دراسة انعكاسات التحلل بفعل الدقائق الحامضية العالقة في هواء المدن على متراكبات النوفولاك

رولا عبد الخضر عباس*

تاريخ الاستلام:2011/1/3
تاريخ القبول: 2011/4/7

الخلاصة

لقد وضحت هذه الدراسة أهم الأخطار الناجمة عن تلوث هواء المدن بالدقائق الحامضية وتأثيرها على المطر التي غالباً ما تحوله إلى حامض الكبريتيك أو الكبريتوز ثم دراسة المشكلة من منظور تأثيرها على متراكبات النوفولاك العاملة بإسهاب في بيئة مكشوفة خاصة في المناطق ذات النشاط الصناعي. وقد أقتصر الكلام هنا عن دور هذه الملوثات بتركيزات في صور آثار تنعكس على مقاومة هذه المتراكبات للتزحف ألانعطافي (Flexural creep) في وقت تسليط الحمل. وعموماً حضرت هذه المتراكبات من تدعيم مادة النوفولاك بألياف الزجاج مرة وبألياف الاسبست مرة أخرى. هذا.. وحضرت أيضاً متراكبات هجينة بتدعيم مادة النوفولاك بالأنواع السابقة الذكر من الألياف (30% ألياف زجاج + 30% ألياف أسبست) وأن هذه العينات بمختلف أنواعها حضرت بنسبيتين مختلفتين من المادة المصلدة (الهيكسامثلين تترأأمين) (HMTA) والمتمثلة بنسبة (10%) وزناً مرة و(14%) وزناً مرة أخرى وذلك لملاحظة تأثير المادة المصلدة على مقاومة التزحف ألانعطافي لنماذج المتراكبات المحضرة. وقد كانت نسبة الكسر ألوزني المستخدم لجميع هذه المواد هي (60%). واتضح من الدراسة أن مادة النوفولاك يمكن تحسين مقاومتها لظاهرة التزحف من عملية تدعيمها بالألياف مع زيادة نسبة المادة المصلدة (HMTA) لما لهما من أهمية في رفع نسبة الفقدان في انفعال التزحف ألانعطافي (creep strain loss% Flexural), بالإضافة إلى عائد هذا الفقد في الانفعال التزحفي على رفع قيمة معامل التزحف ألانعطافي (Flexural creep modulus) للمادة الراتنجية. لقد أوضحت النتائج أيضا أن هناك عوامل كثيرة تساعد على تحلل هذه المتراكبات البوليمرية, أهمها ارتفاع نسبة المحتوى الرطوبي من مياه المطر الغير الملوثة ذات دالة حامضية قدرها (6.8)(المجمعة في العراق - بغداد - منطقة الكاظمية) في جسم المتراكب البوليمري ومع تراكم هذه السوائل فيه يتضح زيادة انفعال الانعطاف التزحفي ولذلك تظهر أثار هذه الزيادة في صورة خفض قيمة معامل التزحف ألانعطافي. وفي نفس الوقت يحاول هذا البحث التأكيد على أن الخطورة تكمن كلها في امتصاص المتراكبات المحضرة مياه مطر ذات أس هيدروجيني (PH) منخفض القيمة عن (6.8). فقد ثبت عملياً من هذه الدراسة أن ماء المطر المجمعة في العراق - بغداد - منطقة الدورة) ذو (PH) قدره (6.3) يعمل على رفع نسبة الفقدان في معامل التزحف ألانعطافي ولا يقف الفقدان عند هذا الحد, بل أن خفض قيمة PH لماء المطر الطبيعي الغير الملوث من 6.8 إلى 5 مرة وإلى 2.31 مرة أخرى مختبرياً يعمل على زيادة نسبة الفقدان في معامل التزحف ألانعطافي, وبهذا فأن تعرض متراكبات النوفولاك إلى ماء مطر يمتاز بارتفاع درجة حموضته حينما تكون تحت تأثير حمل مستمر يزيد التزحف.

