تأثير إضافة الكبريت إلى الخلطة الخرسانية

أسيل مد الله محمد
مدرس مساعد /كلية الهندسة
جامعة الانبار

الخلاصة (Abstract)

يتضمن هذا البحث دراسة تأثير إضافة مادة الكبريت المنتجة في معمل سامراء على خواص الخرسانة مثل مقاومة الانضغاط و معاير الكسر و مقاومة الشد بالانشطار. تم استخدام الخلطات الخرسانية بنسب خلط (سمنت: رمل: حصى: كبريت) (1:8.5:8.5:7) و (1:8.5:8.5:9) و (1:8.5:8.5:12) و (1:1.5:3:0)حيث أظهرت النتائج المستحصلة زيادة مقاومة الانضغاط ومعاير الكسر ومقاومة الشد بالانشطار للخرسانة الحاوية على الكبريت مع زيادة نسبة الكبريت المضاف للخلطة وتراجع هذه الزيادة في عمر (28) يوم مقارنة بالخرسانة الاعتيادية .

Abstract

This research includes study of the of effect of adding sulphur, which is obtained from Samrraa factory on the properties of concrete like compressive strength, flexural strength and splitting tensile strength.

The concrete mixes were: (1:8.5:8.5:7), (1:8.5:8.5:9), (1:8.5:8.5:12) and (1:1.5:3:0) (cement: sand: gravel: sulphur) respectively. The results refer to increasing of compressive strength , flexural strength and splitting tensile strength with increasing of sulphur ratio but increasing decreased at age (28)day with respect to ordinary concrete (sulphur ratio=0%).

1- المقدمة (Introduction)

تتجه دول العالم الصناعية المتقدمة إلى تجربة كافة المواد المتاحة في مواقع العمل من اجل الوصول إلى تحسين خواص الخلطة الخرسانية كونها احد أهم مكونات قطاع البناء و الإنشاءات الذي لم يعد بمقدور المجتمع التكيف بدونه.

في هذا البحث تم استخدام مادة الكبريت المطحونة طحناً ناعماً و إضافتها إلى الخلطة الخرسانية لمعرفة تأثير هذا الإضافة على خواص الخلطة علماً بان العراق يعتبر بلداً غنيا بهذه المادة.

2- مراجعة البحوث والدراسات السابقة

يمكن تعريف خرسانة الكبريت (SC) على أنها خليط من مادة الكبريت والرمل و الركام الخشن مع إمكانية استخدام مادة مالئة.تقنية إنتاجها تتضمن تسخين كل المكونات بدرجة حرارة أعلى من درجة انصهار الكبريت التي تصل إلى (119م) و يلي ذلك تبريد الخليط الساخن المتجانس ليصل إلى درجة حرارة الغرفة.[1]

تستخدم خرسانة الكبريت لتصنيع الأنابيب و المنهولات الداخلة في نظام شبكات المجاري.[2]

منذ عام 1977 بدأت البحوث في جامعة الملك فهد لتطوير الخرسانة باستخدام المواد الخام الأولية و المتواجدة في المملكة العربية السعودية .هذه المحاولات جعلت من خرسانة الكبريت مادة تجارية جديدة في الخليج العربي .[1]

خواص نماذج من خرسانة الكبريت (SC) تم تحضيرها باستخدام ركام ورمل المملكة العربية السعودية و تم استخدام الحجر الجيري كمادة مالئة.

الرمل المستخدم كان ضعيف التدرج ، 80-99% منه يمر خلال المنخل رقم (25) (600 مايكرون) حسب المواصفة البريطانية (BS)

تم استخدام اثنا عشرة خلطة بمستوى كبريت يتراوح من (صفر-30)% بالوزن في حين كان محتوى المادة المالئة يتراوح من (صفر - 10) % بالوزن و نسبة الركام الخشن إلى الركام الناعم الوزنية تصل إلى 2 و قد تم إجراء فحص مقاومة الانضغاط و توصلت هذه الإضافة إلى أن إضافة الحجر الجيري كمادة مالئة ناعمة على شكل مسحوق ناعم (باودر) له تأثير على مقاومة انضغاط خرسانة الكبريت ففي حالة الخلطات الخالية من المادة المالئة بلغت

[1] (A.J.Al-Tayyib,A.K.Azad,M.H.Baluch and Ms.Khan) درس -

مادة انضغاط الاسطوانة (150×75) ملم 267كغم/2سم (3800) باون/2انخ بمحتوى كبريت يصل إلى 27 % و عند إضافة باودر الحجر الجيري بنسبة 10% ازدادت مقاومة الانضغاط بمقدار 1,85 و قلل ذلك محتوى الكبريت إلى 50% مع الاحتفاظ بنفس قابلية التشغيل.

