أثر الإيبوكسي في الحد من تشققات الخرسانة

[٣]

معن محمد صالح الرفاعي[١]– يونس رجب محمد حسن علي[١]

١) الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب بدولة الكويت

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى التعرف على أثر مركب الإيبوكسي في الحد من التشققات التي تحدث بالخرسانة، وذلك بإضافته إلى الخلطة الخرسانية، وذلك من خلال أربع خلطات متنوعة مضاف إليها نسب مختلفة من الإيبوكسي بنسب مختلفة.

وتوصلت نتائج هذه الدراسة إلى أن:

١–زيادة نسبة الإيبوكسي المضاف كبودر ناعم إلى الخلطة الخرسانية يؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة للضغط، وكذلك مقاومة الشد بالانشطار في الأعمار (٧ ، ١٤) يوم، قياسا إلى الخلطة المرجعية الغير محتوية على الإيبوكسي، وتعزى هذه النتيجة إلى أن الإيبوكسي يعمل كمادة قوية ومالئة للفراغات والفجوات الموجودة في الخلطة الخرسانية فتزداد كثافة الخلطة مما يؤدي إلى زيادة المقاومة.

٢–في عمر (٢٨) يوم تتناقص مقاومة الضغط، ومقاومة الشد بالانشطار قياسا إلى الخلطة المرجعية غير الحاوية على الإيبوكسي، والسبب في ذلك، يعود إلى: أنه في عمر (٢٨) يوم تكتمل (٨٠–٨٥)% من عمليات الإماهة فيتفاعل الإيبوكسي مع المكونات الخرسانية ويحد من الفجوات والمسامات التي تؤثر على كثافة الخلطة الخرسانية ويزيد من مقاومتها.

وأوصت الدراسة كذلك بأنه يمكن استخدام مركب الإيبوكسي لإنتاج الخرسانة الخاصة في مجال الإنشاءات مع إضافة مادة مالئة إلى الخلطة الخرسانية لتفادي مشكلة حدوث التشققات.

الكلمات المفتاحية: أثر– الإيبوكسي – مقاومة الخرسانة للضغط – مقاومة الخرسانة للشد – تشققات الخرسانة.

مقدمة

تعد الخرسانة المسلحة من المواد الأساسية التي تعتمد عليها العديد من البلدان حول العالم في تصميم وتنفيذ المنشآت من النوع الهيكلي بشتى أنواعها، وذلك لقدرتها على التحمل وطول عمرها الافتراضي مقارنة مع المواد الأخرى التي استخدمت في تصميم الهياكل، إلا أنه لا تزال هناك العديد من الإخفاقات الحادثة مثل تآكل وصدأ حديد التسليح أو الإخفاقات في

الخلطات الخرسانية والتي يؤدي حدوثها إلى تشقق بالعناصر الخرسانية المكونة للمبنى. (Jadhav, *et al.*, 2016)

والخرسانة بطبيعتها مادة مسامية تحوي رطوبة، مما يُسهم في تسرب الماء والهواء لصلب التسليح، وبالتالي حدوث صدأ، ولقد أجرى العديد من الباحثين العمل التجريبي والمعملي للكشف عن تأثير التآكل التدريجي لصلب التسليح على قوة الانثناء والتآكل في الحديد والذي يؤثر بدوره على العمر الافتراضي للهيكل الخرساني، بالطرق المختلفة، ومنها على سبيل المثال : طريقة التيار الكهربي. (Patil, 2011).

وفي الآونة الأخيرة زاد اهتمام الباحثين بإدخال المركبات الكيميائية (الإضافات الخرسانية) في الخلطة بغرض تقليل التشققات في الخرسانة المسلحة ، وكذلك مقاومة الحرارة ، ومياه الأمطار، والعوامل البيئية الأخرى التي تُسهم في التأثير على خواص الخرسانة، وتساعد على التقليل من حدوث التشققات، والتي تؤثر سلبياً على العمر الافتراضي للهيكل الخرساني. (Zhang, *et al.*, 2017)

وتُعد مادة الإيبوكسي من الإضافات الخرسانية التي استخدمت حديثاً وأثبتت فعاليتها بشكل متسارع، حيث إنه بدأ استخدامها في معالجة الأسطح الخرسانية من تشققات سببتها الخلطات الخرسانية الغير جيدة، بالإضافة إلى العوامل الزمنية والبيئية التي تؤثر على الخرسانة المسلحة حيث أثبتت فعاليتها مقارنة مع معالجات التشققات الخرسانية الأخرى لما لها من خواص تتميز بها كونها مادة مالئة ومرنة تتكيف مع العوامل البيئة المختلفة من انكماش وتمدد، كما أثبتت الأبحاث التجريبية فعاليتها في مقاومة الحرائق، وتسرب المياه، ومقاومة الرطوبة. (Gangarao, *et al.*, 2007)