Study The Implications of The Decomposition by Acidic Particles of The Novolak Composites

Abstract

The study tries to illustrate the most important danger of urban air pollution by acid particles ,and its effect on rain, which often turn it into sulfuric acid or sulfurous . Then it studies the problem of their impact on the Novolak composites, which work extensively in an open environment, especially in areas with industrial

* قسم العلوم التطبيقية, الجامعة التكنولوجية/ بغداد

https://doi.org/10.30684/ etj.29.6.20
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

activity. The study focuses on the role of those pollutants, which used in certain concentrations in traces images reflect on the composites resistance of the flexural creep at the time of dropping the load. The composites were prepared by reinforcing the Novolak material, by glass fibers one time and asbestos glass the other time. In addition, hybrid composites, by reinforcing Novolak material, with the pervious fibers (30% glass fibers +asbestos glass) were prepared. These samples were prepared in two different rates from the solid material (HMTA), which represented once by (10%) weight and (14%) weight the other time, in order to notice the effect of the solid material on the flexural creep to the preparing models. The rate of the weight fraction of all materials was 60%. It is clear from the study that the resistance of the Novolak material to the flexural creep can be improved, by reinforcing it with fibers, and increasing the rate of (HMTA) because of their importance in raising the rate of the flexural creep strain loss % in addition to the effect of the loss on raising the value of coefficient of flexural creep modulus of the resin material.The results show that, there are many factors help in polymeric composites decomposition .The most important factor is the high rate of the moisture content of the pure rain, which has 6.8 acidic functions (collected in Iraq -Alkadhimiya) in the polymeric composite substance .It is clear that the flexural creep strain increased ,with the accumulation of liquids . So that the effect of this increasing, when the value of coefficient of flexural creep reduced will be clear. The research tries to ascertain that the danger implied in the assimilation of the prepared composites of (PH) exponent of value less than (6.8). It is proved practically from the study that the collected rain from (Baghdad -Aldwoora) of (PH) exponent of value (6.3), which rose the lose value of coefficient of flexural creep. This lose doesn't stop at this point, but the reducing of (PH) value of the unpolluted water from 6.8-5 once and 2.31 another time in the laboratory ,cause increasing in coefficient of flexural creep lose rate. So that the Novolak composite exposing to the rain characterized in raising in the acidic degree ,when it is on the effect of continuous loading that increase creeping.

1- مقدمة

من أهم الأخطار الناجمة عن بث كميات كبيرة من ثاني اوكسيد الكبريت بفعل النشاطات الإنسانية والتي تقدر بـ (43.1) مليون طن تساهم القمامة فيها بـ (1.7) مليون طن تأثيرها على البيئة. وتكمن الخطورة كلها في ذوبان هذه الغازات الملوثة فيماء المطر الذي يفترض أن يكون أنقى صور الماء في الطبيعة والذي عادة يتسبب في تحوله إلى حامض الكبريتوز والكبريتيك[1] وبذلك يكتسب المطر – درجة من الحامضية تقترب في الأحيان كثيرة من حموضة عصير الليمون الطبيعي البالغة حوالي (2), ويعبر عن هذه الحامضية بقياس يعرف بتركيز أيون الهيدروجين (PH) وعلى ذلك الماء المقطر متعادلاً بعد التقطير مباشرة ويكون تركيز أيون الهيدروجين فيه مساوياً إلى (7) وما دون ذلك يعتبر حامضي وما زاد عن (7) فيعتبر قاعدياً وعلى ذلك أصبحت ظاهرة الأمطار الحامضية (Acid rain) من الظواهر البيئية الحديثة التي تستدعي انتباه العلماء لأنها وليدة القرن العشرين وقد لوحظت بكثرة في الدول الصناعية الأوربية حيث تفاقمت مشكلة الأمطار الحامضية بعد أن عمدت المصانع الملوثة للهواء إلى زيادة ارتفاع مداخنها بغية تشتيت الدخان مع تيارات الهواء على
ارتفاعات عالية نسبياً, ألا أن هذه المعالجة موقعياً قد أدت إلى انتقال ملوثات الهواء جغرافياً لمسافات أبعد عابرة حدود الدول ومؤثرة على مناطق سكنية وقد جرت العادة على تسمية هذه الظاهرة بالتلوث عبر الحدود (Tran boundary pollution), وهكذا تساعد تيارات الريح والمداخن على توسيع الرقع الجغرافية المبتلاة بتلوث الهواء من مصادر بعيدة عنها في الأصل أو قد تعود إلى دولة أخرى, وقد يستغرق عبور هذه الملوثات عدة أيام تتحول خلالها من غاز ثنائي اوكسيد الكبريت إلى حامض الكبريتيك أو الكبريتات أو غيرها أحيانا[2]

