دراسة ارتباط الإمطار الحمضية بتطور طاقة انفعال الثني المتراكمة في متراكبات النوفولاك وانعكاسه على ارتدادها المرن

رولا عبد الخضر عباس

الجامعة التكنولوجية - قسم العلوم التطبيقية

بغداد– العراق

الخلاصة

لقد حاولت هذه الدراسة عرض أثار التحلل المائي لمياه المطر غير الملوثة مرة (والتي تم جمعها من منطقة الكاظمية الواقعة شمال مدينة بغداد في العراق) والملوثة مرة أخرى (والتي تم جمعها من منطقة الدورة الواقعة جنوب مدينة بغداد في العراق) على معامل الرجوعية التزحفي(Creep resilience modulus) لمادة النوفولاك ومتراكباتها التي تضم ألياف الزجاج مرة وألياف الاسبست مرة أخرى وبنسب مختلفة من الهيكسامثلين تترأأمين وطبيعة العلاقة بين التحلل المائي وتراكم طاقة انفعال الثني(Flexural strain energy). واتضح من الدراسة أن الإسراف الشديد في تعرض المتراكبات الفينولية لمياه المطر وخاصة الحامضي منها يعجل بحصول قصور كبير في مقدرة هذه المواد على إرجاع الطاقة المرنة الميكانيكية الممتصة بعد زوال حمل الثني المؤثر عليها تبعاً لمقدار الزيادة في طاقة انفعال الثني المتراكمة فيها من ناحية ومقدار الزيادة في معامل الرجوعية التزحفي من ناحية أخرى وفقاً لنوع التدعيم ونسبة الهيكسامثلين تترأأمين وبالتالي يحصل ارتداد مرن منخفض جداً بعمر تزحفي اقصر مما هو متوقع في الظروف الاعتيادية.

الكلمات المفتاحية : مادة النوفولاك ومتراكباتها، الإمطار الحمضية، معامل الرجوعية التزحفي، ارتداد مرن وطاقة انفعال الثني

Study Link Acid Rain Through the Evolution of Flexural Strain Energy Accumulated in the Novolak Composites and Reflection of the Elastic Rebound

Rola Abdul Al Khader Abbas

University of Technology - Department of Applied Science

Baghdad-Iraq

E-mail: abass71rolai@yahoo.com

Abstract

This study tried to show the effects of display hydrolysis of rain water non-contaminated (which was collected from the area of Kadhimiya, north of Baghdad in Iraq) and polluted once (which was collected from the Dora district of the southern city of Baghdad in Iraq), the creep resilience modulus resilience Novolak and their composites that include either glass fibers one time or asbestos glass the other time and different rates of Hexamethylene- Tetraamine (HMTA)and the nature of the relationship between the hydrolysis and the accumulation of flexural strain energy. It was evident from the study that the wasteful deep in the exposure of phenolic composites for rain water, especially acid which accelerated the accession of large failure significantly occurred in the ability of these materials on the return of absorbed mechanical elastic energy after the demise of carrying bending moving them depending on the amount of the increase in the accumulated flexural strain energy in one hand and the amount of the increase of creep resilience modulus on the other hand, according to the type of reinforcement and the ratio of (HMTA) and thus get a very low rebound elastic age creep shorter than expected in the normal circumstances.

Key words: Novolak Composites, Acid Rain, Creep Resilience Modulus and Elastic Rebound and Flexural Strain Energy.

المقدمة

يقاس التقدم التكنولوجي للأمم بقياس كمية الطاقة التي يستهلكها كل فرد من أفراد هذه الأمم، سواء كانت هذه الطاقة مستخدمة في إنتاج أو في توليد الكهرباء أو طاقة مشغلة في آلات الاحتراق، وعادة ما تؤخذ الزيادة في استهلاك الطاقة لدولة على أنها إحدى الدلائل الواضحة على تقدم هذه الدولة ورفعة شأنها... وعندما تأخذ في الاعتبار التلوث الذي ينشأ عن دفع كميات هائلة من الغازات الحمضية (مثل ثاني اكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين واكاسيد النتروجين) إلي الهواء يومياً ... والتي تحملها الرياح من مكان إلى أخر ... وبذلك يمتد تأثيرها وفعلها أحياناً إلى مسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه، فإنه في وجهة نظر التلوث تعتبر هذه الزيادة في استهلاك الطاقة من دولة ما من الدول دليلا على زيادة مساهمة هذه الدولة في تلوث البيئة بشكل عام.

وعموماً يعتقد أن الغازات المحتوية على الكبريت (وأهمها ثاني اكسيد الكبريت) تتفاعل مع أوكسجين الهواء في وجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، وتتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت والذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو ليعطي حامض قوي هو حامض الكبريتيك ويبقى حامض الكبريتيك المتكون معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لأخر.

وقد يتحد جزء من رذاذ هذا الحامض مع بعض المواد القلوية التي قد توجد في الهواء (مثل النشادر)، وينتج في هذه الحالة مركب جديد يسمى كبريتات النشادر وعندما يكون الجو جافاً. ولا توجد فرصة لسقوط الإمطار فإن رذاذ حامض الكبريت ورقائق كبريتات النشادرة يبقيان معلقين بالهواء الساكن ويظهران على هيئة ضباب خفيف ذي طعم لاذع ... وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الإمطار، فإن كلا من هذه الجسيمات والدقائق تذوب في ماء المطر، وتسقط معه على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي (ارناوؤط، 1993).

واليوم نعلم جيدا بأن هذه الإمطار الحمضية تؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي وتضر بحياة مختلف الكائنات بما فيها الإنسان. كما تسبب الإمطار الحمضية بتأثيرات مدمرة على العديد من المنشئات التاريخية والحضارية القديمة التي تناخرت بسبب تعرضها للأكاسيد الحمضية ولها تأثيرات تأكليه على المنشئات الصناعية وخاصة المعدات المعدنية فيها فقد جاءت في أحدى الدراسات أن الفولاذ الموجود في المناطق الصناعية الملوثة يتآكل بسرعة 2-4 أضعاف السرعة التي يتآكل فيها الفولاذ في المناطق غير الملوثة (ارناوؤط، 1993 وعبد ال ادم، 1983).

كذلك لا يقتصر تأثير هذه الإمطار الحامضية على أحجار المباني والتماثيل والمعادن، بل قد تظهر أثارها في المتراكبات البوليمرية العاملة بكثرة في البيئة المكشوفة، فلقد ذكر الباحث عباس (2011) أن تعرض متراكبات النوفولاك إلى مياه مطر تمتاز بارتفاع درجة حموضتها حينما تكون هذه المتراكبات تحت تأثير حمل ثابت قصير الأمد يسرع بزيادة نسبة الفقدان في معامل التزحف الانعطافي (Flexural creep modulus) مع خفض قيمة pH لمياه المطر من(6.8 إلى 2.31) (عباس، 2011).

ولذا فقد استهدفت الدراسة الحالية شأنها شأن الكثير من البحوث العلمية التي تبصر بمخاطر الأمطار الحمضية على المواد الداخلة في المجالات الإنشائية بتوصيف الفروق المتميزة مابين معامل الرجوعية التزحفي (resilience modulus Creep) لمتراكبات النوفولاك المحضرة بتدعيم مادة النوفولاك بألياف الزجاج مرة وألياف الاسبست مرة والألياف الهجينة (30% ألياف زجاج + 30% ألياف اسبست) مرة أخرى في ردود فعلها تجاه الغازات الحامضية الذائبة في ماء المطر المتساقط على منطقة الدورة الواقعة جنوب مدينة بغداد في جمهورية العراق والتي ينتشر فيها محطات القوى

والمراكز الصناعية وفقاً للتطورات التي تطرأ على طاقة انفعال الثني (Flexural strain energy) المتراكمة في هذه المتراكبات بزيادة عمر وجودها في هذه البيئة.

وعلى الجانب الأخر تحرص هذه الدراسة إلى معرفة الحد الأقصى للرقم الهيدروجين للإمطار الحمضية الذي يجب إلا تتعرض متراكبات النوفولاك لحد أعلى منه لجعلها قادرة على العمل في هكذا بيئة مكشوفة ويتم ذلك عادة بالمقارنة بكفاءة الارتداد المرن لهذه المتراكبات المحضرة إثناء تعرضها لماء المطر الطبيعي (الغير ملوث) والمتساقط على منطقة الكاظمية الواقعة شمال مدينة بغداد في جمهورية العراق.