في عام 1985 أجرى (Khan)[3] دراسة عملية لنماذج خرسانة كبريت مسلحة و غير مسلحة و باستخدام الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي لفحص الخواص الفيزيائية (مقاومة الانضغاط و النفاذية) ومراقبة التآكل حيث راقب التآكل عن طريق قياس جهد نصف خلية من النموذج المسلح بالحديد و المغمور بمحلول مؤلف من (5 % Nacl.) و (5 % Mgso4) و الوقت الذي تستغرقه العينات حتى تتآكل ثم إجراء مقارنة بين خرسانة الكبريت و الخرسانة الاعتيادية فأشارت النتائج إلى أن نماذج خرسانة الكبريت كانت ذات مقاومة ضعيفة جدا للتآكل مقارنة بالخرسانة العادية. بالرجوع إلى (Shetty)[4] يتم تسخين الكبريت حتى يصل إلى درجة انصهاره ثم يمزج مع الركام الخشن و الناعم و قد تم استخدام عود كبريت من الخلطات التجريبية لإيجاد الخلطة الأمثل و التي يمكن الاعتماد عليها. تم استخدام نسبة ماء/اسمنت لا تقل عن 7و0 لجميع الخلطات ، نسبة الركام/الاسمنت = 8.5 :1، نسبة الركام الخشن إلى الركام الناعم (1:1) و باستخدام مكعبات قياس (5سم) و اسطوانات قياس (5و7 × 15 سم) و (10×20سم) .

في هذا المصدر يمكن تمييز طريقتين لإنتاج خرسانة الكبريت الطريقة A و الطريقة B .

في الطريقة (A): بعد 24 ساعة من المعالجة الرطبة يتم تجفيف النموذج في الفرن لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة 121م ثم توضع النماذج المجففة في حاوية تحتوي على كبريت منصهر بدرجة حرارة 121م لمدة 3 ساعات بعد ذلك ترفع النماذج و تنظف و تترك تبرد لتصل إلى درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة واحدة.

في الطريقة (B) : يوضع النموذج الخرساني المجفف في حاوية محكمة و يعرض إلى ضغط بخار 2 م زئبقي لمدة ساعتين و بعد إزالة البخار تغطس النماذج في الكبريت المنصهر لمدة نصف ساعة ثم تستخرج النماذج و تنظف و تترك تبرد حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة تقريباً.

فحصت مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد بالانشطار للنماذج المعدة بكلا الطريقتين ، و قد وجد بأنه لنسبة ماء/ اسمنت (0,7) كانت هناك زيادة في مقاومة الانضغاط بمقدار (7) أضعاف عند اعتماد الطريقة (B) و زيادة بمقدار (5) أضعاف عند اعتماد الطريقة (A) و عند استخدام نسبة ماء/ اسمنت = 0,8 تصل الزيادة إلى (10) أضعاف عند اعتماد الطريقة (B) و بالنسبة لمقاومة الشد بالانشطار فإنها تزداد إلى أربعة أضعاف عند اعتماد الطريقة (B) كما موضح في الجدول الآتي أدناه:

جدول (1) نتائج دراسة (Shetty)[4] حول خرسانة الكبريت لمكعبات قياس (50) مم

مدة المعالجة الرطبة (ساعة)	مدة التجفيف (ساعة)	عمر الفحص (ساعة)	مقاومة الانضغاط لمكعبات خرسانة الكبريت			
			الطريقة (A)		الطريقة (B)	
			نسبة الكبريت%	كغم/سم2	نسبة الكبريت%	كغم / سم2
24	24	54	9.1	680	12.6	1085

جدول(2) نتائج دراسة (Shetty) حول خرسانة الكبريت الاسطوانات قياس (150×75)سم

مدة المعالجة الرطبة (ساعة)	مدة التجفيف (ساعة)	عمر الفحص (ساعة)	الطريقة B	
			مقاومة الشد بالانشطار كغم/سم2	الكبريت %
24	24	54	105	12,4

3- المواد المستخدمة و طرق الفحص:

3-1- السمنت:

استعمل الاسمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح إنتاج معمل سمنت القائم و المطابق للمواصفات العراقية الخاصة بالسمنت البورتلاندي م.ق.ع. 1984/5 [5].

