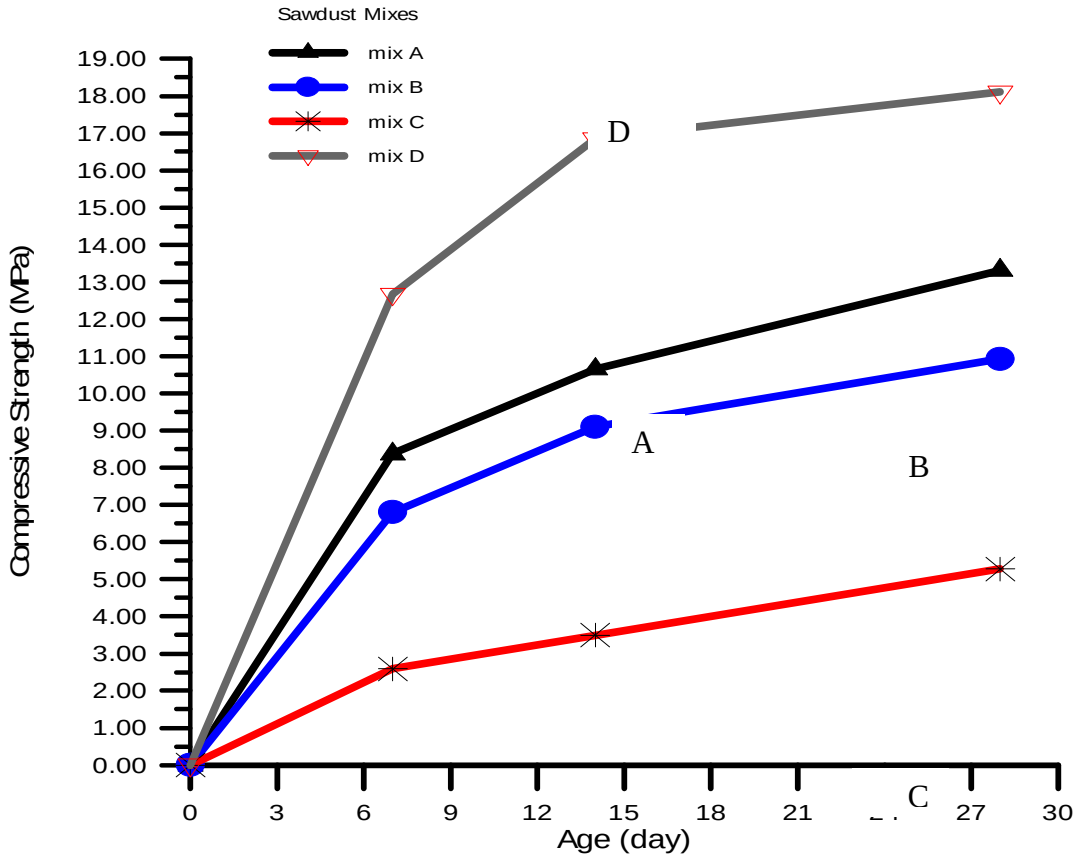
تعتبر نشارة الخشب نوع ضعيف من الركام لذا فان زيادة كمية هذا الركام يعني انخفاضاً في مقاومة الخرسانة للانضغاط وبذلك سوف تزداد درجة التشوه الحاصل على النماذج المفحوصة ، كما أنَّ استخدام نشارة الخشب في الخرسانة يزيد من حاجة الخليط الى الماء مما يعني زيادة نسبة الماء/السمنت مما يؤدي بالتالي الى انخفاض في مقاومة الانضغاط وهذا ما أكده بيان سالم النعمان في دراسته حول مقاومة وسلوك خرسانة نشارة الخشب[9].

تصنف نشارة الخشب ضمن أحد أنواع الألياف الطبيعية ، ومن المعلوم أن استخدام هذا النوع من الالياف يسبب زيادة مقدار الفراغات (الفجوات) في هيكل الخرسانة مؤدية الى قلة مقاومة الانضغاط.