المواد وطرائق العمل

المواد المستخدمة

تم استخدام راتنج النوفولاك المنتج محلياً في شركة ذات الصواري كمادة أساس وهو عبارة عن كتل صلبة يتم طحنها وخلطها مع المادة المصلدة (HMTA) للحصول على خليط (HMTA – Novolak) مناسب للقولبة بالحرارة والضغط. أما مواد التقوية المستخدمة تتمثل بألياف صناعية قصيرة تعمل على تقوية المادة الأساس وهي ألياف الزجاج نوع (E) وهي بشكل ألياف قصيرة (Short fibers) متقطعة بأطوال معينة تتراوح بين (6-8mm) وذات قطر بحدود (μm 10-14) وألياف الاسبست المعروفة بـ (Chrysolite) وهو عبارة عن ألياف غير مستمرة أشبه بالشعيرات المنقطعة (Discontinuous fibers - whiskers) علاوة على ذلك تم استخدام عوامل تحسين النوعية المتمثلة بالمواد التالية (Mgo، Olic، PVA، سترات الرصاص، Aniline).

الأجهزة المستخدمة Instruments

جهاز التزحف بالانعطاف تحت حمل ثلاثي الركيزة العراقي المنشأ والمصمم وفق المواصفات التي وضعتها الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM -D2990 -77).

طريقة تحضير وفحص النماذج

تم تحضير عينات مقواة بألياف قصيرة بنسبة وزنية تقدر بـ (60%) وذلك بالاعتماد على المعادلة الآتية (Kleinhdz etal, 1986):-

$$\psi = \frac{W_f}{W_c} \times 100\% \quad .....(1)$$

$$W_c = W_f + W_m \quad .....(2)$$

أن (W_c، W_m، W_f): كتلة الألياف والمادة الأساس والمواد المتراكبة على التوالي.

حيث كانت المواد المتراكبة مكونة من النوفولاك المقواة بألياف الزجاج والنوفولاك المقواة بألياف الاسبست ومواد متراكبة هجينة مكونة من النوفولاك المقواة بـ (30% ألياف زجاج + 30% ألياف الاسبست).

في الواقع تمت عملية التحضير الابتدائي للمزيج الداخل في تحضير النماذج المتراكبة بالاعتماد على طريقة الاشراب اوالتشرب (Impregnation method) والتي تعد أهم طرائق القولبة الفينولية.

استنادا إلى ذلك تم إتباع الخطوات التالية في تحضير المتراكبات من راتنج النوفولاك وكمايلي:-

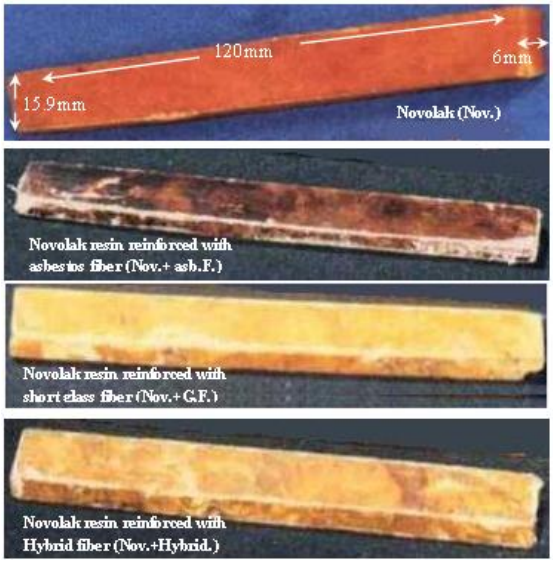
أ - يحضر مزيج الراتنج الفينول وذلك بإذابة خليط (Novolak -HTMA) ذو نسبة (10%) وزناً من (HMTA) في كحول الايثانول باستعمال خلاط ذو سرعة عالية ثم بعد ذلك يتم أضافه (عوامل تحسين النوعية) بشكل تدريجي مع مراعاة استمرار الخلط.

ب- تغمر الألياف في مزيج الراتنجي الفينولي مع التحريك ومراقبة تشبع كافة الألياف بالراتنج. وهكذا نعود إلى تكرار الخطوات السابقة الذكر مع خليط (Novolak -HTMA) ذو نسبة (14%) وزناً مع (HTMA).

جـ- بعد التأكد من الغمر الجيد وتشبع الألياف بالمزيج الراتنجي ننتقل إلى مرحلة التجفيف بالهواء الساخن لدرجة تتراوح (^{0}C 70-80)، حيث تترك المادة في جو الفرن عند هذه الدرجة الحرارية لمدة ثلاثة ساعات وبذلك يتم التخلص من كحول

الايثانول المستخدم في المزيج عندئذ تصبح المادة المحضرة جاهزة للقولبة ومن ثم يتم كبس النماذج المستخدمة في الاختبارات التي تم إعدادها باستخدام المكابس نصف الآلية المصنفة من قبل شركة (Batten Feld /Berge). حيث أن عملية القولبة بمكابس الضغط تتم باستعمال القوالب الفولاذية المارقة (Flash) فأن ذلك يؤدي إلى الحصول عينات نظامية من هذه القوالب حسب المواصفات القياسية العالمية وكما يلي:-

عينات اختبار التزحف بالانعطاف (creep Flexural) تحت حمل ثلاثي الركيزة أعدت حسب النظام القياسي (ASTM -D790) بسمك (6mm) وعرض (15.9mm) وطول (120mm).



الشكل(1) صورة فوتوغرافية للعينات المستخدمة في الدراسة الحالية.

ويغطى الاختبار عموماً خواص الثني (Flexural) في حدود المرونة عبر فترات محسوسة من الزمن تحت حمل ثابت ثلاثي الركيزة مثل انفعال التزحف ألانعطافي ومعامل التزحف ألانعطافي و معامل الرجوعية ألانعطافي التزحفي وطاقة انفعال الثني.

طريقة أجراء الاختبار:- توضع العينة المحضرة على مساند الجهاز ويتم تطبيق الحمل في مركزها من الأسفل بقيمة ثابتة قدرها (29.43N) التي تحسب من المعادلة التالية (عباس، 2011):-

$$P = m \times g \quad .....(3)$$

حيث أن (m): الكتلة المعلقة مقاسه بـ (kg). (g): التعجيل الأرضي ($9.81 m/sec^2$).

وفي هذه الخطوة يسجل مقدار التشوه (أي بمعنى الانحراف Deflection الحاصل عند منتصف العينة والذي يرمز له (D) مقاساً بـ (m)) بحذر خلال فترات زمنية معينة واستناداً إلى هذه النتائج يمكن حساب معامل الرجوعية التزحفي ألانعطافي من المعادلة التالية (الصفار، 2010 ومصطفى، 1983):-

$$R = \frac{9DP}{2bdL} \quad .....(4)$$

حيث أن (R): معامل الرجوعية التزحفي ألانعطافي (Flexural creep resilience modulus) مقاساً بوحدات (P_a)، وهو بمثابة معيار لقدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماماً بعد زوال الحمل المؤثر (الصفار، 2010).

(b): عرض العينة مقاساً بـ (m).

(d): سمك العينة مقاساً بـ (m).

(L): البعد بين نقطتي التحميل أو امتداد العتبة مقاساً بـ (m).

ولدراسة ارتباط كفاءة هذه المواد لامتصاص طاقة اجهادات الثني المبذولة في حدود المرونة بوجود وتراكم طاقة انفعال الثني المختزنة في المتراكبات المحضرة بمضي الزمن على التحميل يتم تطبيق المعادلة التالية (Admas *et al.*, 1975):-

$$u = \frac{P^2\left(\frac{L}{2}\right)^3}{E_f bd^3} \quad .....(5)$$

حيث أن (u): طاقة انفعال الثني (strain energy Flexural) مقاسة بـ (KJ/m^2).

(E_f): معامل التزحف ألانعطافي (modulus Flexural creep) مقاسة بـ (P_a).