ويوضح الجدول التالي كميات المياه والأحماض التي تسقط على أربع محافظات في جمهورية مصر العربية لتوضح صورة لمقدار التلوث الذي يمكن أن يحدث من الأمطار[3].

ومن المتعارف عليه أن الأمطار الحامضية تسبب العديد من التأثيرات السلبية على النظم البيئية, هذا فضلاً عما تسببه في أحداث تأثيرات ضارة على المباني الرخامية والكلسية وعلى النصب والمنحوتات والآثار القديمة, وفي الوقت نفسه تؤثر على المنشآت المعدنية اللازمة لخدمة الإنسان ومنها أبراج الاتصالات والطاقة والجسور والسكك الحديدية[2] ويجدر التأكيد هنا على حقيقة أساسية وهي إدخال الاعتبارات البيئية في مجال منتجات البناء التي تضم مكونات البناء الخارجية للمباني والإنشاءات التجارية والسكنية والصناعية ولكن طبقاً لاختبارات الأداء والضمانات لاسيما مع ظهور الحاجة إلى مواد جديدة تجمع مابين صفات المعادن من ناحية الصلادة والمتانة العاليتين وتحملها للقوى الخارجية, وصفات البوليمرات في خفة الوزن ومقاومتها للظروف البيئية, وصفات السيراميك بتحمل درجات الحرارة العالية, وهي ما يطلق عليها في الأوساط العلمية بالمواد المتراكبة اللامعدنية التي توضع تحت مسميات مختلفة كالمتراكبات البوليمرية, بحيث يكون هذا النوع من المواد أكثر خصوصية من المواد التقليدية فهي بمثابة جمع وثيق بين مواد تختلف في التركيب أو الشكل, في حين تحتفظ هذه المواد بطبيعتها كل على حدا, ألا أنها تؤثر بالتنسيق مع المواد الأخرى لتكون خواص في المواد المتراكبة لا يمكن الحصول عليها من كل مادة على انفراد [4][5].

بصورة عامة, فأن خواص المواد المتراكبة تتأثر إلى حد بعيد بخواص المواد المنفردة التي تتكون منها, وبنسبة هذه المواد فيها, وشكل و اتجاه هذه المواد وتوزيعها في المواد المنفردة التي تكونها, ألا أن المادة المتراكبة قد تكون أفضل من هذه المواد في خاصية معينة أو قد تستعمل لغرض معين لا يمكن استعمال المادة المنفردة [5].

من جانب ثان, فأن كثرة استعمال هذا النوع من المواد المتراكبة في البيئة المكشوفة ساهم بذلك في تعرضها المباشر للعناصر المناخية الرئيسية ومنها (الإشعاع الشمسي والحرارة والرطوبة), إذ أشارت الكثير من البحوث والدراسات إلى أن هذه العناصر تمتلك أضرار خطيرة على بعض خواص هذه المتراكبات مما يؤكد قيام الجسم البوليمري بتخزين هذه الأضرار على مر الأيام والسنين نظراً لطول فترة بقاءه في البيئة مع امتلاكه خصائص تراكمية في نفس الوقت [6][7].

ففي عام (1997) قام الباحث (Gradiner) بدراسة حالة التجوية الطبيعية والصناعية (Natural and artificial weathering) على صفائح من مادة البولي فينيل كلورايد (PVC) المستعملة في تطبيقات الهندسية المدنية, هذا ولقد استنتج الباحث بأن الأشعة فوق البنفسجية و الأوكسجين والرطوبة مع بعضها تحلل البوليمر أكثر من عمل الأشعة فوق البنفسجية بمفردها [8].