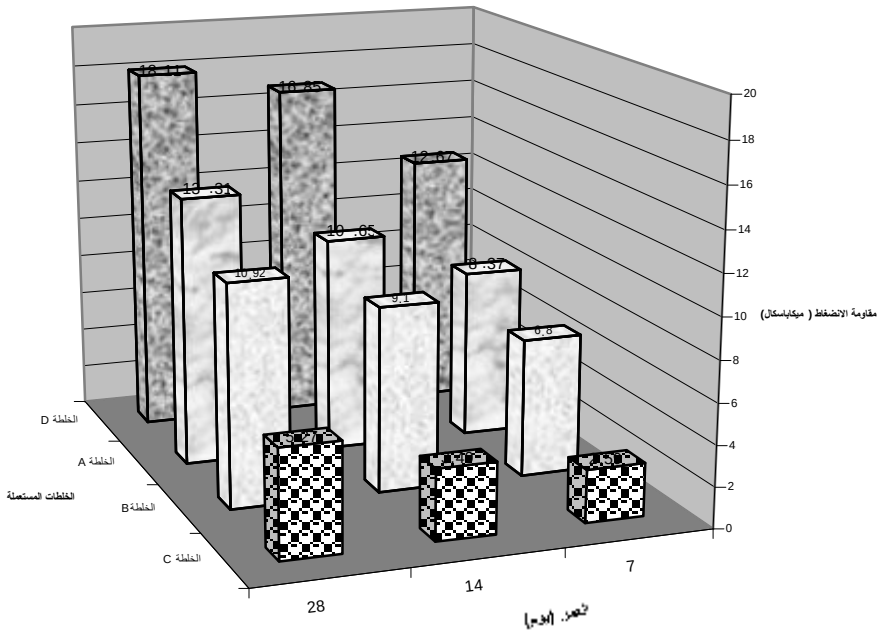
يوضح الشكل (3) العلاقة بين مقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم وسرعة الموجات فوق الصوتية، يتبين من هذا الشكل أن سرعة الموجات كانت للخلطة (B)(نسبة النشارة 33%) أعلى من باقي الخلطات ثم تليها الخلطة (A) (نسبة النشارة 25%) ذات مقاومة الانضغاط الأعلى ثم تليها الخلطة (C) (نسبة النشارة 25%) ذات مقاومة الانضغاط الأدنى مما يعني ان زيادة نسبة النشارة سبب زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية.

جدول (6):معدل مقاومة الانضغاط لنماذج الخلطات المستعملة

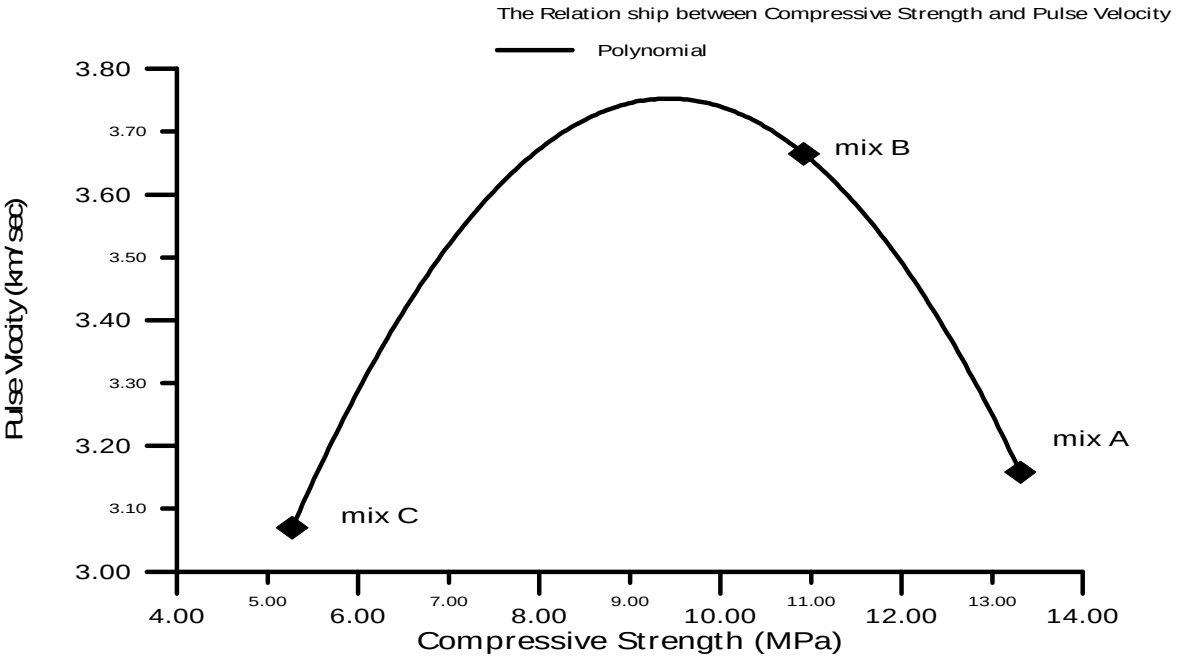
اسم الخلطة	نسبة الخلط	مقاومة الانضغاط (ميكاباسكال) حسب العمر		
	سمنت:رمل:نشارة	7	14	28
A	1:1:1	8.37	10.65	13.31
B	1.5:1.5:1	6.80	9.10	10.92
C	1:2:1	2.59	3.49	5.27
D	0:1:1	12.67	16.85	18.11



