سلوكية الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين تحت تأثير أحمال الصدم والانفجار

م. ندى مهدي فوزي
جامعة بغداد / كلية الهندسة

الخلاصة

أن أحد فوائد الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين هي مقاومتها لأحمال الصدم والأنفجار. ويقدم هذا البحث تجارب مختبرية إضافية حول مقاومة وسلوكية الألواح الخرسانية المسلحة بألياف البولي بروبلين تحت تأثير أحمال الصدم والأنفجار. أن الأبحاث المنشورة حول هذا الموضوع قليلة ومعظمها يصعب الحصول عليها لكونها ذات طابع سري.

كما يتضمن البحث إجراء فحوص مختبرية على نماذج من الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين باستخدام الجهاز المعروف باسم Charpy وكذلك فحص ألواح خرسانية مسلحة بألياف البولي بروبلين بنسب حجمية مختلفة (صفر-٢) % باستخدام قذائف صغيرة إسطوانية الشكل ذات نهايات مسطحة. وتم دراسة سلوكية الألواح بقياس السرعة وانتشار الشقوق.

وقد أكدت التجارب على أن الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين ذات مقاومة عالية لأحمال الصدم والمتفجرات تتغير اعتماداً على محتوى الألياف حيث بقيت الألواح المسلحة بنسبة (١ - ٢) % حجماً من الألياف متماسكة ولم تظهر عليها سوى تشققات شعرية مقارنة بالنماذج غير المسلحة التي تفتت إلى عدة أجزاء.

BEHAVIOR OF POLYPROPYLENE FIBER REINFORCED CONCRETE UNDER IMPACT LOADS AND EXPLOSIVE

Nada Mahdi Fawzi
Dept. of Civil College of engineering University of Baghdad

ABSTRACT

One of the important advantages of polypropylene fiber reinforced concrete is its resistance to impact loads and explosives.

The paper presents further experiments on the behavior of plates reinforced with polypropylene fibers and their resistance to impact loads and explosives.

The published literature on the subject is scarce and it is difficult to obtain most of them as they are confidential and restricted.
Concrete specimens reinforced with polypropylene fibers were tested using Charpy impact apparatus in addition plates of polypropylene fiber reinforced concrete containing up to 2% Vol. fraction of fibers were tested using flat ended cylindrical projectiles.
The behavior of the plates was discussed with reference to the velocity and the cracks accorring on both sides.
The results of the experiment confirmed that polypropylene fiber reinforced concrete has a high resistance to impact and withstands high velocity waves of explosives depending on volume fracture of fibers. The plates with fiber contents (1-2)% remained intact with hair cracks compared to unreinforced specimens which shattered to several pieces.

المقدمة

بدأ استخدام ألياف الوبلي بروبلين في الخرسانة منذ بداية السبعينات في الركائز الخرسانية الجاهزة (سوامي. آي أر. أن ١٩٨٩، ندى هادي ٢٠٠٢) لمنع التشققات وامتصاص طاقة صدم مطرقة الدق. وقد أظهرت الأبحاث (Raouf, Z. A. 1976, KAKA – Amma, D. M. A. 1984, Fair weather, A. D.1971, Raouf, Z. A. 1975) على أن للخرسانة المسلحة بألياف الوبلي بروبلين مقاومة عالية لأحمال الصدم والانفجار أفضل بكثير من الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية أو الزجاجية (Raouf, Z. A. 1976).

كما أن إضافة هذه الألياف إلى الخرسانة تقلل من التشققات التي تحدث بسبب الانكماش اللدن. إلا أنه مازالت استخدامات البولي بروبلين في الخرسانة محدودة بالرغم من النشاط البحثي المكثف حولها. ويقدم البحث تجارب مختبرية حول مقاومة وسلوكية الألواح الخرسانية المسلحة بألياف البولي بروبلين تحت تأثير أحمال الصدم والانفجار حيث أن الأبحاث المنشورة حول هذا المجال قليلة ومعظمها يصعب الحصول عليها لكونها ذات طابع عسكري وسري.

ويتضمن البحث تجارب مختبرية لقياس مقاومة الصدم باستخدام جهاز (Charpy) وكذلك فحص ألواح بأبعاد (٣٠٠×٣٠٠×٢٥) ملم باستخدام قذائف اسطوانية الشكل ذات نهايات مسطحة. وقد أظهرت النتائج بأن الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين ذات قابلية عالية لامتصاص طاقة الصدم والانفجار وتم تقييم النتائج بقياس السرعة ومساحة منطقة التشظي وانتشار الشقوق ومقارنتها بالنماذج المرجعية من الخرسانة غير المسلحة.