3-2- الركام:

3-2-1- الركام الناعم (الرمل) :

استخدم ركام نام مصدره مقلع (كيلو 35) في محافظة الأنبار و تم إيجاد تدرجه حسب المواصفة القياسية العراقية م.ق.ع 1984/45 [6].

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

Sieve size (mm)	Passing(%)	Limits of Iraq: spec. No. 45\1984 for zone(3)
4.75	100	90-100
2.36	91.6	85-100
1.18	80.1	75-100
0.6	70.8	60-100
0.3	24	12-40
0.15	7.6	0-10

3-2-2- الركام الخشن:-

استعمل ركام خشن مصدره مقلع النباعي و كان جيد التدرج و منتظم الشكل ذو مقاس 10 ملم و تم إيجاد تدرجه حسب المواصفة القياسية العراقية م.ق.ع. 45/1984. [6]

جدول (4) تدرج الركام الخشن

Sieve size (mm)	Passing %	Limits of Iraqi spec. No.45/1984 for zone (3)
14	100	100
10	89.2	85-100
5	16.6	0-25
2.36	0	0-5

3-3- الماء

استعمل ماء الشرب الاعتيادي لمدينة الرمادي لجميع الخلطات .

3-4- الكبريت

تم استخدام الكبريت المصنع من معمل سامراء على شكل باودر ناعم
وتم اجراء الفحوصات الكيميائية عليه كما مبين في الجدول ادناه :

جدول (5) جدول فحوصات الكبريت الكيميائية

Chemical symbol	S
Atomic number	16
Atomic weight	32.066
Melting point c0	115.21
Boiling point c0	444.60
Density g/cm3	2.07
Enthalpy of fusion20. kJ/mole	1.72
Thermal conductivity w/cm/k(25c0)	0.00270

4- عملية خلط و رص الخرسانة

تمت عملية الخلط باستخدام خلاطه حوضية ذات سعة (0.07م^3) و كانت عملية الخلط تتم بوضع كمية من الاسمنت ثم كمية من الركام الناعم ثم كمية من الكبريت ثم كمية من الركام الخشن ثم تضاف الكمية المتبقية من الركام الخشن و الناعم و السمنت و الكبريت ثم تتم عملية الخلط الجاف الى أن تتم ملابسة الخلطة بالكامل ثم تتم عملية إضافة الماء إلى الخليط الناتج مع استمرار الخلط بالخلاطة الحوضية لحين الحصول على الخليط المتجانس و من ثم تتم عملية صب الخرسانة في القوالب على شكل طبقتين حيث تم رص كل طبقة بواسطة هزازة كهربائية لمدة لا تزيد عن 7 ثوان و بعد إتمام صب الطبقتين و رصها تمت معالجة سطح النماذج بالماء لغرض الحصول على سطح مستوٍ.

5- الإنضاج و أسلوب المعالجة

بعد إكمال عملية صب النماذج الخرسانية تم تركها في جو المختبر لمدة 24 ساعة تم فتح القوالب الحديدية و إخراج النماذج الخرسانية و تغطيسها بالماء لمدة (7،14،28) يوم ثم إجراء الفحوصات.

6- الخلطات المستعملة

تم استخدام الخلطات الآتية :

جدول (6) الخلطات الخرسانية المستخدمة

اسم الخلطة	سمنت:رمل:حصى:كبريت	نسبة ال(الماء: السمنت)
A	7:8.5:8.5:1	0.7
B	9:8.5:8.5:1	0.7
C	12:8.5:8.5:1	0.7
D	0:8.5:8.5:1	0.7

7- القوالب المستخدمة

تم استخدام قوالب حديدية بأبعاد (100×100×100) ملم في فحوصات مقاومة الانضغاط و قوالب حديدية بأبعاد (500×100×100) ملم لفحوصات معاير الكسر و نماذج اسطوانية بأبعاد (200×100) ملم في فحص الشد غير المباشر (الانفلاق).

8- الفحوصات

8-1- فحص مقاومة الانضغاط

استعملت ماكنة الفحص من نوع (ELE) ذات سعة (1000 كيلو نيوتن) لفحص مقاومة الانضغاط و تم الفحص طبقا للمواصفة (B.S.1881.part(5):1983) [7] و كانت أعمار الفحص 7،14،28 يوما حيث تم فحص ثلاثة مكعبات لكل عمر.