الشكل (1) :العلاقة بين العمر ومقاومة الانضغاط



شكل (2):مقارنة بين مقاومة الانضغاط للخلطات المختلفة بالأعمار المختلفة



شكل (3): العلاقة بين مقاومة الانضغاط وسرعة الموجات فوق الصوتية

2-9- **مقاومة الانثناء:Flexural Strength** :

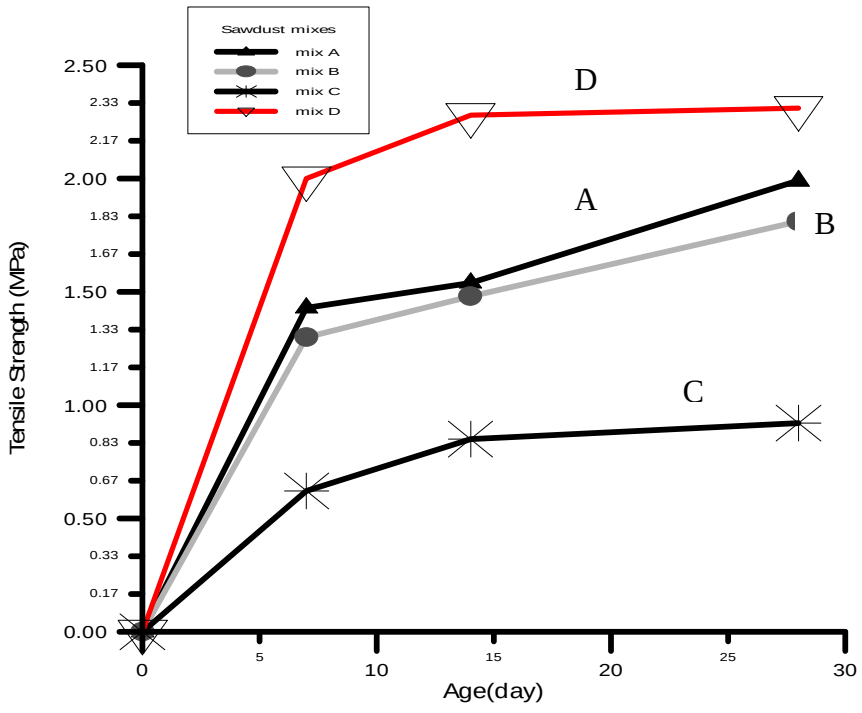
يبين الجدول (7) والاشكال (3) و (4) نتائج فحص مقاومة الانثناء (معايير الكسر) لكافة الخلطات المستخدمة في هذا البحث حيثُ تبين هذه النتائج أنَّ مقاومة الانثناء تزداد بزيادة العمر ولكافة الخلطات المستخدمة ، كما تبين هذه النتائج أنَّ نماذج الخلطات ذات المحتوى العالي نسبياً من النشارة (الخلطة (A) والخلطة (B) كانت تبدي مقاومة انثناء مقاربة للخرسانة المرجعية (الخلطة D) حيثُ تعمل نشارة الخشب كألياف تحسن من مقاومة الانثناء ، بينما يبدو أنَّ تأثير النشارة في الخلطة (C)أقتصر على كون النشارة مادة مالئة فقط.