التجارب المختبرية

المواد الأولية المستخدمة

تم استخدام سمنت بورتلاندي من معمل كبيسة ويبين الملحق (١) الخوص الفيزياوية والخواص الكيمياوية.

استخدم رمل الأخيضر مطابق للمواصفات العراقية رقم ٤٥ لسنة ١٩٨٤ من حيث التدرج ونسبة الأملاح وكما مبين في الملحق (٢).

تم استخدام ألياف البولي بروبلين المقطعة من نوع ١٢٠٠٠ دنير (denier). وقد تم تقطيعها بأطوال ٢٥ ملم وتوزيعها عشوائياً في الخليط الخرساني.

تم استخدام خليط مونة سمنتية ١ : ٢ وبنسبة ماء إلى السمنت ٠,٥٥ للحصول على قابلية تشغيل ملائمة. تم إضافة الألياف المقطعة من البولي بروبلين بالتدريج أثناء الخلط وبنسب مختلفة ما بين (١ – ٢) %.

التجارب

تم استخدام جهاز (Charpy) المتكون من قرص متحرك على شكل بندول لفحص مقاومة الصدم وبموجب المواصفات البريطانية (BS. 131 Part 3, 1972) كانت النماذج بأبعاد (٢٥×٢٥×١٠٠) ملم وقد تم معالجة الخرسانة لمدة ٢٨ يوم قبل فحصها. تم إجراء فحص التفجير باستخدام جهاز قياسي موجود في مختبر قسم الهندسة الميكانيكية ومبين في الصورة (١) وتم استخدام إطلاقات (charges) وقذائف (projectiles) اسطوانية من معدن الرصاص ذات نهاية مستوية كما في الصورة (٢).

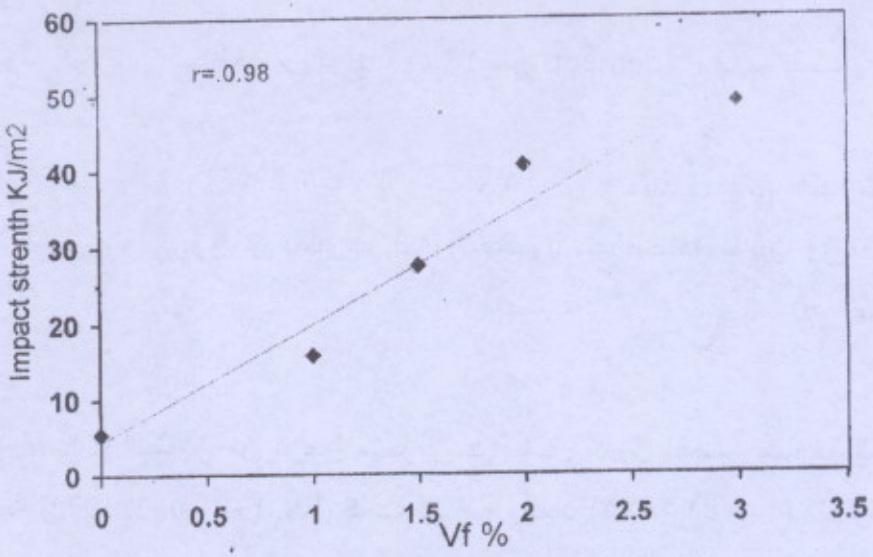
تم إيجاد معامل المرونة الديناميكي باستخدام جهاز الاهتزاز الخاص بقياس الرنين وبموجب المواصفة البريطانية (BS. 1881 Part5, 1970). وباستخدام نماذج موشورية (٧٧×٧٧×٣٨٠) ملم.