وقد اعتمدت الدراسة الحالية في الحصول على معاملات الانعطاف التزحفية لمتراكبات النوفولاك المحضرة بصفه أساسية على النتائج العملية التي

توصل أليها الباحث عباس(2011) في دراسة له سبق الإشارة أليها في البحث الحالي.

طريقة معاملة النماذج المحضرة بماء المطر الحمضي وانتقاء الحد المسموح به من الملوثات الحامضية على خاصية الارتداد المرن.

أن مياه الإمطار الطبيعية غير ملوثة تتصف بتركيز أيون الهيدروجين تبلغ قيمته (6.8) وليس (7) كما هو متوقع وذلك بسبب ذوبان كميات من غاز اوكسيد الكربون الموجود طبيعياً في الهواء في ماء المطر عباس(2011).

من هذا المفهوم تم تحديد الخطوات المتبعة في أجراء التجارب العملية لدراسة تأثير زيادة تركيز أيون الهيدروجين في ماء المطر على خاصية الارتداد المرن بعد زوال حمل الثني ثلاثي الركيزة للنماذج المحضرة:-

التجربة الأولى: دراسة تأثير ماء المطر الطبيعي (غير الملوث) على خاصية الارتداد المرن للمواد المتراكبة المحضرة والمغمورة فيه.

وفي هذه التجربة تم إتباع الخطوات التالية:-

1- يتم استعمال في هذه التجربة ماء المطر المجمع من منطقة الكاظمية والذي يعتبر حسب القياسات طبيعياً أي بمعنى غير ملوث.

2- وضع العينات المحضرة لغرض اختبار الارتداد المرن في فرن تجفيف لا تزيد درجة حرارته عن ($50\ ^0C$) لمدة (1/4) ساعة، ثم يبرد في جهاز تجفيف وتغطس فوراً في أناء زجاجي يضم ماء المطر المنتقاة بهذه التجربة ذو تركيز أيون الهيدروجين (pH) قدره (6.8).

3- أجراء اختبار التغير في القابلية على الارتداد المرن للنماذج المحضرة في وقت تسليط الحمل قبل وبعد غمرها في الماء الطبيعي لمدة (5) أيام.

4- تحت نفس الظروف السابقة الذكر يتم تجهيز أنائيين يحتويان على عينات أخرى مغمورة في ماء المطر ولكن هذه المرة يتم فحص قابليتها لاسترجاع مرونتها بعد مضي (15) يوم مرة وبعد مضي (25) يوم مرة أخرى.

التجربة الثانية: دراسة تأثير الحامضية في ماء المطر على خاصية الارتداد المرن للمواد المتراكبة المحضرة والمغمورة فيه.

وفي هذه التجربة تم أتباع الخطوات التالية:-

1- يتم استعمال في هذه التجربة ماء المطر المجمع من منطقة الدورة والذي يعتبر حامضياً بامتلاكه pH قدرة (6.3).

2- تكرر الفقرة رقم (2) و(3) من التجربة الأولى.

التجربة الثالثة: دراسة تأثير زيادة تركيز حامض الكبريتيك في ماء المطر الطبيعي على خصائص التزحف تحت حمل ثلاثي الركيزة للمواد المتراكبة المحضرة والمغمورة فيه.

وفي هذه التجربة تم أتباع الخطوات التالية:-

1- خفض قيمة pH لماء المطر الطبيعي الذي تم جمعه من منطقة الكاظمية من (6.8) إلى (5) مرة و (2.31) مرة أخرى مختبرياً- بإضافة كمية قليلة من حامض الكبريتيك المركز بدقة وبحذر مع مراقبة جهاز (pH) بغية الحصول على القيمة المطلوبة والوصول أليها.

2- تكرر الفقرة رقم (2) و (3) من التجربة الأولى.

ومن المهم الإشارة في هذا المجال إلى أن خطوات التجارب التي سبق أن ذكرناها كانت على نفس منوال خطى التجارب التي قام بها الباحث عباس(2011) أخذين بنظر الاعتبار الاختلافات الحسابية في قياس الكميات الفيزياوية لاستكمالنا لدراسة هذا الباحث بتوفير المزيد من الدلائل العلمية على تغير مقاومة التزحف للنماذج المحضرة عن طريق حسابنا بهذه الدراسة الحالية القصور في الارتداد المرن وتراكم طاقة انفعال الثني.

النتائج والمناقشة

دلت نتائج بعض الدراسات أن كمية الغيوم والأمطار داخل المدينة هي أكثر خلال أيام الأسبوع التي تتميز بالفعاليات الصناعية مما هو عليه في نهاية الأسبوع وأيام العطل الخفاف(1999) وعلى ذلك لا يمكن فصل مدى استجابة المواد المتراكبة

لتأثير القوى الاستاتيكية عليها كذلك مدى استرجاعها لحالتها الأصلية بعد زوال القوى المؤثرة فيها وهي عاملة في البيئة المكشوفة بإسهاب عن التزايد في التغيرات المناخية المحسوسة كالإمطار والثلوج وتواجد الملوثات الناتجة من إنشاء وتوسع المدن(الخفاف، 1999 و Bikales, 1985) نظراً لكون سرعة تكدس مياه المطر داخل جسم المتراكب البوليمري والتي تتم بفعل عدة آليات متعاقبة الحدوث والمتمثلة بـ (الانتشارية Diffusion، والخاصية الشعرية Capillarity، والشقوق المجهرية Microcracks) ذو صلة بطول مدة تعرضها لتلك الأمطار وكذا بكمية الغازات الحامضية الملوثة للبيئة التي تتصاعد يوميا دون انقطاع إلى الهواء (عباس، 2011 و 1985 Comyn,).

ومن هنا يمكن مناقشة تأثير هذه العوامل المتعلقة بماء المطر على معامل الرجوعية التزحفي (Flexural creep resilience modulus) وطاقة انفعال الثني التزحفية (strain energy Flexural creep) المتراكمة من مادة النوفولاك ومتراكباتها الواقعة تحت حمل ثلاثي الركيزة مستقر وقصير الأمد وكما يلي:-

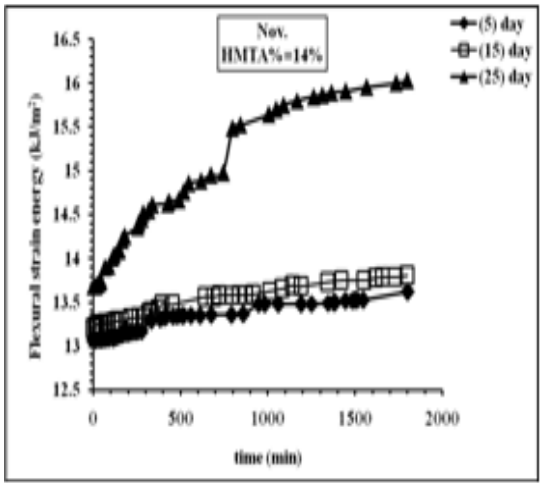
أ- تأثير الإسراف الشديد في تعرض مادة النوفولاك ومتراكباتها لمياه المطر الغير ملوثة (النقية) على معامل رجوعيتها التزحفي وطاقة انفعال الثني التزحفي.

أن الانحلال والتدهور في مادة النوفولاك ومتراكباتها ينشط شيئاً فشيئاً على حسب العمر الزمني لإبقائها معرضة لمياه المطر الغير ملوثة وأن كان ذلك يحدث بنسب متفاوتة وفقاً لنوع ألياف التدعيم ونسبة الـ (HMTA) حيث نشاهد أثاره في حصول قصور كبير في مقدرة هذه المواد على إرجاع الطاقة المرنة الميكانيكية الممتصة بعد زوال حمل الثني المؤثر عليها تبعاً لمقدار طاقة انفعال الثني التزحفي المتراكمة فيها من ناحية ومقدار معامل الرجوعية التزحفي من ناحية أخرى.