ولما لها من خصائص ميكانيكية وفيزيائية جعلت منها مادة شديدة الالتصاق والصلابة في التعامل مع البيئات المختلفة، بالإضافة إلى انخفاض تكاليفها مقارنة مع الإضافات الخرسانية الأخرى، مع الوضع في الاعتبار نتائجها الفعالة في الحد من ظهور التشققات بالخرسانة المسلحة، وما يجعل منها مادة اقتصادية تطيل من عمر المبنى الخرساني، وتحد من ظهور المشكلات التي تظهر على الأسطح الخرسانية، والتي تؤثر على فعاليته. (Improve, 2017)

والإيبوكسي مادة قوية ومقاومة للتآكل، لما توفره من مقاومة ممتازة للمواد الكيميائية، والعوامل البيئية، فهي مادة مشابهه للاكريليك ولكنها تتفوق عليها في فعالية الأداء، وطول العمر بالمبنى الخرساني، لذا بدأ استخدامها في الأدوار السفلية، والكراجات، والبدرومات التي ترتفع فيها نسبة الرطوبة. (American society, 2008)

وتطور استخدام الإيبوكسي والاعتماد عليه في علاج التشققات بالسدود والمباني الخرسانية الضخمة، لما لها من قدرة على علاج التشققات الخرسانية وعدم السماح بتسرب الماء والرطوبة إلى داخل الجسم الخرساني. (Scales, 1968)

هذا بالإضافة إلى نتائج دراسة (Chung, 1975) حيث قام باختبار ثلاث قوالب خرسانية للتحقق من كفاءة استخدام الإيبوكسي في الخلطة الخرسانية، والتي أكدت نتائجها على كفاءة القالب الخرساني بفضل إضافة الإيبوكسي في الخلطة الخرسانية، وصلابة القالب الخرساني مقارنة مع القوالب الأخرى، وعدم ظهور التشققات مقارنة مع القوالب الأخرى التي لم يستخدم فيها مادة الإيبوكسي. (Chung, 2016)

وفي عام (١٩٩٠) أجرى French., *et al.*, (1990) اختبارين بتقنية الإيبوكسي لإصلاح الضرر الناجم عن الزلازل في اثنين من الخرسانة المسلحة الداخلية، بحقن الإيبوكسي وأثبت الاختبارين أن مادة الإيبوكسي عملت على القضاء على التشققات، واستعادة الخرسانة المتضررة من الزلازل القوة والصلابة مرة أخرى. (French, 1990)

كما أكدت نتائج دراسة Bayan, (2006) فعالية استخدام الإيبوكسي مع الخرسانة المسلحة حيث قام الباحثون على اختبار خواص مقاومة وتشوه العتبات الخرسانية المسلحة المستطيلة المقطع المصنوعة من الخرسانة الفاشلة مسبقاً بالقص، والمعاد تصليحها بواسطة حقن التشققات بمادة الإيبوكسي، حيث تم استخدام خمس عتبات خرسانية مسلحة بسيطة الإسناد بدون تسليح القص، الفضاء الصافي للعتبة بسيطة الإسناد كان (١,٢٨م) وذات مقطع بأبعاد (١٠٠مم) عرضا، و(٢٠٠مم) عمقاً، وقد أجريت الفحوص على العتبات بأحمال ثنائية مركزة، واستخدمت طريقة الحقن بالإيبوكسي لإصلاح التشققات في العتبات الفاشلة بالقص، وقد تم تنفيذها بعناية لملء التشققات بالإيبوكسي، وقد أثبتت الطريقة نجاحها، وكان من أهم

استنتاجات التجربة هو نجاح طريقة الإصلاح في زيادة أو على الأقل استعادة مقاومة القص للعتبات، وإن التشققات القصية القطرية لم يعاد فتحها بعد الإصلاح بينما تشكلت تشققات قصية قطرية جديدة قريبة، وبصورة عامة فإن السلوك الإنشائي للعتبات المصلحة كان مشابها لسلوك العتبات الأصلية مع جساءة أقل ومطيلية أعلى، وهو ما يُبرر فعالية استخدام الإيبوكسي مع الخلطات الخرسانية. (Bayan, 2006)

العمل التجريبي:

أولاً: المواد المستخدمة في التجربة: فيما يلي شرح موجز للمواد التي تم استخدامها في إجراء التجارب، على النحو التالي:

[١] الأسمنت: تم استخدام الأسمنت البورتلاندي الكويتي المقاوم للأملاح من إنتاج مصنع الكويت للأسمنت، والمطابق للمواصفات الكويتية.