النتائج ومناقشتها

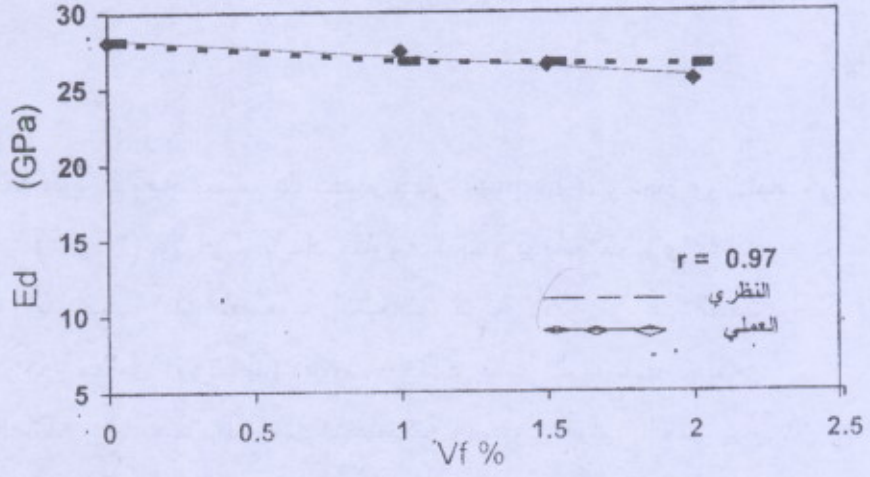
يبين **الشكل (١)** العلاقة بين مقاومة الصدم باستخدام جهاز (Charpy) ومحتوى الألياف ويلاحظ بأن العلاقة خطية لمحتوى الألياف (١ – ٣) % حيث تزداد مقاومة الصدم بزيادة محتوى الألياف ولم يكن بالإمكان زيادة محتوى الألياف ٣% حجماً نظراً لصعوبة استيعاب المونة لأكثر من هذا المحتوى من الألياف بالطريقة المختبرية المستخدمة وكان معامل الارتباط (r) ٠,٩٨ والذي يشير إلى علاقة وثيقة.

ويوضح **الشكل (٢)** العلاقة بين معامل المرونة الديناميكية ومحتوى ألياف البولي بروبلين ويلاحظ بأن معامل المرونة الينامكي يقل بزيادة محتوى الألياف نظراً لكون البولي بروبلين ذات معامل مرونة قليلة مقارنة بالمونة السمنتية كما ويلاحظ بأن قاعدة المزج (Rule of mixture) مقارنة إلى التجارب إذا إفترضنا معامل كفاءة الاتجاه (orientation factor) ٠,٤١ ويعطي قيم أقل وقد يعزى السبب إلى أخطاء تجريبية كما وجد بأن معامل الارتباط لهذه العلاقة يساوي ٠,٩٧.

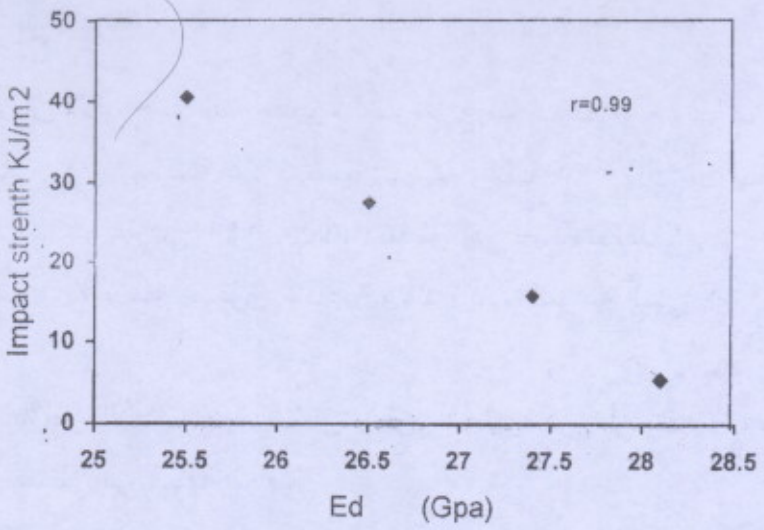
ويلاحظ من **الشكل (٣)** العلاقة بين معامل المرونة الديناميكية ومقاومة الصدم ويلاحظ بأن مقاومة الصدم تقل بزيادة معامل المرونة مع الملاحظة أن معامل الارتباط يساوي ٠,٩٩.