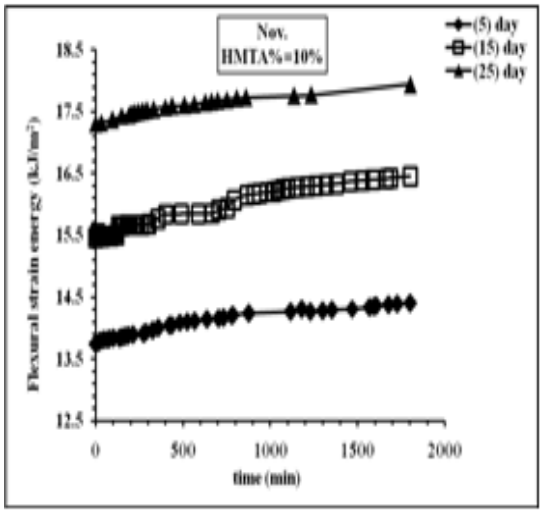
فلقد أوضحت الدراسة الحالية أن طاقة انفعال الثني التزحفية بالنسبة للمواد التي تعاني من طول عمر تغطيسها في مياه المطر تزداد عن مثيلتها ذات عمر تغطيسي واطئ. فمثلاً في عمر تغطيس امتد من (5-15) يوم يكون الفرق في طاقة انفعال الثني التزحفي لحظة تسليط الحمل ($0.450kJ/m^2$ لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% من(HMTA) و$0.433kJ/m^2$ بعد تدعيمها بألياف الاسبست و$1.7002kJ/m^2$ بعد تدعيمها بألياف الزجاج و$0.9893\ kJ/m^2$ بعد تدعيمها هجيناً بالألياف السابقة الذكر)، ويزداد هذا الفرق ليصل إلى ($4.0184kJ/m^2$ في مادة النوفولاك و$1.7311kJ/m^2$ بعد تدعيمها بألياف الاسبست و$2.50534kJ/m^2$ بعد تدعيمها بالألياف الزجاجية و$2.5582\ kJ/m^2$ بعد تدعيمها هجيناً) بعمر تغطيس امتد من (5-25) يوم. أما بالنسبة لمعامل الرجوعية فبينما يزداد معامل الرجوعية لحظة تسليط الحمل بعمر مقداره (15) يوم عن مثيله بعمر تغطيس (5) يوم بمقدار 2.59MPa في مادة النوفولاك ذات نسبة (10%) من (HMTA) و 2.59MPa بعد تدعيمها بألياف الاسبست و10.175MPaبعد تدعيمها بالألياف الزجاجية و5.92MPa بعد تدعيمها هجيناً تبلغ هذه الزيادة حوالي 24.05MPa في مادة النوفولاك ذات نسبة (10%) من (HMTA) و 10.36MPa بعد تدعيمها بألياف الاسبست و14.985MPaبعد تدعيمها بالألياف الزجاجية و15.281MPa بعد تدعيمها هجيناً) في زمن تغطيس يمتد من (5−25) يوم.

وهذه المؤشرات دليل على أن التحلل المائي (Hydrolysis) يؤثر في ثلاث اتجاهات... فهو ذو تأثير يمتد عدة ساعات، وتأثير أخر يمتد إلى عدة أيام أو أسابيع، وتأثير ثالث متواصل مادامت عملية التنافذ مستمرة... فهذه المياه تحدث تحلل لجسم المتراكب في اتجاه تفكيك سلاسة البوليمرية إلى مركبات ذات وزن جزيئي واطئ (عباس، 2001)... ويعني ذلك أن هذه المتراكبات تعاني

خلال الساعات الأولى من تماسها المباشر مع جزيئات الماء بصفة أساسية من عملية تعرف بأسم (الانتشارية Diffusion) التي سبقت الإشارة أليها التي تضمن تغلغل هذه الجزيئات التي تكون في حالة حركة مستمرة خلال طور البوليمر مبتدئة بملء الفراغات الدقيقة (Microcavitation) والفراغات الموجودة بين عناصر التركيب فوق الجزيئي(عباس، 2001 و Apicell*et al*. 1982) وبذا فأن نتائج الفحوصات المختبرية بعد الساعات الأولى من زمن تعرض مادة النوفولاك ومتراكباتها لمياه المطر النقي تعطي تقديراً اقل لمعامل الرجوعية التزحفي من تلك المستحصلة بعد امتداد زمن تغطيسها لساعات أطول لأن تواجد المتراكب البوليمري بفترات متدنية من التغطيس في مياه المطر يسبب انتفاخاً أولياً في المادة الرابطة البوليمرية مما ينتج عنه ضعفاً في متانة هذه المادة وهذا الضعف يعكس بدوره إمكانية رفع نسبة طاقة انفعال الثني الزائدة عن طاقة الانفعال المرنة (strain energy Elastic) في وقت تعيين التزحف الأمر الذي جعل هذا الانتفاخ (Swelling) الأولى عاملاً مساعداً في إبراز ظاهرة التزحف بالإسراع بعمر التزحف من وقت تسليط الحمل ولو بدرجة بسيطه، ولا شك أن جملة خسائر هذا الانتفاخ الأولى أقل، إلا أنه باستمرار تغلغل جزيئات مياه المطر في المتراكبات البوليمرية على المدى الطويل تؤدي شدة الانتفاخ إلى أثار مدمرة على هذه المواد ويرجع ذلك إلى أن التغلغل المستمر ينتج عنه ابتعاد السلاسل البوليمرية بعضها عن بعض لأن جزيئة الماء ترتبط مع المجاميع الفعالة لتسبب تقليل ترابط الهيدروجين في السلسلة البوليمرية، مما قد يؤدي إلى تقليل الوزن الجزيئي للبوليمر ... بل ويمتد التهشيم إلى الحشوات والمادة الأساس بما في ذلك فك الروابط البينية بين الأليف والمادة الأساس وتؤدي هذه بالتالي إلى خلق اجهادات داخلية بدرجة كبيرة في جسم المتراكب البوليمري والتي تدعى اجهادات الانتفاخ (Swelling stresses) (عباس، 2010 و العبيدي، 2002 و Abeele 1999) وبالطبع، مسببة عبئاً على المواد الوقعة تحت حمل ثلاثي الركيزة ثابت باعتبارها تتيح الفرصة لإجهاد الثني بالارتفاع عن قيمته الفعلية مما يسهل في تحزين طاقة انفعال الثني في هذه المواد بنسبة عالية في فترة قصير من وقت تسليط الحمل وحسب ما موضح في الإشكال من (2-9) وقد اعتبر هذا مؤشرا على تناقص مضطرد

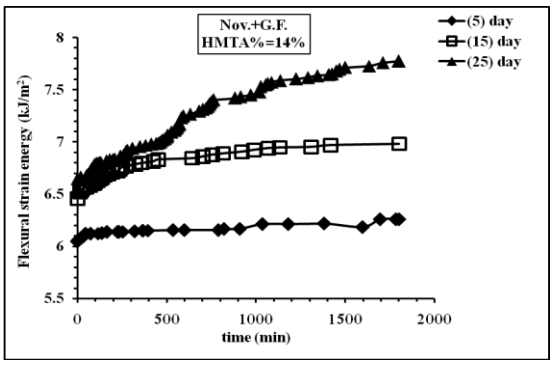


الشكل (2) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14%وزنا من (HMTA)

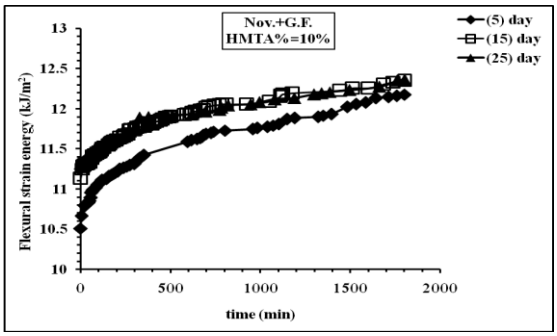


الشكل (3) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزنا من (HMTA)

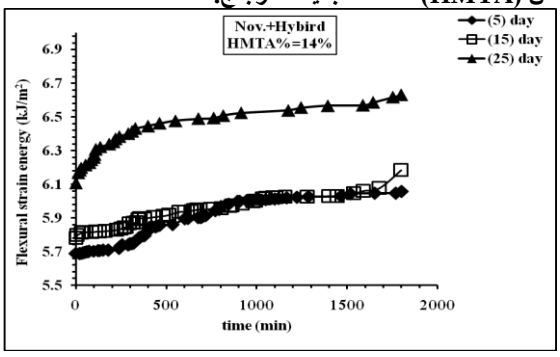
فقط في مقاومة هذه المواد لظاهرة التزحف بدرجة كبيرة في أسرع وقت ممكن حينما يزداد معامل الرجوعية التزحفي لاحظ الإشكال من (10-17).