[٢] الركام الناعم: تم استخدام الركام الناعم (الرمل) من جنوب الجهراء بمحافظة الجهراء.

[٣] الركم الخشن: تم استخدام الركام الخشن، وكان جيد التدرج، ومنتظم الشكل ذو مقاس (١٠ملم) وتم إيجاد التدرج الحبيبي له حسب المواصفات القياسية الكويتية.
(Standard Specification for Concrete Aggregates) , [KWS GSO ASTM C33 / C33M:2015]

[٤] المياه : تم استخدام المياه العادية من الشبكة الوطنية بدولة الكويت.

[٥] ايبوكسي قار: تم استخدام ايبوكسي قار في شكل البودر، وهو من المشتقات الكيماوية الحديثة التي تستخدم في مجالات كثيرة ومتعددة، والتي تم تطويعها في المجال المعماري والإنشائي سواء في أعمال التشطيبات أو في الأغراض الصناعية أو في أعمال الترميم، ويتكون الأيبوكسي غالباً من مركبين أساسيين، وهما:

أ – المركب الأول: الرزين Resin.

ب – المركب الثاني: الصلب Hardener.

وكذلك يستخدم إيبوكسي قار كمادة مالئة للفراغات والتشققات حيث يصلح لأرضيات الكباري ولمواسير الصرف الصحي، وهناك عدة احتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال الايبوكسي لأنها مادة سامة ومضرة عند الاستنشاق، ومضره أيضاً على الجلد والعين لذلك فإنه يجب مراعاة الآتي عند استعمالها:

- تهوية المكان جيداً.
- ارتداء القناعات والقفازات.
- يجب الامتناع عن التدخين أثناء التشغيل وتحضير وصب الخلطة.

ثانياً: إجراء التجارب: تمت عملية خلط الخرسانة باستخدام خلاطة حوضية سعة (٠,٠٧م^{٣})، وكانت عملية الخلط تتم بوضع كمية من الأسمنت ثم كمية من الركام الناعم ثم كمية من الايبوكسي ثم كمية من الركام الخشن ثم تضاف الكمية المتبقية من الركام الخشن والناعم والأسمنت، والايبوكسي، ثم تتم عملية الخلط الجاف إلى أن تتم ملابسة الخلطة بالكامل ثم تتم إضافة الماء إلى الخليط الناتج مع استمرار الخلط بالخلاطة الحوضية لحين الحصول على الخليط المتجانس، ومن ثم تتم عملية صب الخرسانة في القوالب على شكل طبقتين حيث تم رص كل طبقة بواسطة هزازة كهربائية لمدة لا تزيد عن (٧) ثوان، وبعد إتمام صب الطبقتين ورصها تمت معالجة سطح النماذج لغرض الحصول على سطح مستو.

- **الإنضاج وأسلوب المعالجة:** بعد إكمال عملية صب النماذج الخرسانية تم تركها في جو المختبر لمدة (٢٤) ساعة ثم فتح القوالب الحديدية وإخراج النماذج الخرسانية وتغطيسها بالماء لمدة (٧ ، ١٤ ، ٢٨) يوم ثم إجراء الفحوصات.

جدول(١): الخلطات الخرسانية المستخدمة

اسم الخلطة	نسبة (الأسمنت، الرمل، الحصى، الأيبوكسي)				نسبة (الماء : الأسمنت)
	الأسمنت	الرمل	الحصى	الايبوكسي	
A	١	٨,٥	٨,٥	٧	٠,٧
B	١	٨,٥	٨,٥	٩	٠,٧
C	١	٨,٥	٨,٥	١٢	٠,٧
D	١	٨,٥	٨,٥	٠	٠,٧