شكل (١) العلاقة بين Vf و Impact strenght



شكل (٢) العلاقة بين Vf و معامل المرونة الديناميكي Ed



شكل (٣) العلاقة بين معامل المرونة الديناميكي (Ed) و Impact strenght

جدول (١)

نتائج فحص الألواح

رقم النموذج	نسبة الألياف %	سرعة القذيفة م/ثا	الملاحظات
١	صفر	١٢٥	ظهور شقوق شعاعية عريضة شكل (١)
٢	صفر	١٤١	تصدع البلاطة إلى عدة قطع
٣	١	١٤١	ظهور شقوق شعاعية مع بقاء البلاطة غير مجزئة
٤	١	١٦١	ظهور شقوق شعاعية مع بقاء البلاطة غير مجزئة وانحصار الإطلاقة
٥	١,٥	١٦٠	ظهور شقوق شعاعية مع بقاء البلاطة غير مجزئة
٦	١,٥	١٦٠	ظهور شقوق شعاعية مع بقاء البلاطة غير مجزئة
٧	٢	١٦٠	شقوق شعاعية مع تشظي الوجه الخلفي
٨	٢	١٩٢	شقوق شعاعية مع تشظي الوجه الخلفي

تقييم نتائج فحص الألواح

يبين الجدول (١) نتائج فحص الألواح بقذائف صغيرة ذات سرع مختلفة تتراوح ما بين (١٢٥ – ١٩٢) m/sec. ويلاحظ بأن النماذج غير المسلحة عند فحصها بسرعة واطئة ١٢٥ .m/sec تتشقق بشقوق شعاعية في الوجه الخلفي وعند زيادة السرعة إلى ١٤١ .m/sec تتفطر إلى قطع منفصلة.

للنماذج الحاوية نسبة ألياف ١ % تتشقق بشقوق شعاعية وعند زيادة السرعة إلى ١٦١ .m/sec تنحصر القذيفة داخل الصب.

للنماذج الحاوية على ١,٥ % من الألياف حجماً تتشقق بشقوق شعاعية دون أن تنفصل وعند زيادة السرعة إلى ١٦٠ .m/sec يحصل تشظي في الجهة الخلفية.

للنماذج الحاوية على ٢ % من الألياف عند فحصها بسرعة ١٦٨ .m/sec يحصل تشظي في الجهة الخلفية وعند زيادة السرعة إلى ١٩٢ .m/sec يحصل اختراق (perforation) مع تشظي في الجهة الخلفية.

الاستنتاجات

من خلال نتائج التجارب المختبرية يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

١- إن إضافة ألياف البولي بروبلين إلى المونة السمنتية تقلل من معامل المرونة اعتماداً على نسبة الألياف ويمكن تطبيق قاعدة المزج لوصف العلاقة بصورة تقريبية بين محتوى ألياف البولي بروبلين ومعامل المرونة الديناميكي.

٢- إن ألياف البولي بروبلين ذات قابلية لامتصاص طاقة الصدم والتفجير اعتماداً على محتوى الألياف.

٣- توجد علاقة خطية بين معامل المرونة الديناميكي ومقاومة الصدم المقاس بجهاز Charpy.

المصادر

Raouf Z.A. Al. Hassani S.T.S. and Simpson J.W (1976). Explosive testing of fibre reinforced cement composites, Concrete April, London.

Kaka – Amma, D.A.M, (1984), Properties of polypropylene Fibre Rineforced Concrete, M.Sc Thesis, University of Baghdad,.

Fairweather, A.D., (1971), The use of Polypopylene Fibrillated Fibres to increase Impact Resistance of Cement, Proceeding of an International Building Conference, Propects for Fibre Reinforced Construction Materials, Nov..

Raouf Z.A, (1975), Dynamic Mechanical Properties of Fibre – Reinforced Cement Composite, Ph.D Thesis , Vicria University of Manchester, UMIST, May.

B.S. Inst. :BS131 Part 3 1972.

B.S. Inst. BS 1881 : Part 5 (1970), Method of testing hardend concrete for other than strength,.

Nameer A.A.M. (1985), Assessment of dynamic properties of ferrocement plates by nondestractive tests, M.Sc Thesis, University of Baghdad,.

المصادر العربية

سوامي.أر.أن (١٩٨٩)، خرسانة مسلحة جديدة" ترجمة محمد علي الآوسي وطه ناجي العلي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – الجامعة المستنصرية – كلية الهندسة – مطبعة التعليم العالي في الموصل .

ندى هادي جمعة (٢٠٠٢)، خواص الخرسانة المسلحة بألياف البولي بروبلين بالإشارة إلى مقاومتها لأحمال الصدم" أطروحة ماجستير . قسم البناء والأنشاءات – الجامعة التكنولوجية.