8-2- فحص معاير الكسر

استخدمت ماكنة الفحص نوع (ELE) ذات سعة (50 كيلو نيوتن) حيث اتبع أسلوب نقطتي التحميل لفحص مقاومة الإنثناء و بمسافة امتداد 400 ملم و كانت أعمار الفحص 7،14،28 يوما و فحص ثلاثة نماذج لكل عمر و طبقا للمواصفة (B.S.1881. part 118:1983) [8].

8-3- فحص مقاومة الشد غير المباشر (الشد بالانشطار)

يجرى فحص مقاومة الشد بالانشطار باستخدام اسطوانات قياس (100×200) ملم بمعدل (3) اسطوانات لكل عمر و تم الفحص بموجب ASTM C496-86 [9] و تم احتساب مقاومة الشد بالانشطار حسب المعادلة التالية:

$$fst=2P/\pi dL \ldots.(1)$$

حيث :

fst : مقاومة الشد بالانشطار (Mpa)

P : الحمل المسلط الأعلى (N)

D: قطر النموذج (mm)

L: طول النموذج (mm)

9- مناقشة النتائج مع الاستنتاجات

9-1- مقاومة الانضغاط Compressive strength

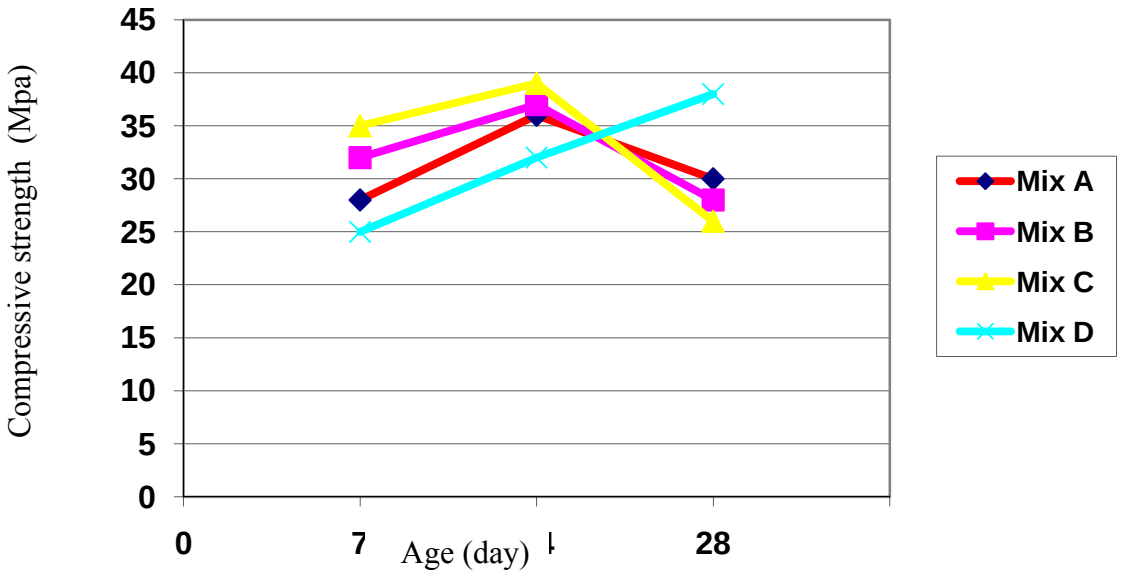
يوضح الجدول رقم (7) و كل من الأشكال (1) و (2) أن هنالك تأثيرا ايجابيا لزيادة نسبة الكبريت على مقاومة الانضغاط في الأعمار (7،14) يوم فعند زيادة نسبة الكبريت من (0-7) % زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (12و12,5) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-9) % زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (28 و 62 , 15) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-12) % زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (40 و21) % للأعمار (7،14) يوما على التوالي.

و عند فحص النماذج في عمر (28) يوما وجد أن هناك تناقصا و تراجعا عن هذه الزيادة في مقاومة الانضغاط فعند زيادة نسبة الكبريت من (0-7) % كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (66,26) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-9) % كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (71, 35) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-12) % كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (15, 46) %وعلى امتداد أعمار الفحص (7، 14، 28) يوما