- **القوالب المستخدمة:** تم استخدام قوالب حديدية بأبعاد (١٠٠×١٠٠×١٠٠) ملم في فحوصات مقاومة الخرسانة للضغط، وقوالب حديدية بأبعاد (١٠٠×١٠٠×٥٠٠) ملم لفحوصات معاير الكسر، وأخيراً نماذج اسطوانية ذات قطر ١٠٠مم ، وطول ٢٠٠ملم في فحص الشد غير المباشر (الانفلاق).
- **الفحوصات:**
  - **فحص مقاومة الخرسانة للضغط:** استعملت ماكنة الفحص من نوع (ELE) ذات سعة (١٠٠٠ كيلو نيوتن) لفحص مقاومة الخرسانة للضغط، وكانت أعمار الفحص (٧، ١٤، ٢٨) يوما حيث تم فحص وتكسير ثلاثة مكعبات لكل عمر.
  - **فحص معاير الكسر:** استخدمت ماكنة الفحص نوع (ELE) ذات سعة (٥٠ كيلو نيوتن) حيث اتبع أسلوب نقطتي التحميل لفحص مقاومة الانثناء وبمسافة امتداد (٤٠٠)ملم، وكانت أعمار الفحص (٧، ١٤، ٢٨) يوم، وتم فحص ثلاثة نماذج لكل عمر.
  - **فحص مقاومة الشد غير المباشر (الشد بالانشطار):** تم إجراء فحص مقاومة الشد بالانشطار باستخدام أسطوانات قياس (١٠٠×٢٠٠)ملم بمعدل (٣) أسطوانات لكل عمر وتم احتساب مقاومة الشد بالانشطار حسب المعادلة التالية:

$$Fst=2P/\pi dL \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

fst : مقاومة الشد بالانشطار (MPa)

P : الحمل المسلط الأعلى (N)

D : قطر النموذج (mm)

L : طول النموذج (mm)

مناقشة النتائج والاستنتاجات

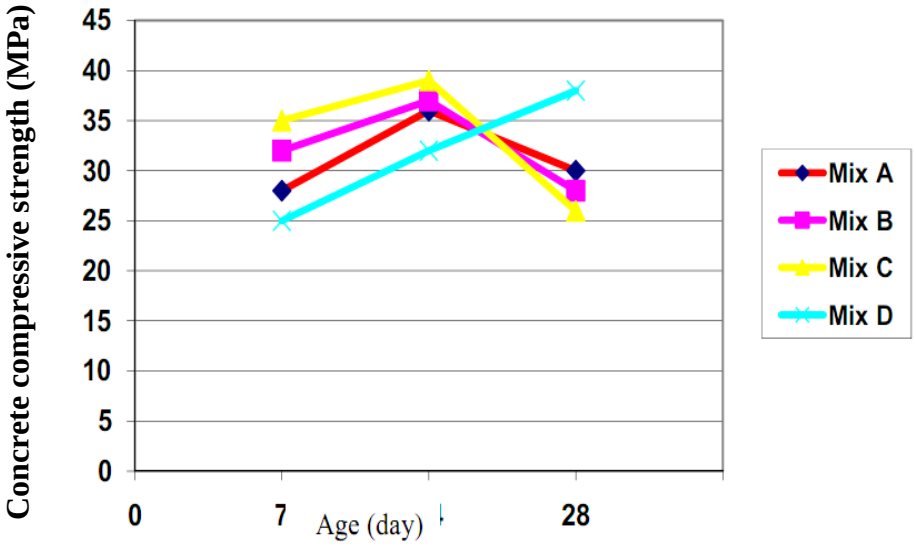
- **مقاومة الخرسانة للضغط Concrete Compressive Strength:** يوضح الجدول رقم (٢) وكل من الأشكال (١) و (٢) أن هناك تأثيراً إيجابياً لزيادة نسبة الايبوكسي على مقاومة الانضغاط في الأعمار (٧، ١٤) يوم فعند زيادة نسبة الأيبوكسي من (٠-٧)% زادت مقاومة الخرسانة لإجهادات الضغط بنسبة (١٢، ١٢,٥)% وعند

زيادة نسبة الأيبوكسي من (٠-٩)% زادت مقاومة الضغط بنسبة (٢٨ ، ٦٢ ، ١٥)%، وعند زيادة نسبة الأيبوكسي من (٠-١٢)% زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (٤٠ و ٢١)% للأعمار (٧، ١٤) يوما على التوالي.