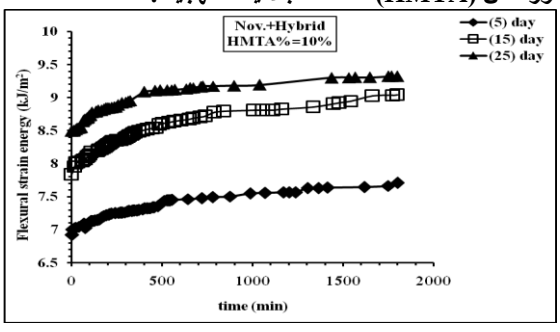
الشكل (4) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



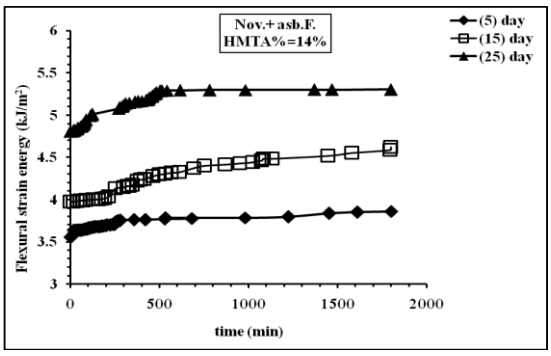
الشكل (5) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



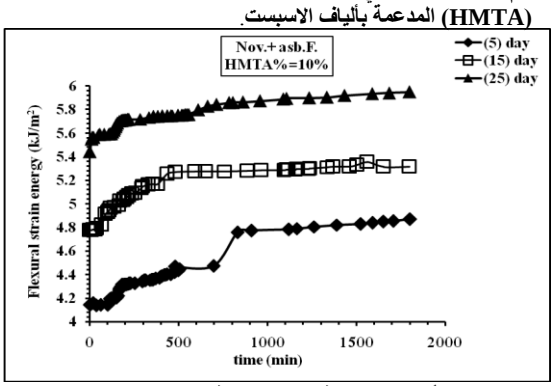
الشكل (6) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



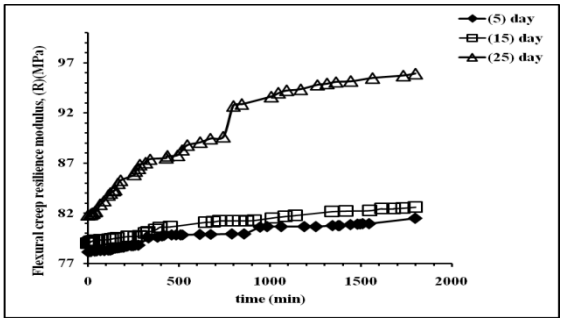
الشكل (7) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



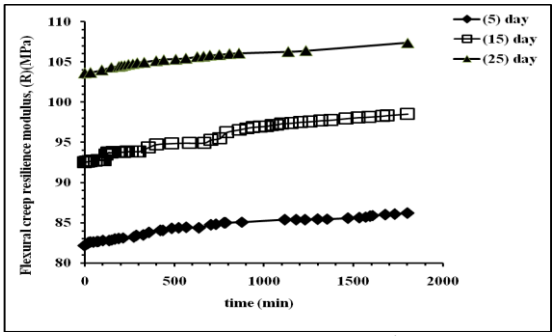
الشكل (8) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



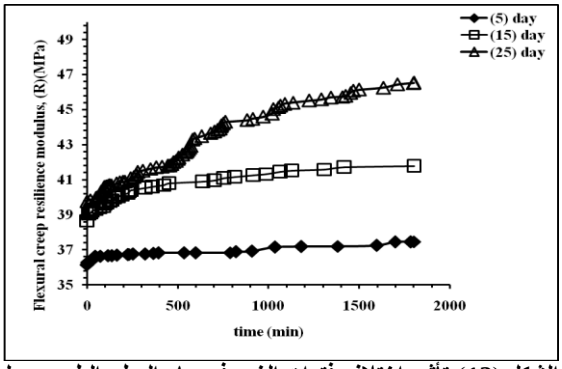
الشكل (9) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



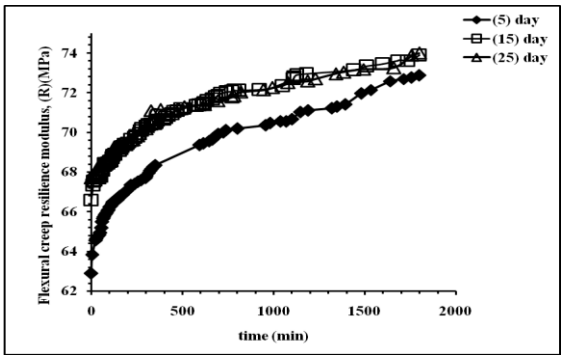
الشكل (10) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA).



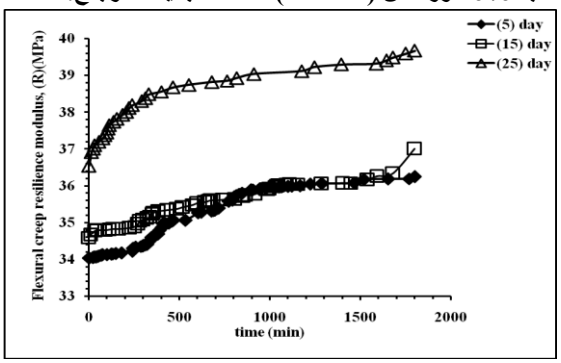
الشكل (11) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA).



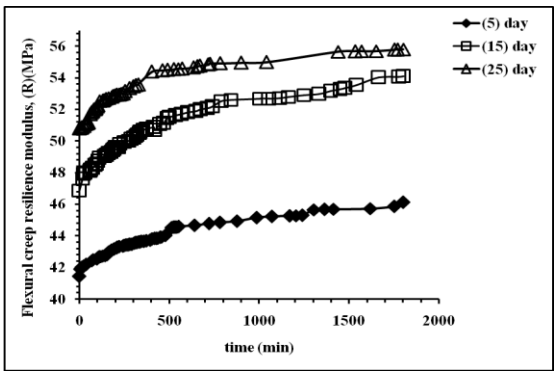
الشكل (12) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



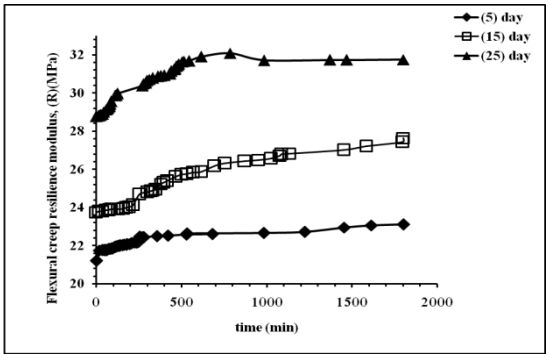
الشكل (13) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



الشكل (14) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



الشكل (15) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



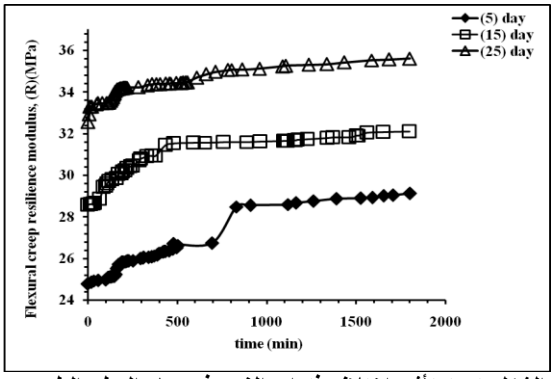
الشكل (16) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.

ب- أثر ارتفاع حموضة مياه المطر على معامل الرجوعية التزحفي وطاقة انفعال الثني المرنة للنوفولاك ومتراكباته.