وفي عام (2000) أجرت دراسة من قبل (Deya'a) وزملاءه حول تأثير الحرارة والرطوبة, والإشعاع على الخصائص الميكانيكية والحرارية للفينيل استر قبل وبعد تدعيمه بألياف الزجاج مرة وألياف الكاربون مرة أخرى, وقد أستنتج الباحثون بأن الحرارة والرطوبة والإشعاع تؤثر سلبياً على الخواص الميكانيكية كمتانة الانحناء والصلادة ولجميع النماذج [9].

وفي عام (2001) أثبت الباحث (Abbas) أن الخصائص الميكانيكية المتمثلة بـ (الصلادة السطحية, ومقاومة الانضغاط, وأقصى مقاومة انحناء, ومعامل المرونة, ومقاومة الصدمة) لمواد متراكبة مكونة من مادة النوفولاك المقواة بألياف الزجاج, ومادة النوفولاك المقواة بألياف الاسبست ومادة النوفولاك المقواة هجيناً (30% ألياف زجاج + 30% ألياف الاسبست) تتدهور بشكل تدريجي مع ارتفاع درجة الحرارة مع تثبيت كل الظروف والعوامل الأخرى. كما أوضحت هذه الدراسة أن قيمة معامل الانتشار بعد غمر هذه المتراكبات المحضرة في كل من الماء المقطر المغلي والمحاليل الكيميائية التي شملت (حامض الهيدروكلوريك وقاعدة هيدروكسيد الصوديوم) يتغير حسب نوع المادة ودرجة الحرارة وطبيعة الوسط [6].

وفي عام (2010) شخصت الدراسة التي قام بها الباحث (Abbas) أن الاستخدام المسهب لمواد متراكبة بوليمرية من مادة الايبوكسي المقواة بألياف الزجاج في وسط ملوث بمواد كيميائية بنوعيها (ألحامضي والقاعدي) تؤثر على كفاءة أداءها الوظيفي, لأن تراكم هذه الملوثات في جسم المتراكبات المحضرة يعجل في تقادمها [7].

أما الدراسة الحالية فهي تهدف إلى توضيح أن هناك ارتباط كبير بين مقاومة التزحف تحت حمل ثلاثي الركيزة لمواد متراكبة مكونة من مادة النوفولاك المقواة بألياف الزجاج وألياف الاسبست المستخدمة في المجالات الإنشائية كحوائط خارجية التي قد تتعرض أو لا تتعرض لحمل الإثقال وتساقط مياه الأمطار المحملة ببعض الدقائق الحامضية العالقة في الهواء بقصد الحد من الخسائر التي تسببها الأمطار الحامضية في مقاومة التزحف للمواد المدروسة نظرا لكون

مدينة بغداد كغيرها من مدن العالم تعاني من انتشار كميات من مختلف المواد والعناصر الكيميائية في الهواء التي تدهور نظافة البيئة.
كما تهدف هذه الدراسة إلى معرفة التطور أو الفقدان في قيم معامل التزحف (modulus Creep) وانفعال التزحف (Creep strain) للنماذج المحضرة مع خفض تركيز ايون الهيدروجين (PH) لماء المطر الغير الملوث مختبرياً لانتقاء الحد المسموح به من الملوثات الحامضية ومن جهة ثانية دراسة تأثير التقوية الهجينة للنوعين من هذه ألألياف السابقة الذكر (30% أليف زجاج + 30% أليف الاسبست) على مقاومة التزحف بعد تعرضها لمياه الأمطار المتساقطة على منطقة الكاظمية في بغداد عاصمة العراق.

2- الجانب العملي:-

2-1- 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 (10- 14 μm) وألياف الاسبست المعروفة بـ (Chrysolite) وهو عبارة عن ألياف غير مستمرة أشبه بالشعيرات المنقطعة (whiskers - Discontinuous fibers) علاوة على ذلك تم استخدام عوامل تحسين النوعية المتمثلة بالمواد التالية (Mgo, Olic, PVA, سترات الرصاص, Aniline).