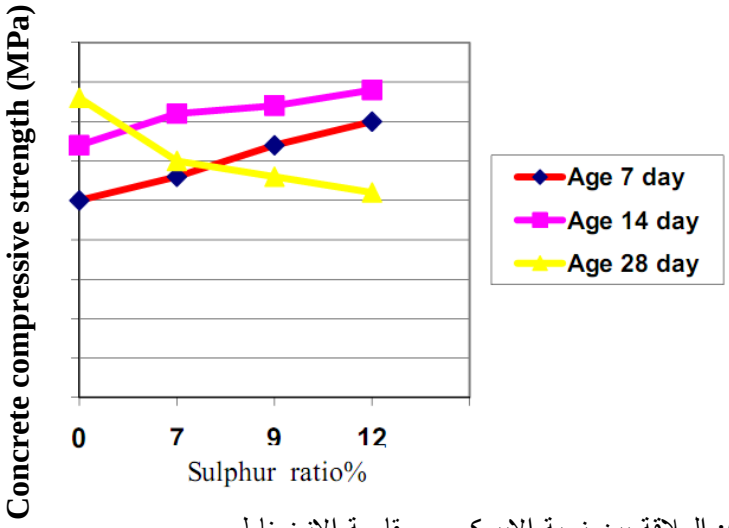
وعند فحص النماذج في عمر (٢٨) يوما وجد أن هناك تناقصا وتراجعا عن هذه الزيادة في مقاومة الانضغاط فعند زيادة نسبة الأيبوكسي من (٠-٧)% كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (٦٦,٢٢)% وعند زيادة نسبة الأيبوكسي من (٠-٩)% كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (٣٥,٧١)% وعند زيادة نسبة الإيبوكسي من (٠-١٢)% كان مقدار التناقص في مقاومة الانضغاط (١٥,٤٦)% وعلى امتداد أعمار الفحص (٧-١٤-٢٨) يوماً كانت مقاومة الانضغاط تزداد بالنسبة للخلطة المرجعية (نسبة الأيبوكسي = ٠%) أما بالنسبة للخرسانة الحاوية على الإيبوكسي بنسبة (٧، ٩، ١٢)% فكانت مقاومة الانضغاط تزداد بعمر (١٤) يوم أما في عمر (٢٨) يوم فكانت تتناقص وكان مقدار التناقص (٢٠، ٣٢، ٥٠)% لنسبة الأيبوكسي (٧، ٩، ١٢)% على التوالي بالقياس نسبة إلى العمر السابق (١٤) يوم ، والسبب في ذلك يعود إلى أنه في عمر (٢٨) يوم تكتمل (٨٠-٨٥)% من عمليات الإماهة فيتفاعل الايبوكسي مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

جدول(٢): معدل مقاومة الانضغاط لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسبة الخلط (الأسمنت، الرمل، الحصى، الأيبوكسي)				مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال) حسب العمر		
	الأسمنت	الرمل	الحصى	الايبوكسي	٧	١٤	٢٨
A	١	٨,٥	٨,٥	٧	٢٨	٣٦	٣٠
B	١	٨,٥	٨,٥	٩	٣٢	٣٧	٢٨
C	١	٨,٥	٨,٥	١٢	٣٥	٣٩	٢٦
D	١	٨,٥	٨,٥	٠	٢٥	٣٢	٣٨



شكل(١): العلاقة بين العمر ومقاومة الانضغاط



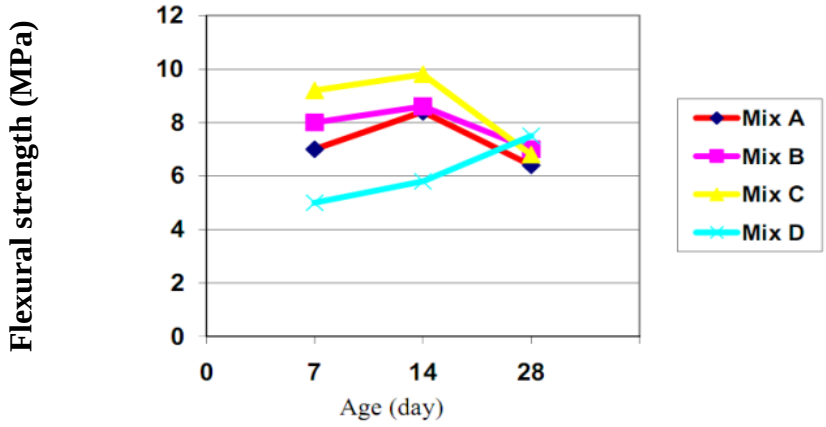
شكل(٢): العلاقة بين نسبة الإيبوكسي ومقاومة الانضغاط

Concrete Compressive Strength (MPa)