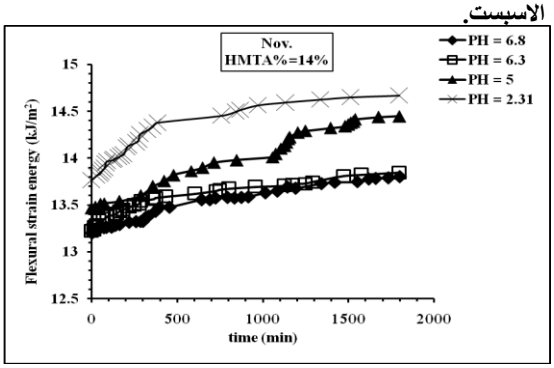
يمكن إدراك أهمية تأثير انخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) لماء المطر الغير الملوث عن (6.8) من خلال ميل طاقة انفعال الثني (energy Flexural strain) المتراكمة في مادة النوفولاك ومتراكباتها الواقعة تحت تأثير حمل ثلاثي الركيزة مستقر و قصير الأمد للتزايد في ظل وجودها لمدة (15) يوماً في هذا الوسط المحيط (الأشكال من-25 18)، فلقد أشارت النتائج إلى أن الخسائر التي نجمت عن تزايد نشاط عملية تراكم طاقة انفعال الثني التزحفي في هذه المواد خلال مراحل تدني الرقم الهيدروجيني لماء المطر بدت واضحة جلية في زيادة مقدار معامل رجوعيتها التزحفي الإشكال من (26-33) ووقوف هذا التزايد في معامل رجوعية المواد المحضرة عائقا في مقدرتها على إرجاع الطاقة التي تتعرض لها أثناء الاستعمال، أي أن ما يفقد من مقدرة هذه المواد على رد الطاقة الممتصة عند إزالة الاجهادات في حالة وجودها في الأجواء الصناعة لفترة طويلة قد يعادل عدة مرات ما يفقد في حالة وجودها في المناطق البعيدة عن المنشئات الصناعية، وذلك لأن الغازات الحامضية مثل غاز ثاني اكسيد الكبريت التي تطلقها المناطق الصناعية في الهواء يؤثر تأثير مباشرا على ارتفاع درجة حموضة ماء المطرارناوؤط (1993) كما هو مذكور سابقاً وبالتالي زيادة تلف بنية النوفولاك

(المادة الأساس) وبالتالي زيادة تلف بنية متراكباته، على اعتبار هذه الغازات سموم تجعل من المطر سائل مدمر بقوة مهاجمته للمتراكبات البوليمرية المتعرضة له والتي تبدوا واضحة في صورة التعجيل المستمر بحدوث عمليتي التحلل الكيميائي والتلدين لمكونات هذه المتراكبات وعلى ذلك فالمشكلة تزداد تعقيداً مع استمرار نفوذ هذا السائل المدمر خلال بنية الشبكة البوليمرية بنشوء عملية تكوين الاجهادات الداخلية (Abeele, 1999)، علاوة على حقيقة هامة وهي أن هذه العمليات الثلاثة (التحلل الكيميائي والتلدين وتكوين الاجهادات الداخلية) عادة ما تتركز في مناطق معينة من المادة الأساس للمتراكب البوليمري لا تلبث أن ينتج عنها فشل موقعي عند اجهادات واطئة إذا ما قورنت بتلك الاجهادات التي يمكن أن تتحملها في حالة تعرضها لمياه المطر الخالية تماماً من أية ملوثات (عباس، 2010 والجنابي، 2004).

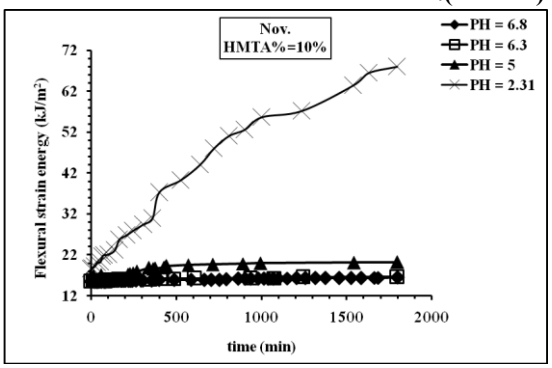
هذا مع العلم أن متراكبات النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست في حالة تعرضها لمياه المطر الملوث أو الغير الملوث أبدت قدرة على رد الطاقة الممتصة التي تتولد فيها أثناء تعرضها لإجهاد الثني اكبر مما هي عليه في بقية المواد المحضرة من خلال انخفاض قيمة معامل رجوعيتها التزحفي وطاقة انفعال ثنيها بسبب تميز ألياف الاسبست بمقاومتها الجيدة للحوامض(عباس، 2010 والجنابي، 2004 و Knop, 1979) خصوصا عند وصول نسبة (HMTA) إلى 14% في هذه المتراكبات حيث تؤدي هذه النسبة إلى زيادة التشابك الكيميائي بين السلاسل البوليمرية وبالتالي تساعد في التقليل من سرعة انفصال مادة النوفولاك بعضها عن البعض بتأثير ظاهرة المج البوليمري(Desorption)(Tavakoli, 1989).



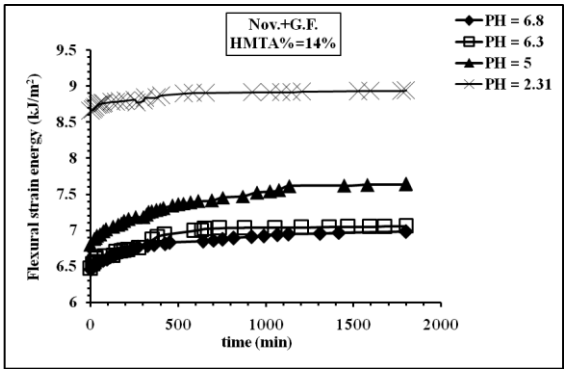
الشكل (17) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



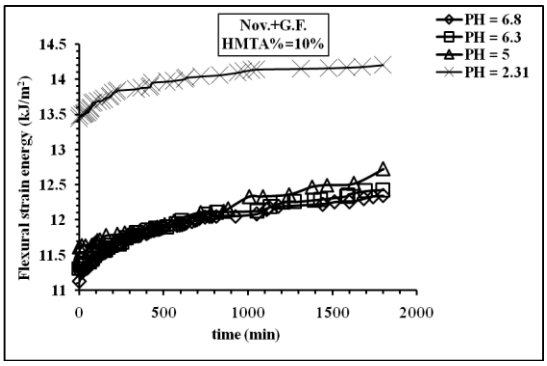
الشكل (18) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



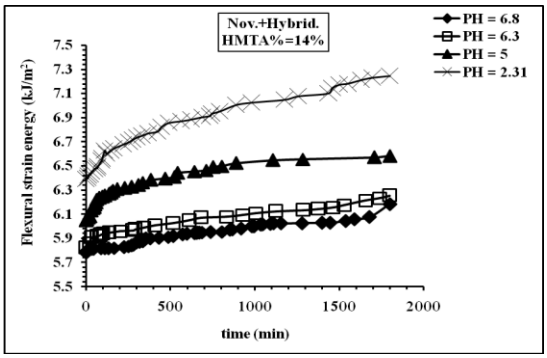
الشكل (19) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



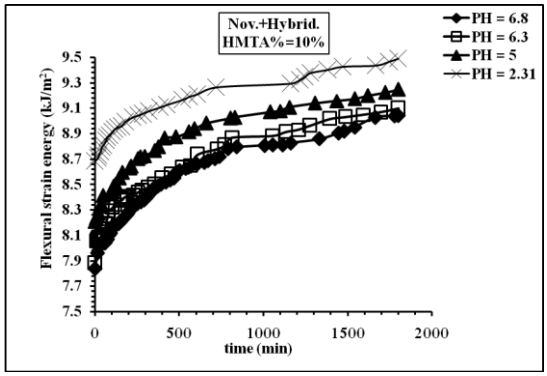
الشكل (20) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك المدعم بألياف الزجاج ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