لقد كان فشل جميع المواشير لجميع الخلطات المستخدمة في هذا البحث عدا الخلطة (A) على شكل فشل انثناء بانفصال كامل للمواشير الى جزئين ، في حين كانت نماذج الخلطة (A) قد فشلت

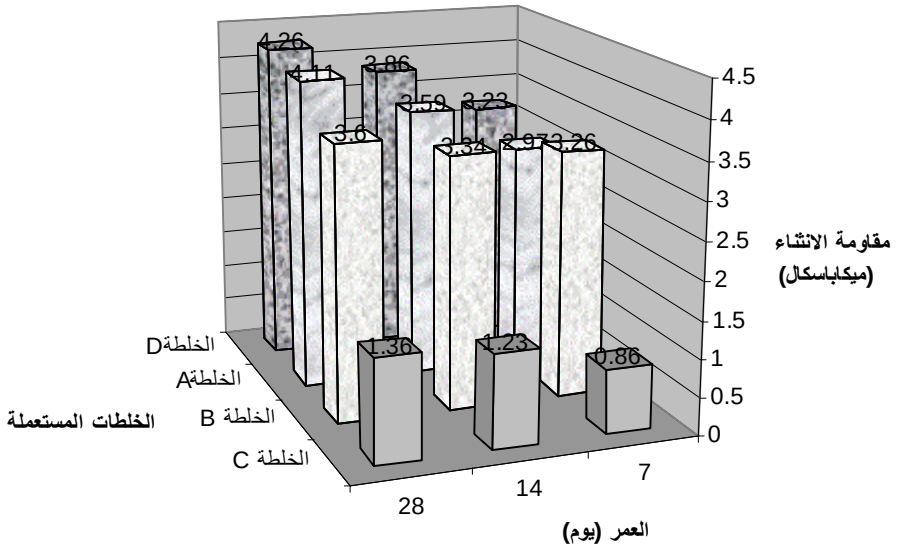
بحدوث شق عمودي بين جزئي الموشور دون انفصال كامل لهذين الجزئين حيثُ يبقى هنالك اتصـــال بين الجزئين بعد الفشل.

جدول (7):معدل مقاومة الانثناء لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسبة الخلط	مقاومة الانثناء (ميكاباسكال) حسب العمر		
	سمنت:رمل:نشارة	7	14	28
A	1:1:1	2.97	3.59	4.11
B	1.5:1.5:1	3.26	3.34	3.6
C	1:2:1	0.86	1.23	1.36
D	0:1:1	3.23	3.86	4.26