2-2- الأجهزة المستخدمة Instruments.

1- جهاز التزحف بالانعطاف تحت حمل ثلاثي الركيزة العراقي المنشأ والمصمم وفق المواصفات التي وضعتها الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM -D2990 -77).
2- الميزان الالكتروني من نوع (Sartorius) المصنع من قبل شركة (W -Germany) والذي يتحسس القراءات إلى أربع مراتب عشرية.
3- جهاز قياس ايون الهيدروجين (PH) الروماني المنشأ من قبل شركة (Hanma).

2-3- طريقة تحضير وفحص النماذج.

تم تحضير عينات مقواة بألياف قصيرة بنسبة وزنية تقدر بـ(60%) وذلك بالاعتماد على المعادلة الآتية [6]:-

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

$$W_c = W_f + W_m \qquad \text{.....(2)}$$

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% أليف زجاج + 30% أليف الاسبست).
في الوقع تمت عملية التحضير الابتدائي للمزيج الداخل في تحضير النماذج المتراكبة بالاعتماد على طريقة الاشراب اوالتشرب (method Impregnation) 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 (12mm).

عينات اختبار الامتصاصية (Absorption) أعدت حسب النظام القياس (D570-ASTM)على شكل صفيحة مستطيلة القطع (Rectangular) بطول (75mm) وعرض (20mm) وسمك (4mm).
بعد تحضير المتراكبات أجريت عليها الفحص التالي:
أولاً:- اختبار التزحف بالانعطاف (Creep Test Flexural).
تتم عملية الاختبار بتثبيت العينة على مساند الجهاز (الشكل رقم 1) وتحمل بحمل من الأسفل قيمة ثابتة قدره (7.4MPa) الذي يحسب من المعادلة التالية[10]:-

النسبة ألوزنية
$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \quad \ldots\ldots(3)$$

حيث أن (S): إجهاد الانعطاف أو الثني (Stress Flexural) مقاساً بـ (N/m^2).
(P): الحمل المسلط مقاساً بـ (N) والتي يمكن الحصول عليها من تطبيق المعادلة التالية:
$$P = m \times g \quad \ldots\ldots(4)$$
(m): الكتلة المعلقة مقاسه بـ (kg). (g): التعجيل الأرضي ($9.81m/sec^2$). (b): عرض العينة مقاساً بـ (m). (d): سمك العينة مقاساً بـ (m).
(L): البعد بين نقطتي التحميل أو امتداد العتبة مقاساً بـ (m).
وفي هذا المجال يحسب معامل التزحف بالانعطاف (Flexural creep modulus) من المعادلة التالية[11]:
$$Flexural\ Creep\ Modulus = \frac{PL^3}{4Dbd^3} \quad \ldots(5)$$
(D): الانحراف (deflection) عند منتصف العينة مقاساً بـ (m).
أما انفعال التزحف ألانعطافي (creep strain Flexural) يمكن حسابه بقياس مقدار التشوه بحذر خلال فترات زمنية معينة وبتطبيق المعادلة الآتية[10]:
$$\in(\%) = \frac{6Dd}{L^2} \times 100\% \quad \ldots\ldots(6)$$
حيث أن ($\in$): انفعال التزحف بالانعطاف أو الثني ويعطى كنسبة مئوية (%) ومن الجدير بالذكر أن تطور انفعال التزحف بالنسبة إلى النموذج الغير المدعم أو الجاف (residue Creep strain) تمثل[11]:
$$Fraction\ creep\ strain = \frac{\in}{\in_o} \times 100\% \quad \ldots(7)$$
حيث أن ($\in_o$): انفعال التزحف (creep strain) مقاساً قبل تدعيم النموذج أو خطوة أخرى قبل التغطيس بماء المطر.
($\in$): انفعال التزحف مقاساً بعد تدعيم النموذج أو خطوة أخرى بعد التغطيس بماء المطر.
عموماً. فإن التطور أو الفقدان في معامل التزحف (Creep modulus residual or loss) يحسب بنفس الأسلوب أيضا.
انياً:- اختبار الامتصاصية (Absorption test).
أن النسبة المئوية للامتصاص الطبيعي (Natural absorption) بدرجة حرارة الغرفة ($23 \mp 2\ ^0C$) يتم تعينها بثلاث خطوات هي:
1- وضع العينات الخاصة بهذا الاختبار في فرن تجفيف لا تزيد درجة حرارته عن ($50\ ^0C$) لمدة (1/4) ساعة, ثم تبرد في جهاز تجفيف وتوزن فوراً باستخدام الميزان الالكتروني بغية الحصول على الكتلة (m_1) مقاسه بـ (gm) قبل تغطيسها في وسط يتمثل بماء المطر الطبيعي.
2- توضع العينات في قناني زجاجية حاوية على ماء المطر الطبيعي مدة (5) أيام ثم تترك مغمورة لمدة (15) يوم أخر ثم تترك لمدة (25) يوم يوم أخر وتستخرج في كل مرة من الماء وتوزن وبذلك تسجل القراءة (m_2).
3- تحسب النسبة المئوية للامتصاص من المعادلة التالية[7][12]:-
$$weight\ gain,\ M\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$
حيث أن (m_2): كتلة العينة بعد الغمر مقاسه بـ (gm).
وهذا ومن الجدير بالذكر ($\frac{\Delta \in}{\in}$) تتناسب طردياً مع مربع الربح بالوزن وكمايلي[12]:-
$$\frac{\Delta \in}{\in} \propto \left(\frac{\Delta m}{m_1} \times 100\% \right)^2 \quad \text{or}$$
$$\frac{\Delta m}{m_1} \times 100 \propto \left(\frac{\Delta \in}{\in} \right)^{1/2}$$
حيث أن ($\frac{\Delta \in}{\in}$) يمثل زيادة الانفعال التزحفي مع زيادة المحتوى الرطوبي والذي يعطى من المعادلة التالية:-
$$\frac{\Delta \in}{\in} = \frac{wet\ creep\ strain - dry\ creep\ strain}{dry\ creep\ strain}$$