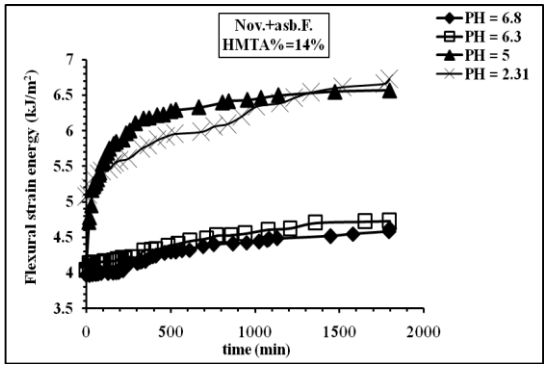
الشكل (21) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني ي لمادة النوفولاك المدعم بألياف الزجاج ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



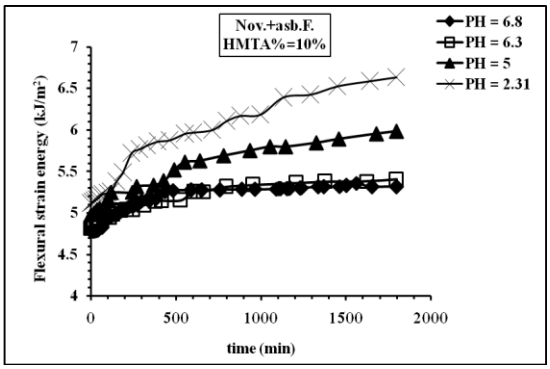
الشكل (22) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك المدعم بالألياف الهجينة ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



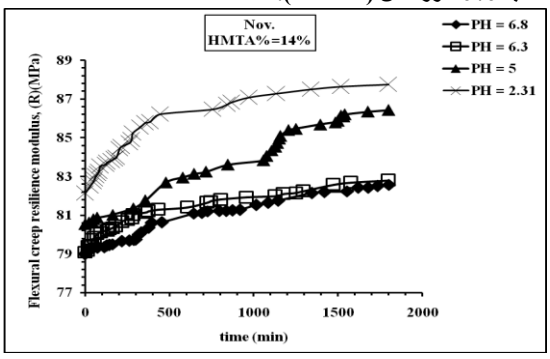
الشكل (23) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك المدعم بالألياف الهجينة ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



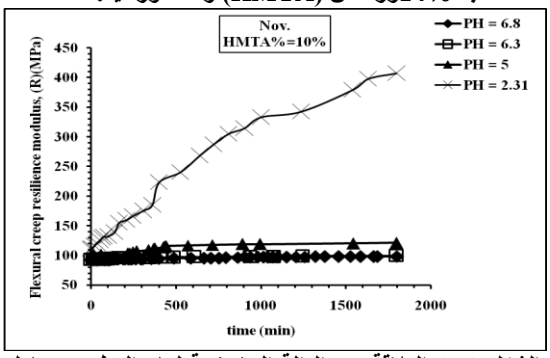
الشكل (24) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك المدعم بألياف الاسبست ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



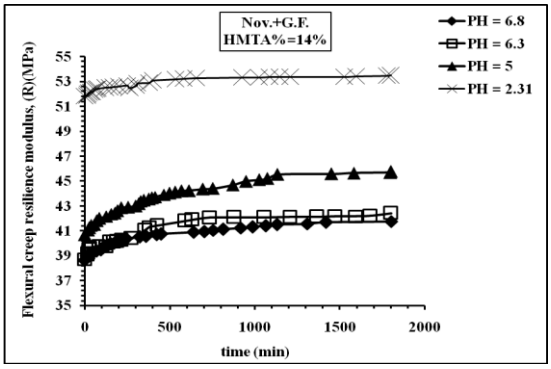
الشكل (25) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم طاقة انفعال الثني لمادة النوفولاك المدعم بألياف الاسبست ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



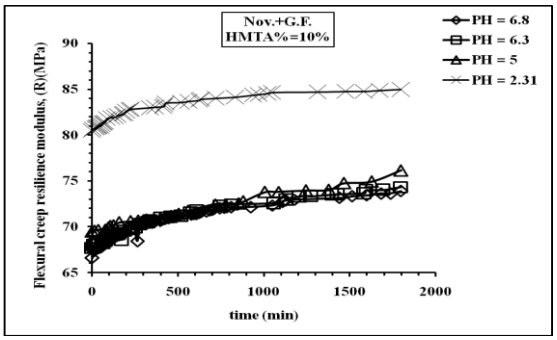
الشكل (26) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



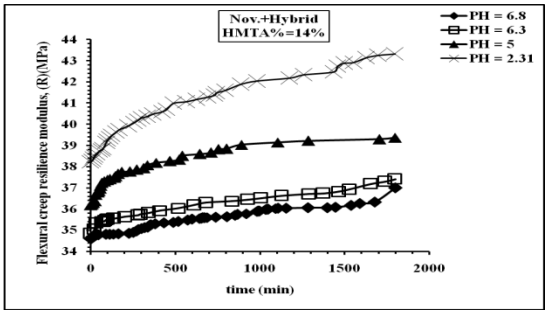
الشكل (27) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



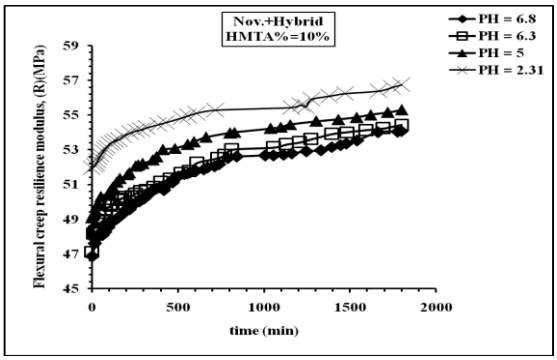
الشكل (28) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الزجاج ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



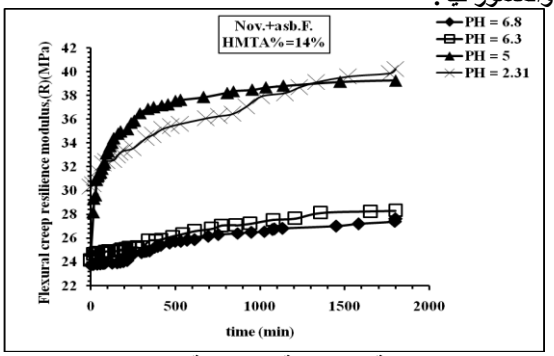
الشكل (29) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الزجاج ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



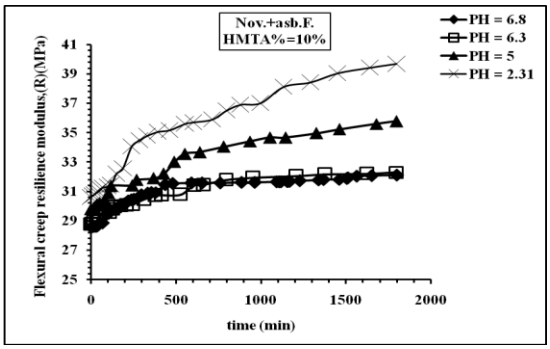
الشكل (30) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بالألياف الهجينة ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



الشكل (31) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بالألياف الهجينة ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



الشكل (32) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر و معامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



الشكل (33) علاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر ومعامل الرجوعية التزحفي الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.

الاستنتاجات

ترى هذه الدراسة وجود ارتباط بين الزيادة الملحوظة في معامل الرجوعية التزحفي للنماذج المحضرة والإسراف في تعرضها لمياه المطر ذات(pH=6.8) أثناء تواجدها في بيئة مكشوفة غير ملوثة وفقا للأرقام التي تم التوصل أليها، حيث ارتفع مقدار معامل الرجوعية التزحفي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% من HMTA مابين (82.14–103.6MPa) خلال مدة غمر امتدت من (5 أيام) إلى (25 أيام) ومابين (62.9 – 67.71MPa) بعد تدعيمها بألياف الزجاج ومابين (24.79 – 32.56MPa) بعد تدعيمها بألياف الاسبست ومابين (41.44 -50.801MPa) بعد تدعيمها هجينياً بالألياف السابقة الذكر في مقابل ارتفاع معامل الرجوعية التزحفي لمادة النوفولاك ذات 14% من HATA مابين (39.775MPa- 36.149) ومابين (28.767MPa- 21.201) بعد تدعيمها بألياف الزجاج ومابين (36.537- 34.04) بعد تدعيها هجينياً بالألياف السابقة الذكر (الأشكال من 17- 10).