شكل (4):مقارنة بين مقاومة الانثناء للخلطات المختلفة بالاعمار المختلفة



شكل (5):مقارنة بين مقاومة الشد بالانثناء للخلطات المختلفة بالأعمار المختلفة

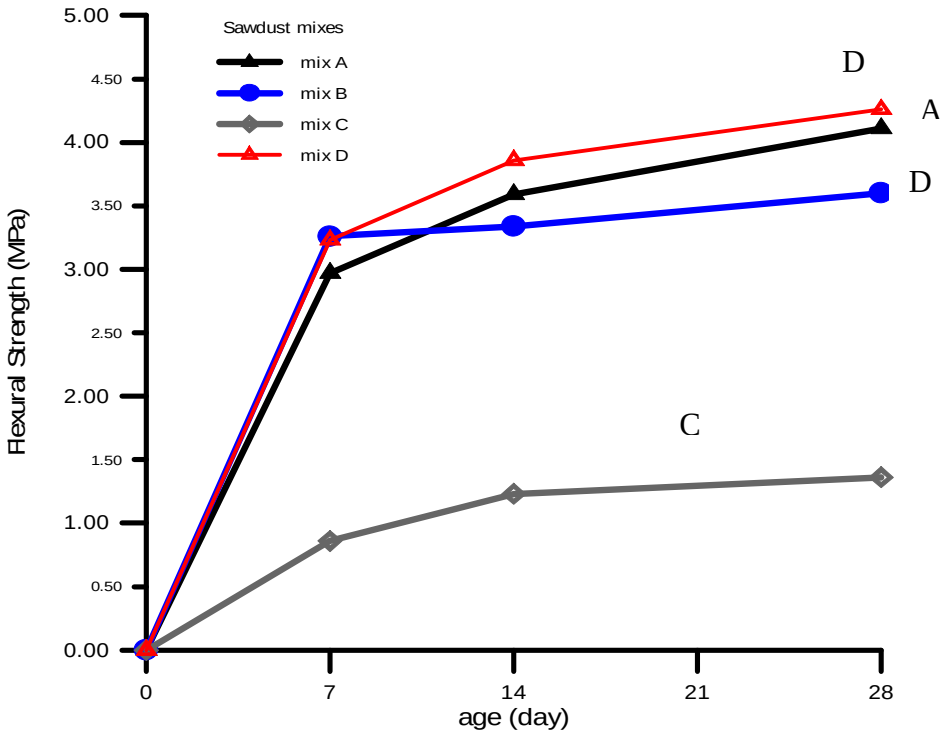
9-3- مقاومة الشد غير المباشر(الشد بالانشطار) Splitting Tension :

يبين الجدول رقم (8) نتائج فحوصات الشد غير المباشر لنماذج هذا البحث فيما توضح الأشكال (5) و (6) العلاقات التي تمثل هذه النتائج.

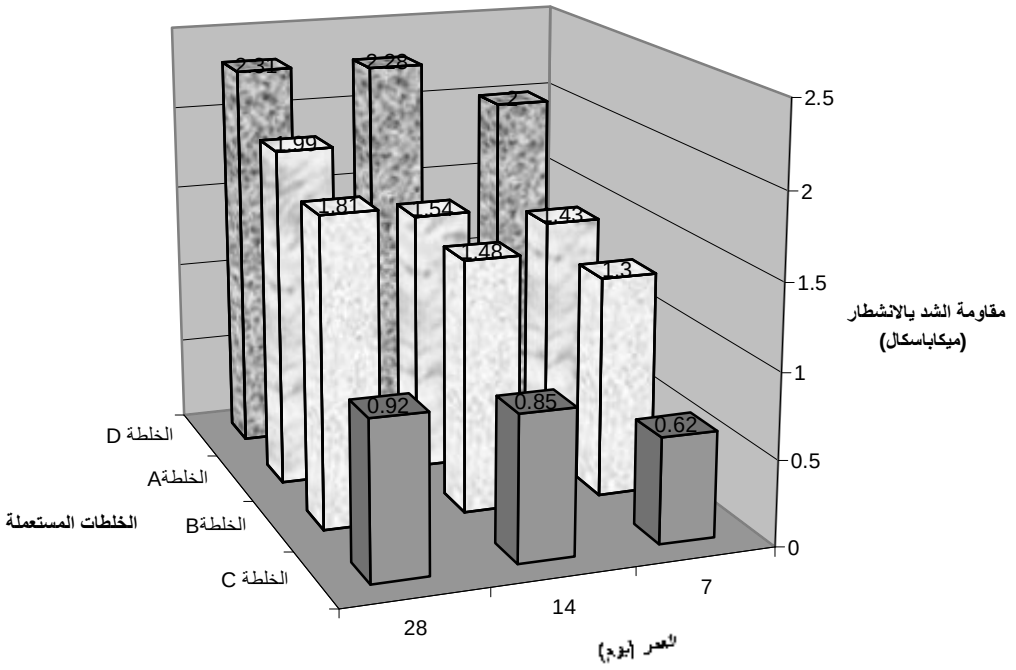
يتضح من تلك النتائج أن مقاومة الشد غير المباشر تزداد لكافة الخلطات بزيادة عمر الفحص وأنَّ مقدار النمو كان سريعاً في مقاومة الشد غير المباشر ما بين العمرين (0 و 7) يوم في حين بدا أن مقدار النمو كان أقل في الفترات التالية ولكافة الخلطات، وكما يتبين أن الخرسانة ذات المحتوى العالي نسبياً من النشارة تمتلك مقاومة شد بالانشطار مقاربة لمقاومة الخلطة المرجعية.