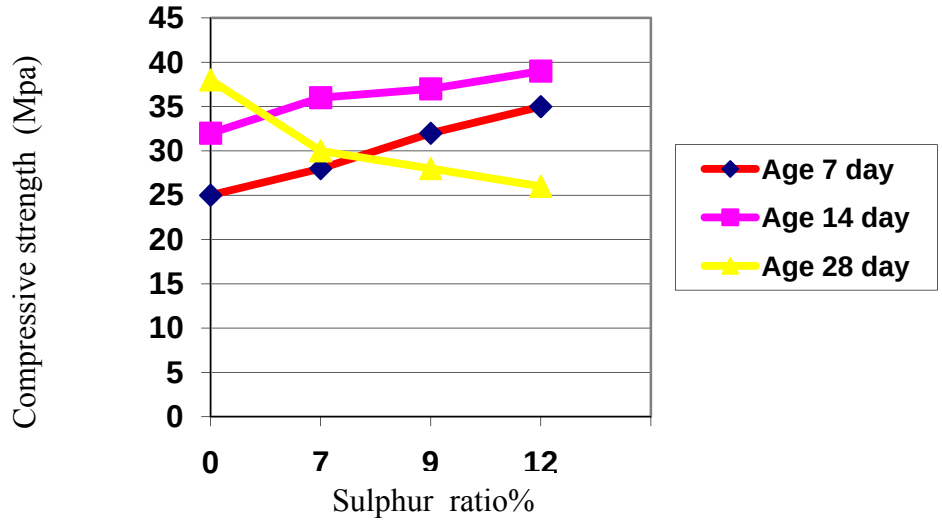
كانت مقاومة الانضغاط تزداد بالنسبة للخلطة المرجعية (نسبة الكبريت = 0 %) أما بالنسبة للخرسانة الحاوية على الكبريت بنسب (7،9،12) % فكانت مقاومة الانضغاط تزداد بعمر (14) يوم أما في عمر (28) يوم فكانت تتناقص و كان مقدار التناقص (20، 32 ، 50) % لنسبة كبريت (7، 9 ، 12) % على التوالي بالقياس نسبة إلى العمر السابق (14) يوم و السبب في ذلك يعود إلى انه في عمر (28) يوم تكتمل (80-85) % من عمليات الاماهة فيتفاعل الكبريت مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

جدول (7) : معدل مقاومة الانضغاط لنماذج الخلطات المستعملة.

اسم الخلطة	نسبة الخلط	مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال)حسب العمر		
	سمنت:رمل :حصى:كبريت	7	14	28
A	7:8،5:8،5:1	28	36	30
B	9:8،5:8،5:1	32	37	28
C	12:8،5:8،5:1	35	39	26
D	0:8،5:8،5:1	25	32	38



الشكل رقم (1) العلاقة بين العمر و مقاومة الانضغاط



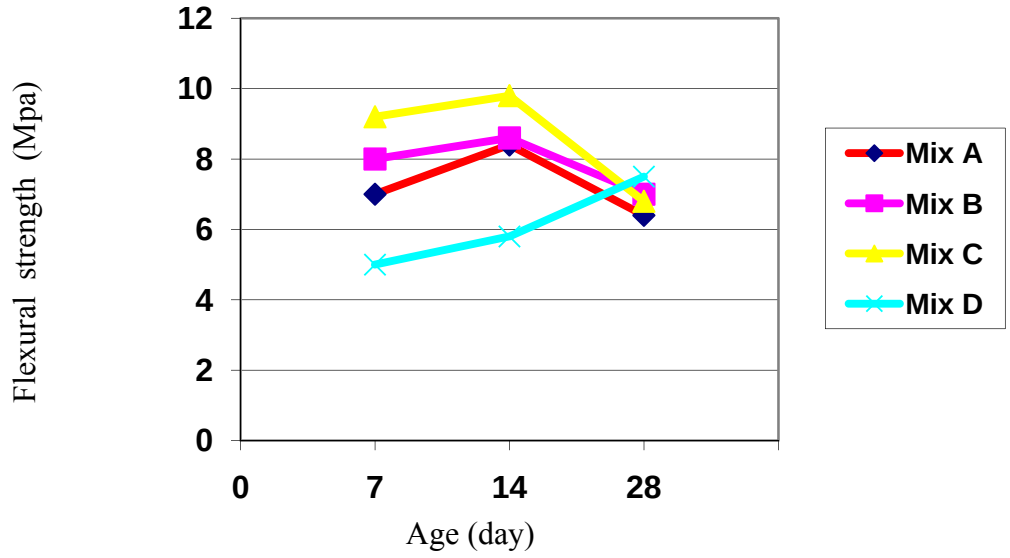
الشكل رقم (2) العلاقة بين نسبة الكبريت و مقاومة الانضغاط