الملحق (١)

التحليل الكيمياوي والفيزياوي للسمنت

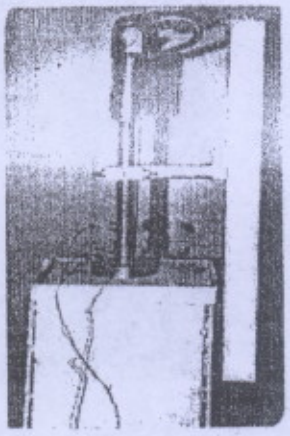
الأكاسيد	النسبة المئوية %	حدود المواصفة م.ق.ع./٥/١٩٨٤
أوكسيد الكالسيوم	٦٣,٣٨	
أوكسيد السليكا	٢٢,٥	
أوكسيدالألمنيوم	٦,٤٧	
أوكسيد المغنيسيوم	٢,٥٥	٥ كحد أدنى
أوكسيد الحديد	١,٥٣	
ثالث أوكسيد الكبريت	٢,٢٣	٢,٨ كحد أعلى
الفقدان بالحرق	١,٥	٤ كحد أعلى
المواد غير القابلة للذوبان	٠,٦	١,٥ كحد أعلى
عامل الاشباع الجيري	٠,٩٢	١,٠٢-٠,٦٦
مركبات السمنت	النسبة المئوية الإفتراضية %	حدود المواصفة م.ق.ع./٥/١٩٨٤
سليكات ثلاثي الكالسيوم	٣٤,٩٣	—
سليكات ثنائي الكالسيوم	٣٨,٢٣	—
الومينات ثلاثي الكالسيوم	١٤,٥٥	—
الومينات حديد رباعي الكالسيوم	٤,٦٥	—

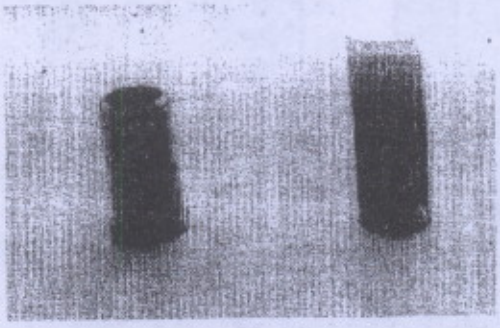
الفحوصات الفيزياوية للسمنت

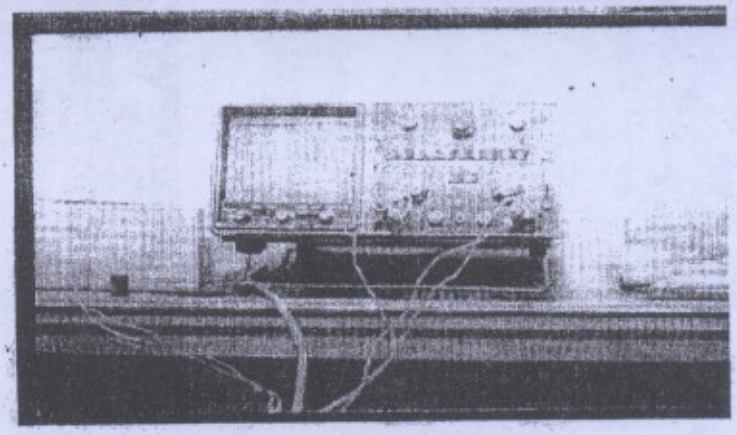
الخواص	نتائج الفحص	حدود المواصفة م.ق.ع./٥/١٩٨٤
النعومة(م٢/كغم)	٣٢٩	٢٣٠
زمن التصلب دقيقة:ساعة		
(الابتدائي)	١:٣٥	٦٠ دقيقة حد أدنى
(النهائي)	٢:٢٠	١٠ ساعات حد أعلى
مقاومة التحمل (ميكاباسكال)		
٣ أيام	١٥,٨	١٥
٧ أيام	٢٤	٢٣

الملحق (٢)