2-4- قياس المؤشرات الأساسية لتحديد الخصائص الكيمياوية لماء المطر المستعمل في هذه الدراسة.
جمعت كميات من ماء المطر المتساقط على مناطق متفرقة من مدينة بغداد بتاريخ (2010/03/31) ومنها.

1- منطقة الدورة التي تمتاز بوجود مداخن محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصافي تكرير النفط.
2- منطقة الكاظمية.
ولأجل تحديد مكونات عينات الماء المجمعة فقد تم تحليلها في مختبرات الصحية ومركز بحوث البيئة في الجامعة التكنولوجية وكما هو مبين في الجدول (2)

2-5-طريقة معاملة النماذج المحضرة بماء المطر الحامض وانتقاء الحد المسموح به من الملوثات الحامضية على خصائصها التزحفية.

لقد أوضح الجدول (2) عن الخصائص الكيميائية لماء المطر المجمع أن مياه الأمطار المتساقطة على منطقة الكاظمية تعد مياه غير ملوثة, فالمعروف 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[2].
من هذا المفهوم تم تحديد الخطوات المتبعة في أجزاء التجارب العملية لدراسة تأثير زيادة تركيز أيون الهيدروجين في ماء المطر على خاصية الانسياب البارد تحت حمل ثلاثي الركيزة للنماذج المحضرة:-

التجربة الأولى: دراسة تأثير ماء المطر الطبيعي (غير الملوث) على خصائص التزحف تحت حمل ثلاثي الركيزة للمواد المتراكبة المحضرة والمغمورة فيه.

وفي هذه التجربة تم إتباع الخطوات التالية:-
1- حسب الجدول (2) يتم استعمال في هذه التجربة ماء المطر المجمع من منطقة الكاظمية والذي يعتبر حامضياً بامتلاكه PH قدرة (6.3).
2- تكرر الفقرة رقم (2) و(3) من التجربة الأولى.

التجربة الثانية: دراسة تأثير الحامضية في ماء المطر على الخصائص التزحف تحت حمل ثلاثي الركيزة للمواد المتراكبة المحضرة والمغمورة فيه.