2-9- مقاومة الانثناء Flexural Strength

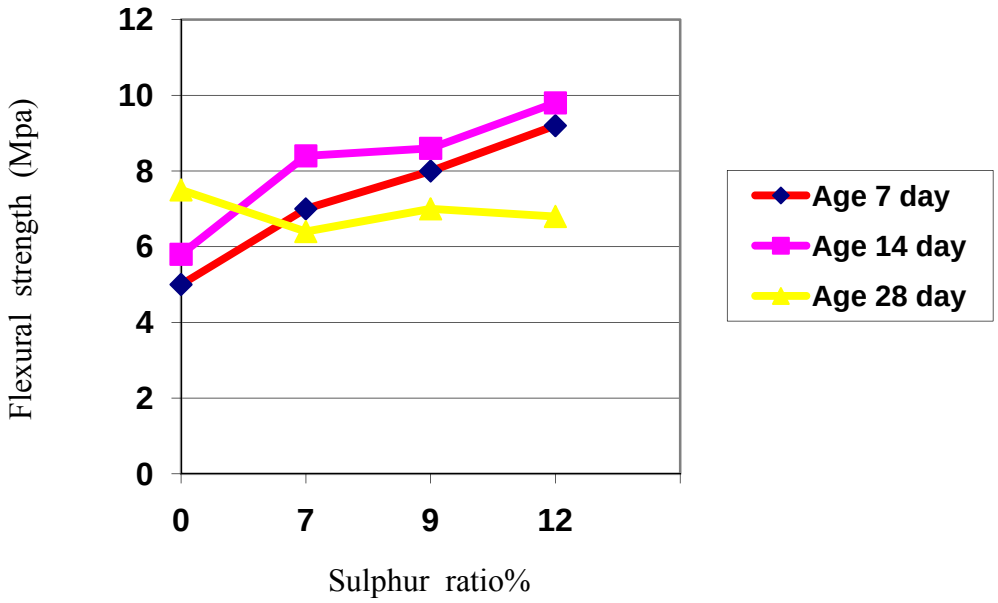
يبين الجدول (8) و الأشكال (3) و (4) نتائج فحص مقاومة الانثناء (معاير الكسر) لكافة الخلطات المستخدمة في هذا البحث حيث تبين هذه النتائج أن مقاومة الانثناء تزداد بزيادة العمر للخلطة المرجعية (D) أما للخلطات الباقية فإنها تزداد بعمر (14) يوم و تتناقص في عمر (28) يوم وكان مقدار التناقص (12و22,85و44,11) % لنسب كبريت (12،9،7) % على التوالي بالقياس إلى عمر (14) يوم . بينماهناك تأثير ايجابي لزيادة نسبة الكبريت على مقاومة الانثناء في الأعمار (14،7) يوم فعند زيادة نسبة الكبريت من (0-7) % زادت مقاومة الانثناء بنسبة (40و44,82) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-9) % زادت مقاومة الانثناء بنسبة (60و48,27) % و عند زيادة نسبة الكبريت من (0-12) % زادت مقاومة الانثناء بنسبة (84و68,96) % للأعمار (14،7) يوما على التوالي أما في عمر (28) يوما فقد وجد أن هناك تناقصا في مقاومة الانثناء فعند زيادة نسبة الكبريت من (0-7) % كان مقدار التناقص (17,18) % و لنسبة كبريت تزداد من (0-9) % كان مقدار التناقص (7,14) % و لنسبة كبريت تزداد من (0-12) % كان مقدار التناقص (10,3) % و السبب في ذلك يعود إلى انه في عمر (28) يوم تكتمل (80-85) % من عمليات الاماهة فيتفاعل الكبريت مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

جدول رقم (8) معدل مقاومة الانثناء لنماذج الخلطات المستعملة .

اسم الخلطة	نسبة الخلط	مقاومة الانثناء (ميكا باسكال) حسب العمر		
	سمنت:رمل :حصى:كبريت	7	14	28
A	7:8،5:8،5:1	7	8،4	6،4
B	9:8،5:8،5:1	8	8،6	7
C	12:8،5:8،5:1	9،2	9،8	6،8
D	0:8،5:8،5:1	5	5،8	7،5



الشكل رقم (3) العلاقة بين العمر و مقاومة الانثناء



الشكل رقم (4) العلاقة بين نسبة الكبريت و مقاومة الانثناء

3-9- مقاومة الشد الغير مباشر (الشد بالانشطار) Splitting Tension:

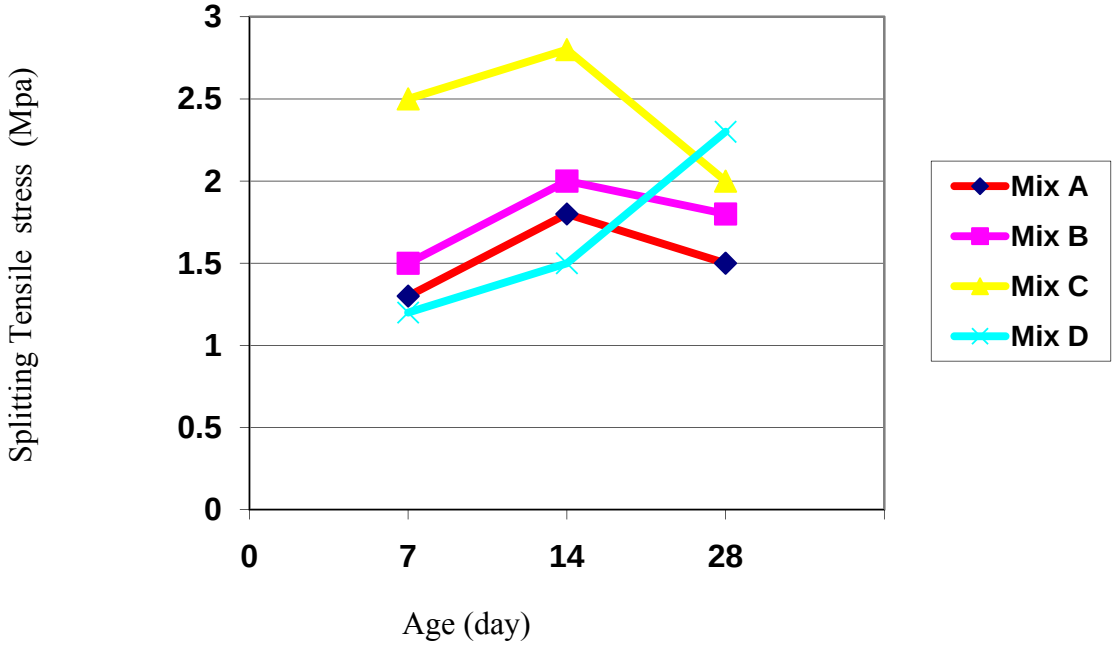
يبين الجدول رقم (9) نتائج فحوصات الشد الغير مباشر لنماذج هذا البحث فيما توضح الأشكال (5) و (6) العلاقات التي تمثل هذه النتائج.

يتضح من تلك النتائج أن مقاومة الشد غير المباشر تزداد لكافة الخلطات بزيادة عمر الفحص باستثناء الخلطات الحاوية على الكبريت حيث تتناقص المقاومة بعمر (28) يوم عما عليه في عمر (14) يوم لهذا النوع من الخلطات ويصل مقدار التناقص في مقاومة الشد غير المباشر في عمر 28 يوم للخلطات الحاوية على نسبة كبريت (12،9،7) % إلى (53,33و27,77و15) % على التوالي قياسا إلى الخلطة المرجعية(نسبة الكبريت = 0 %) و السبب في ذلك يعود إلى انه في عمر (28) يوم تكتمل (80-85) % من عمليات الاماهة فيتفاعل الكبريت مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