كما أن الأخذ بحقيقة تواجد هذه المتراكبات في الأجواء الصناعية التي يملاءها دخان المصانع وتتعلق بهوائها الشوائب الضارة والنقصان المبكر في مقدرتها على الارتداد المرن إلى الوضع الأصلي بعد الثني خصوصاً بعد أن لوحظ أن نسبة الارتفاع

هذه في معامل الرجوعية للمتراكبات المحضرة عند تواجدها في بيئة غير ملوثة تحتاج إلى فترات زمنية أطول تحت حمل الثني المستقر لتكافئ نسبة الارتفاع الحاصلة لمعامل الرجوعية التزحفي في حالة تواجد نفس النماذج ولكن هذه المرة في بيئة ملوثة.

وعليه من المثبت في هذه الدراسة أن مادة النوفولاك ذات 10% من HMTA بعد أن كان معامل رجوعيتها يبلغ (92.5MPa) مع غمرها بماء المطر لمدة (15 يوم) ذو (pH=6.8)، أصبح (111MPa) مع غمرها بماء المطر ذو (pH=2.31)، وتتنوع هذه القيم لمادة النوفولاك مع تدعيمها بالألياف فهي تتراوح عادة مابين (80.2MPa -66) عند تدعيمها بألياف الزجاج ومابين (30.599MPa- 28.564) عند تدعيمها بألياف الاسبست ومابين (51.948MPa- 46.879) عند تدعيمها هجينياً، وينطبق ذلك الحل على مادة النوفولاك ومتراكباتها ذات نسبة 14% من HMTA، وهذه الأرقام تعكس تزايد عدوانية مياه الإمطار النقية على مقاومة المواد المحضرة لحمل الثني الثلاثي الركيزة المسلط عليها عندما تختلط بملوثات الهواء الذي يحتوي على الكثير من الغازات الحمضية وذلك بتحويله إلى مطر حامضي، وخطورة هذه المياه تأتي من تسريعها للفترة الزمنية اللازمة لانحلال وتدهور بنية مادة النوفولاك ومتراكباتها مقارنة بما يمكن أن تكون عليه مقاومة ثني هذه المواد عندما تتعرض لماء مطر ذو pH قدره 6.8.

وما من شك إن هذه الزيادة في معامل الرجوعية التزحفي تعني زيادة في انخفاض استرجاع المرونة لهذه المواد بعد إزالة الحمل المؤثر نتيجة لتحول مقدار كبير من الطاقة الميكانيكية المرنة المختزنة في وحدة حجوم هذه المواد كطاقة كامنة غير قابلة للاسترجاع والمسؤولة عن زيادة التشوه الزمني المتبقي فيها. فقد أظهرت القياسات أن زيادة طاقة انفعال الثني المتراكمة وفقا لنوع التدعيم ونسبة (HMTA) بزيادة فترة تعرض المتراكبات المحضرة لمياه المطر وخاصة الحامضي منها التي يتراوح رقمها الهيدروجيني بين (2.31-5) تعجل من الوصول إلى طاقة انفعال الثني التي يحصل عندها الفشل التزحفي بعمر تزحفي قصير.

المقترحات والتوصيات

التوصيات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند استخدام هذه المتراكبات في بيئة مكشوفة حتى لا يكون لهذه البيئة أثر سيئ على جودة أو سلامة المنتج النهائي في التطبيق العملي الاتي :

1- إلا تزيد مدة تعرض متراكبات النوفولاك الواقعة تحت حمل ثني ثلاثي الركيزة قصير الأمد لمياه المطر النقية عن (25يوم).

2- إلا تزيد مدة تعرض متراكبات النوفولاك الواقعة تحت حمل ثني ثلاثي الركيزة قصير الأمد لمياه المطر الملوثة ذو (pH=6.3) عن (15يوم).

3- أن تكون درجة حموضة (pH) مياه المطر المتساقط على متراكبات النوفولاك الواقعة تحت حمل ثني ثلاثي الركيزة قصير الأمد (6.3) أو أقل من ذلك على أن لا تنخفض لأقل من (5).

المقترحات:

1- دراسة تأثير الآثار الكيميائية للأشعة فوق البنفسجية من الأشعة الشمسية على كفاءة استرداد متراكبات النوفولاك الواقعة تحت حمل ثلاثي الركيزة قصير الأمد للمرونة ضمن شهر حزيران وتموز وأب في مدينة بغداد من خلال حساب معامل الرجوعية التزحفي وطاقة انفعال الثني.

2- استكمال هذا البحث بتوفير المزيد من الدلائل العلمية على تغير مقاومة التزحف للنماذج الواقعة تحت حمل ثني ثلاثي الركيزة عن طريق حساب القصور في الصلابة (Stiffness) مع استمرار زمن التحميل.

المصادر

ارناؤوط، محمد السيد. (1993) الإنسان وتلوث البيئة. الدار المصرية اللبنانية. القاهرة – جمهورية مصر العربية، ص 52 -87.

الخفاف، عبد علي و خضير، ثعبان كاظم. (1999) المناخ والإنسان.الطبعة الاولى. دار المسيرة للنشر والتوزيع – عمان– الأردن، ص 92.

الجنابي، رغد حسين محمد.(2004) دراسة تأثير ظروف التجوية (الإشعاع والمحاليل الكيميائية) على بعض خصائص متراكبات الايبوكسي. رسالة ماجستير، العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية.

الصفار، صاحب مهدي،(2010) هندسة المعادن والسبائك. الطبعة الأولى. دار الإيمان للطباعة والنشر والترجمة والتوزيع دمشق – سوريا. ص5.

عباس. رولا عبد الخضر،(2001) دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباته. رسالة ماجستير، العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية. ص99 – 108.

عباس. رولا عبد الخضر،(2010) دراسة بعض الخصائص الفيزيائية لمتراكبات بوليمرية المستخدمة في بيئة كيماوية سلبية.مجلة جامعة النهرين- العلوم. 13 (3)، 1-20.

عباس. رولا عبد الخضر،(2011) دراسة انعكاس التحلل بفعل الدقائق الحامضية العالقة في الهواء المدن على متراكبات النوفولاك. مجلة الهندسة والتكنولوجيا. 29 (6)، 315-332.

عبد ال ادم، كوركيس، (1983) الكيمياء الصناعية. منشورات كلية العلوم – جامعة البصرة – العراق. ص 144-150.

العبيدي، فراس فؤاد عبد الله، (2002) تأثير البيئة على ألية الكسر بالصدمة لمتراكبات هجينة. رسالة ماجستير. العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية ص 63-67.

مصطفى، محمد رشاد الدين،(1983) خواص مواد البناء واختباراتها. منشورات الراتب للأبحاث الجامعية. بيروت – لبنان. ص 21-269.

Abeele, K. Van Den,(1999) Correlation Between Dynamic Nonlinearly and Static Mechanical Properties of Corroded E-Glass Reinforced Polyester. Composites. 19B, (1359- 1366).

Adams, D. F. and Miller, K, (1975) The Influence of Transverse Shear on the Flexure and Chirpy Impact Response of Hybrid Composite Materials. Journal of Materials Science. 4(9), 1697-1710.

Apicelletal, A. , (1982) Water Sorption and Mechanical Properties of Glass-Reinforced Polyester. Resin .13(4), 406-410.

Bikales, M. ,(1985) Encyclopedia of Polymer Science and Engineering .vol.4, John and Wiley Sons.

Comyn, L. , (1985) Polymer Permeability. Elsevier Applied Science Publishers LTD, London and New York.

Kleinhdz, R. and Molinir, J. , (1986) Vetrotex Fiber Work. 22, 13.

Knop, A. and Scheib, W., (1979) Chemistry and Application of Phenolic Resin. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

Tavakoli, S. M.; Palfrey, R. A. and Phillips, M. G. ,(1989) Compatibility of Commercial Chopped- Strand Mats with Aphonlic Resin System for Hand Laminating. Composite. 20(2), 159-165.