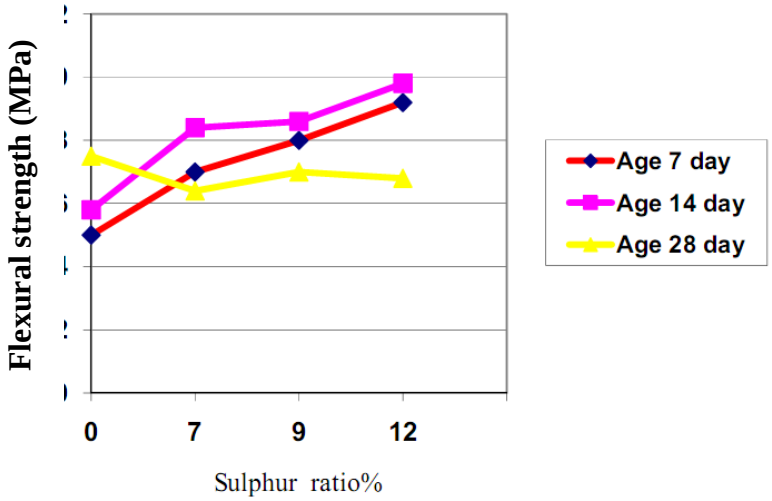
مقاومة الانحناء Flexural Strength: يبين الجدول (٣) والأشكال (٣) و (٤) نتائج فحص مقاومة الانحناء (معاير الكسر) لكافة الخلطات الخرسانية المستخدمة في هذا البحث حيث تبين هذه النتائج أن مقاومة الانثناء بزيادة العمر للخلطة المرجعية (D) أما للخلطات الباقية فإنها تزداد بعمر (١٤) يوم وتتناقص في عمر (٢٨) يوم، وكان مقدار التناقص (١٢ و٢٢,٨٥ و ٤٤,١١)% لنسب الإيبوكسي (١٢,٩,٧)% على التوالي بالقياس إلى عمر (١٤) يوم، بينما هناك تأثير إيجابي لزيادة نسبة الإيبوكسي على مقاومة الإنثناء في الأعمار (١٤,٧) يوم فعند زيادة نسبة الإيبوكسي من (٠-٧)% زادت مقاومة الانثناء بنسبة (٤٠ و٤٤,٨٢)% وعند زيادة نسبة الإيبوكسي من (٠-٩)% زادت مقاومة الانثناء بنسبة (٦٠ و٤٨,٢٧)% وعند زيادة نسبة الإيبوكسي من (٠-١٢)% زادت مقاومة الانثناء بنسبة (٨٤ و٦٨,٦٩)% للأعمار (١٤,٧) يوما على التوالي أما في عمر (٢٨) يوما فقد وجد أن هناك تناقصا في مقاومة الانثناء، فعند زيادة نسبة الإيبوكسي من (٠-٧)% كان مقدار التناقص (١٧,١٨)% ولنسبة الإيبوكسي تزداد من (٠-٩)% كان مقدار التناقص (٧,١٤)% ولنسبة الإيبوكسي تزداد من (٠-١٢)% كان مقدار التناقص (١٠,٣)% والسبب في ذلك يعود إلى أنه في عمر (٢٨) يوم تكتمل (٨٠-٨٥)% من عمليات الإماهة فيتفاعل الإيبوكسي مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة.

جدول(٣): معدل مقاومة الانحناء لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسبة الخلط (الأسمنت، الرمل، الحصى، الأيبوكسي)				مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال) حسب العمر		
	الأسمنت	الرمل	الحصى	الايبوكسي	٧	١٤	٢٨
A	١	٨,٥	٨,٥	٧	٧	٨,٤	٦,٤
B	١	٨,٥	٨,٥	٩	٨	٨,٦	٧
C	١	٨,٥	٨,٥	١٢	٩,٢	٩,٨	٦,٨
D	١	٨,٥	٨,٥	٠	٥	٥,٨	٧,٥



شكل(٣): العلاقة بين العمر ومقاومة الانثناء**Flexural Strength (MPa)**



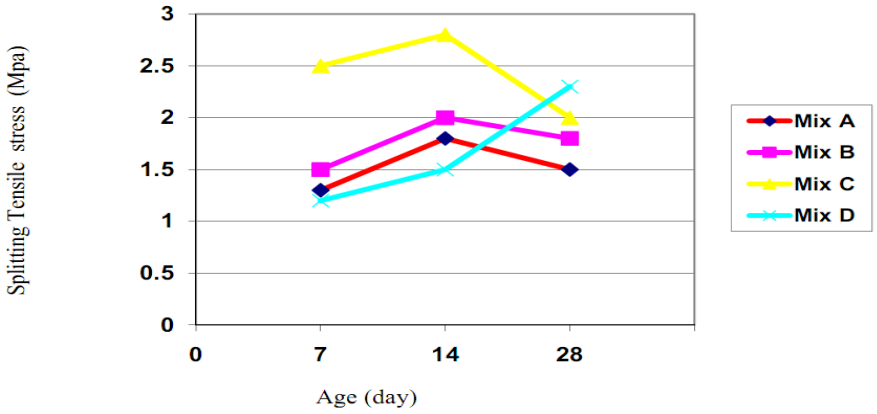
شكل(٤): العلاقة بين نسبة الإيبوكسي ومقاومة الانثناء **Flexural Strength (MPa)**