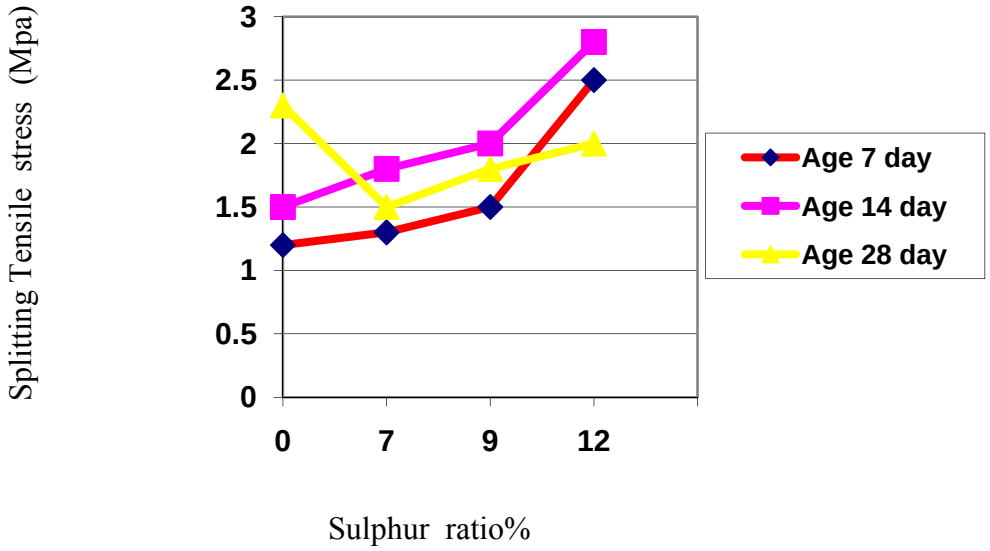
في الأعمار (14،7) يوما عند استعمال نسب كبريت (12،9،7) % كانت الزيادة في مقاومة الشد غير المباشر مقارنة بالخلطة المرجعية (D) كالآتي (8,33و25و33,108) % على التوالي لعمر (7) أيام.و لعمر 14 يوم كانت الزيادة في مقاومة الشد الغير المباشر مقارنة بالخلطة المرجعية (D) (20و33,33و86,66) % لنسبة كبريت (12،9،7)%.

جدول رقم(9): معدل مقاومة الشد غير المباشر لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسب الخلط	مقاومة الشد الغير مباشر (ميكا باسكال) حسب العمر		
	سمنت:رمل:حصى:كبريت	7	14	28
A	7:8،5:8،5:1	1،3	1،8	1،5
B	9:8،5:8،5:1	1،5	2	1،8
C	12:8،5:8،5:1	2،5	2،8	2
D	0:8،5:8،5:1	1،2	1،5	2،3



الشكل رقم (5) العلاقة بين مقاومة الشد غير المباشر والعمر



الشكل رقم (6) العلاقة بين مقاومة الشد غير المباشر ونسبة الكبريت

10- الاستنتاجات

يمكن تلخيص بعض الاستنتاجات من هذا البحث هي :

1. زيادة نسبة الكبريت المضاف كباودر ناعم إلى الخلطة الخرسانية يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاط ،معاير الكسر و مقاومة الشد بالانشطار في الأعمار (14،7) يوم قياسا بالخلطة المرجعية غير الحاوية على الكبريت و تعزى هذه الزيادة إلى أن الكبريت يعمل كمادة مالئة للفراغات و الفجوات الموجودة في الخلطة الخرسانية فتزداد كثافة الخلطة مما يؤدي إلى زيادة المقاومة .
2. في عمر (28) يوم تتناقص مقاومة الانضغاط ، معاير الكسر مقاومة الشد بالانشطار قياسا إلى الخلطة المرجعية غير الحاوية على الكبريت و السبب في ذلك يعود إلى انه في عمر (28) يوم تكتمل (80-85) % من عمليات الاماهة فيتفاعل الكبريت مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

11- توصية

يمكن استخدام الكبريت لإنتاج الخرسانة الخاصة بنجاح في مجال الإنشاءات مع إضافة مادة مالئة إلى الخلطة الخرسانية لتفادي مشكلة حدوث الفجوات أو المسامات.

12- المصادر

1. A.J.Al – Tayyib, A.K.Azad, M.H. Baluch and M.S. Khan "Sulphur Concrete research Activities In Saudi Arabia: Annotated Bibliography" Civil Engineering Department, King Fahd University of petroleum and minerals, Saudi Arabia, 1987.
2. 2- Aftab kazmi, "Al Aian To Go Green with Sulphur Concrete In Sewerage ". The nation Environment , 2009.
3. Mohammad Shamim Khan, ((Corrosion of Reinforcing Steel In Sulphur Concrete)). Civil Engineering Department, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia, 1985.
4. M.S. Shetty, ((Concrete Technology)), Civil Engineering, College of Military Engineering, India, 1988.

5- المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984 (الاسمنت البورتلاندي).

6- المواصفة القياسية العراقية رقم (45) لسنة 1984 (ركام المصادر الطبيعية المستخدمة في الخرسانة و البناء).

7. British Standard Institution, B.S. 1881. Part (116) : 1983, ((Method for Determination of compressive Strength of Concrete cubes)).
8. British Standard Institution, B.S. 1881. Part (116) : 1970, ((Method for Determination of Flexural strength of Concrete Prisms)).
9. ASTM C 496-86, ((Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens)), Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02,1989.