جدول (8):معدل مقاومة الشد غير المباشر لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسبة الخلط	مقاومة الشد غير المباشر(ميكاباسكال) حسب العمر		
	سمنت:رمل:نشارة	7	14	28
A	1:1:1	1.43	1.54	1.99
B	1.5:1.5:1	1.30	1.48	1.81
C	1:2:1	<0.63	0.85	0.92
D	0:1:1	2.00	2.28	2.31



الشكل (6) :العلاقة بين العمر ومقاومة الشد بالانشطار



شكل (7):مقارنة بين مقاومة الانشطار للخلطات المختلفة بالاعمار المختلفة

10- الاستنتاجات :

يمكن تلخيص بعض الاستنتاجات من هذا البحث وهي:

1-زيادة نسبة المادة المالئة المكونة من الرمل والنشارة بنسب متساوية يؤدي الى انخفاض مقاومة الانضغاط ، وعند زيادة نسبة الرمل عن نسبة النشارة فان مقدار الانخفاض يكون أكبر.

2-يؤدي استعمال النشارة الى زيادة درجة التشوه الحاصل على النماذج المفحوصة لغرض ايجاد مقاومة الانضغاط.

3-إن استخدام نشارة الخشب يزيد من حاجة الخرسانة الى الماء مما يعني زيادة نسبة الماء/السمنت وبالتالي إلى انخفاض مقاومة الانضغاط لهذا النوع من الخرسانة .

4-زيادة نسبة نشارة الخشب يؤدي الى زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية المخترقة للنماذج الخرسانية المصنعة من هذا النوع من الخرسانة.

5-ابدت خرسانة نشارة الخشب الحاوية على نسبة عالية نسبياً من النشارة قيم مقاربة للقيم المستحصلة في مقاومة الانثناء ومقاومة الشد بالانشطار للخرسانة المرجعية ، حيث عملت كالياف ساهمت في تحسين مقاومة الانثناء.

11- توصية :

نتيجة لقلة انتاج الخشب للاغراض الصناعية في قطرنا الحبيب العراق فإن نشارة الخشب الناتجة عن الاعمال النجارية سوف تكون بكميات قليلة لذا لايمكن استخدام خرسانة نشارة الخشب على نطاق واسع في مجال صناعة الانشاءات لدينا ، كما وأن اضافة النشارة لا يؤدي الى تحسين في المقاومة مقارنة بالخرسانة المرجعية المستخدمة في هذا البحث (1:2:4) (سمنت:رمل:حصى) والمستعملة على نطاق واسع في مجالات الهندسة المدنية المختلفة.

12- المصـــــــادر:

1-Baver,L.W., "Sawdust Concrete Investigations" . Div. Of Agriculture Engineering J. , Amor. Soc. Of Agriculture Engineers ,Vol. 9,1940.

2-Parker, T.W. , "Sawdust-cement and other sawdust building products". Chemistry and Industry J. , 1974 :593-596.

3-Tan, S. et al , "Properties of sawdust concrete". B.Eng. Project, Dept. of Civil Engineering , University of Singapore, 1974.

4-Lim, C. et al , "Further studies on the behaviour of sawdust concrete". B.Engineering Project of Civil Engineering , University of Singapore, 1975.

5-Paramasivam, P and Loke , Y.O. , "Study of sawdust concrete". International J. of Lightweight Concrete, 2(1):56-61,1980.

6-British Standard Institution , B.S. 1881.Part(5).

7- British Standard Institution , B.S. 1881.Part(116):1983, "Method for determination of compressive strength of concrete tubes" .

8- British Standard Institution , B.S. 1881.Part(116):1970, "Method for determination of flexural strength of concrete prisms.

9-Al-Nu'man B.S., "Strength and Behavior of Sawdust Concrete".Ph.D Thesis , Univ. of Mustansiriyah, 1996, 143p.