يبين الجدول (٤) نتائج فحوصات الشد الغير مباشر لنماذج هذا البحث فيما توضح الأشكال (٥) و (٦) العلاقات التي تمثل هذه النتائج، ويتضح من تلك النتائج أن مقاومة الشد غير المباشر تزداد لكافة الخلطات بزيادة عمر الفحص باستثناء الخلطات الحاوية على

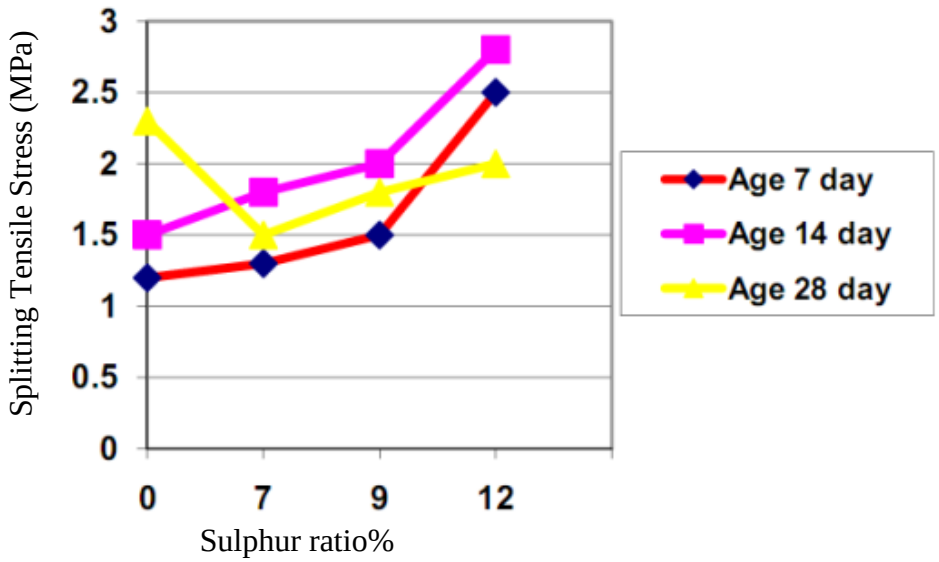
الإيبوكسي حيث تتناقص المقاومة بعمر (٢٨) يوم عما عليه في عمر (١٤) يوم لهذا النوع من الخلطات، ويصل مقدار التناقص في مقاومة الشد غير المباشر في عمر (٢٨) يوم للخلطات الحاوية على نسبة الإيبوكسي (١٢,٩,٧)% إلى (٥٣,٣٣ و ٢٧,٧٧ و ١٥)% على التوالي قياسا إلى الخلطة المرجعية (نسبة الإيبوكسي = ٠%) والسبب في ذلك يعود إلى أنه في عمر (٢٨) يوم تكتمل (٨٠–٨٥)% من عمليات الإماهة فتيفاعل الإيبوكسي مع المكونات الخرسانية مخلفا فجوات أو مسامات تؤدي إلى تقليل كثافة الخلطة الخرسانية فتقل المقاومة. في الأعمار (١٤,٧) يوما عند استعمال نسب الإيبوكسي (١٢,٩,٧)% كانت الزيادة في مقاومة الشد غير المباشر مقارنة بالخلطة المرجعية (D) كالآتي (٨,٣٣ و ٢٥ و١,٨,٣٣)% على التوالي لعمر (٧) أيام، ولعمر (١٤) يوم كانت الزيادة في مقاومة الشد الغير المباشر مقارنة بالخلطة المرجعية (D) (٢٠ و ٣٣,٣٣ و ٨٦,٦٦)% لنسبة الإيبوكسي (١٢,٩,٧)%.

جدول(٤): معدل مقاومة الشد غير المباشر لنماذج الخلطات المستعملة

اسم الخلطة	نسبة الخلط (الأسمنت، الرمل، الحصى، الأيبوكسي)				مقاومة الشد الغير مباشر (ميكا باسكال) حسب العمر		
	الأسمنت	الرمل	الحصى	الايبوكسي	٧	١٤	٢٨
A	١	٨,٥	٨,٥	٧	١,٣	١,٨	١,٥
B	١	٨,٥	٨,٥	٩	١,٥	٢	١,٨
C	١	٨,٥	٨,٥	١٢	٢,٥	٢,٨	٢
D	١	٨,٥	٨,٥	٠	١,٢	١,٥	٢,٣



شكل(٥): العلاقة بين مقاومة الشد غير المباشر والعمر



شكل(٦): العلاقة بين مقاومة الشد غير المباشر ونسبة الإيبوكسي

الاستنتاجات

يمكن تلخيص أهم الاستنتاجات من هذا البحث فيما يلي:

١-زيادة نسبة الإيبوكسي المضاف كبودر ناعم إلى الخلطة الخرسانية يؤدي إلى زيادة مقاومة الضغط للعينات المختبرة، وكذلك مقاومة الشد بالانشطار في الأعمار (٧ ، ١٤) يوم بالخلطة المرجعية غير الحاوية على الإيبوكسي، وتعزى هذه الزيادة إلى أن الإيبوكسي يعمل كمادة مالئة للفراغات والفجوات الموجودة في الخلطة الخرسانية فتزداد كثافة الخلطة مما يؤدي إلى زيادة المقاومة.