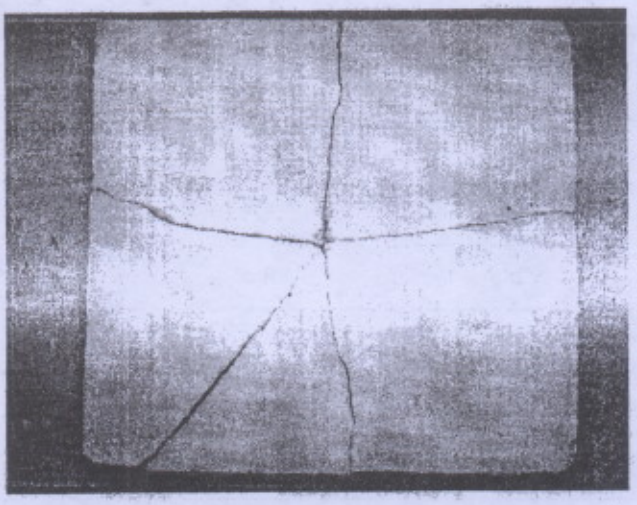
فتحة المنخل (ملم)	النسبة العابرة %	حدود المواصفة ٤٥ لسنة ١٩٨٤
١٠	١٠٠	١٠٠
٥	٩٩	١٠٠ – ٩٠
٢,٣٦	٩٥	١٠٠ – ٧٥
١,١٨	٨٤	٩٠ – ٥٥
٠,٦	٥٧	٥٩ – ٣٥
٠,٣	٢١	٣٠ – ٨
٠,١٥	٢	١٠ – ٠
نسبة الكبريتات %	٠,٢٦	٠,٥



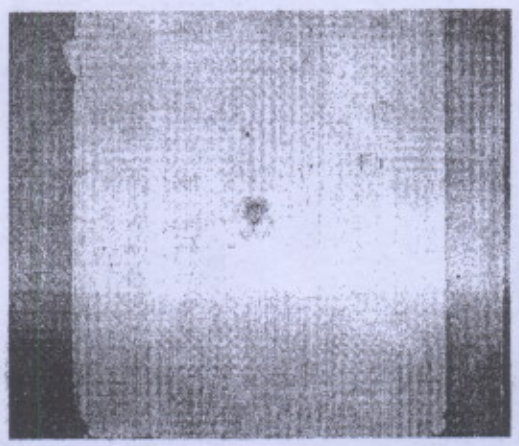


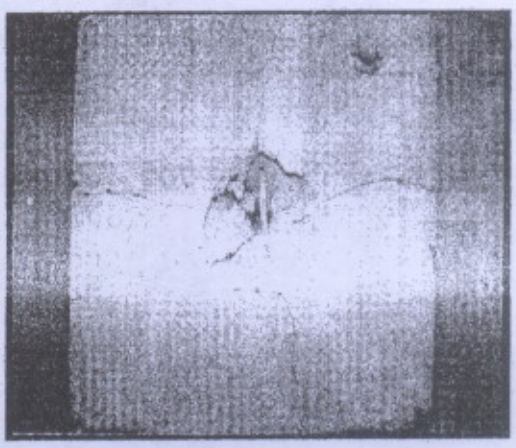


صورة (٣) جهاز (Oscilloscope) لقياس السرعة

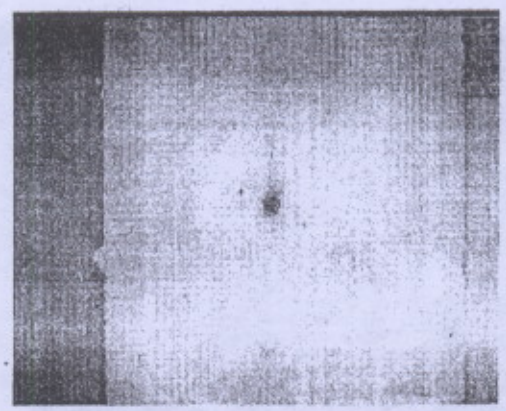


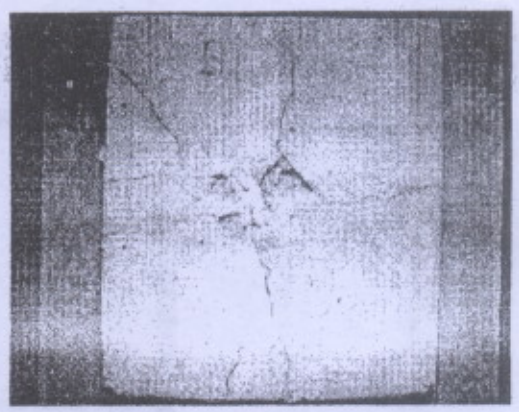
صورة (٤) محتوى الألياف صفر %





صورة (٥) محتوى الألياف ١%





صورة (٦) محتوى الألياف ٢%