٢-في عمر (٢٨) يوم تتناقص مقاومة الضغط، ومقاومة الشد بالانشطار قياسا إلى الخلطة المرجعية غير الحاوية على الإيبوكسي، والسبب في ذلك، يعود إلى: أنه في عمر (٢٨) يوم تكتمل (٨٠-٨٥)% من عمليات الإماهة فيتفاعل الإيبوكسي مع المكونات الخرسانية ويحد من الفجوات والمسامات التي تؤثر على كثافة الخلطة الخرسانية ويزيد من مقاومتها.

وفي ضوء نتائج الدراسة، توصي الدراسة بالتالي:

التوصيات

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

المراجع

American Society for Testing and Materials, "ASTM Standard test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix composite materials, ASTM International, west Conshocken, United states, pp. 1-13, http:// file. yizimg. com/ 175706 / 2012061422194947. pdf (10/10/2017)

Bayan S. Al-Nu'man & Mohammed Hashim Al-Sahlani., (2006): Behavior of Repaired Reinforced Concrete Beams Failed in Shear, Journal of Engineering and Development, (10), (3), pp. 101-119.

Chung, H. W.,(1975): Three Tests on Epoxy-Repaired Reinforced Concrete Beams, Department of Civil Engineering, University of Hong Kong, China, pp. 205-219.

French, C. W., & Thorp, G. A., & Tsai, W. J., (1990): Epoxy repair techniques for moderate earthquake damage, ACI Structural Journal, (87), (4), pp. 416-424 .

Improve (2017): How Much Does An Epoxy Floor Cost, http://www.improvenet.com/r/costs-and-prices/epoxy (14/9/2017)

Jadhav, A. M.,; H, K. Munot.(2016): Analytical Study of Mechanism of Concrete Cracking and Its Propagation Due to Corrosion of Reinforcement in RCC, Open Journal of Civil Engineering, 6: pp. 286-294.

Patil, A.N. (2011): Residual Flexural Strength of RC Beams Subjected to Corrosion. M.Tech Thesis, College of Engineering Pune, pp. 335-342.

Rao, Ganga. H. V. S., & Taly. N., & Vijay, P. V.,(2007): Reinforced Concrete Design with FRP Compsite, 1st ed. Taylor & Francis, pp. 1-335.

Scales, G. M., (1968): Epoxy Resins, ACI Publication (Sp-21).

Zhang, Jinlong.; Bixia, Mai. Tingwei, Cai.; Jiayi, Luo.; Wanhan, Wu.; Bing, Liu.; Ningxu, Han.; Feng, Xing.; Xu Deng (2017) : Optimization of a Binary Concrete Crack Self-Healing System Containing Bacteria and Oxygen, Materials Journal, (10), (116), pp. 1-19. www.mdpi.com/journal/materials (23/4/2017)

EFFECT OF EPOXY IN REDUCING CONCRETE CRACKS

[3]

Alrifaie, M. M. S.[(1)] and Ali, Y. R. M. H.[(1)]
1) The Public Authority for applied education and training

ABSTRACT

The study aims to identity the effect of epoxy compound in reducing concrete cracks.

Results of The study:

1- Increasing the percentage of epoxy added as fine powder to the concrete mix**,** increasing compressive strength, and resistance to tensile at ages (14.7) days, as compared to the mixture that does not contain epoxy**,** this result is due to the epoxy acts as a filler for the gaps and gaps in the concrete mix, the density of the mixture increases**,** which lead to increased resistance.
2- At the age of (28) days compression resistance decreasing and tensile resistance to fission compared to the non-epoxy referential mix, the reason for this, back to: that at the age of (28) days completed (80-85)% dumbness process**,** epoxy reaction with concrete components, leaving gaps reduce the density of the concrete mix so the resistance is reduced**.**

The paper recommended that epoxy can be used produce of special concrete in the field of construction with the addition of a filler to the concrete mix to avoid cracks.

Key words: Epoxy- Concrete compressive strength - Concrete Cracks – concrete tensile strength.