وفي هذه التجربة تم أتباع الخطوات التالية:-
1- حسب الجدول (2) يتم استعمال في هذه التجربة ماء المطر المجمع من منطقة الكاظمية 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.

3- النتائج والمناقشة:

قبل أن نناقش التغير الحاصل في مقاومة الثني الناجمة عن تأثير التزحف بالانعطاف يجب أن نتفق أولا على حقيقتين هامتين:
الحقيقة الأولى: أن العلاقة بين ألإجهاد والانفعال للمواد المتراكبة البوليمرية هي دالة للزمن وأن الزيادة التدريجية في الانفعال بمرور الوقت ناتجة عن التزحف ولهذا فمن الممكن تعريف التزحف بأنه الزيادة الحاصلة في الانفعال تحت تأثير أجهاد مستقر, وبما أن هذه الزيادة ممكن أن تكون أكبر بعدة مرات من الانفعال عند التحميل, فأن للتزحف أهمية كبيرة في المنشآت[13][14]. وكما هو مبين في الشكل رقم (2 و3).
الحقيقة الثانية: أن مقاومة المواد المتراكبة البوليمرية لها تأثير على التزحف, وضمن مديات واسعة يتناسب التزحف عكسيا مع مقاومة المتراكبات البوليمرية في وقت تسليط الحمل[15]. ونظراً لوجود علاقة بين المقاومة ومعامل المرونة, فستكون هناك علاقة أيضا بين التزحف ومعامل المرونة (الشكل 4 و5). وعليه سوف نستعرض العوامل المؤثرة على خاصية التزحف وكمايلي:-

3-1- تأثير استخدام المواد الليفية لتقوية راتنج النوفولاك على مقاومته للتزحف.

مازالت ميكانيكية الفشل المعتمدة على الزمن في المواد البوليمرية غير واضحة تماماً. وعلى العموم

فإن المادة البوليمرية التي تعاني ظاهرة التزحف يصبح فيها الإجهاد عند بعض النقاط ذات قيمة عالية بشكل كاف مؤدياً إلى توليد الشقوق الدقيقة (Micro -crakes) التي تتطور بصورة تدريجية حتى حصول الفشل النهائي, وهنا تجدر الإشارة إلى أن الإجهاد في الأجزاء الأخرى (الغير المكسورة) من المادة سوف يزداد بمقدار صغير مما يسبب نمواً إضافيا مستقراً (ثابتاً) للشقوق الدقيقة, وعلى هذا الأساس فأن التأثيرات المشتركة لكل من التزحف ونمو الشق المستمر خلال فترة زمنية طويلة يسبب الإجهاد الحقيقي (stress True) في المادة. وبذلك يصل الإجهاد في المرحلة الأخيرة من التزحف عند تلك الشقوق إلى قيمة يكون عندها المقطع العرضي المتبقي من المادة غير قادرة على الثبات وبالتالي تنمو الشقوق عند تلك النقاط بصورة سريعة جداً ويعزى سبب ذلك إلى التشققات الداخلية المعتمدة على الزمن التي تقود إلى الفشل, حيث أن انفعال التزحف في المرحلة الأخيرة سوف يكون متمركزاً حول منطقة الكسر[16].

فلقد دلت نتائج هذه الدراسة الحالية على أن هناك نقص يعادل (72.099%) من قيمة انفعال التزحف لحظة تسليط الحمل في المادة الراتنجية ذات نسبة (HTMA%) بعد تدعيمها بألياف الاسبست و (33.72%) بعد تدعيمها بألياف الزجاج و(55.349%) بعد تدعيمها هجينياً بالألياف السابقة الذكر وكما هو مبين في الشكل رقم (6) وأن النقص في انفعال التزحف يعني في الحقيقة زيادة معامل التزحف والشكل (4 و5) يوضح هذه العلاقة نظراً لوجود المواد المسلحة الليفية التي تعمل على توزيع الإجهاد على حجم اكبر وتقلل من احتمالية تركيز الإجهاد عند منطقة معينة[17][18].

2-3- تأثير زيادة نسبة (HMTA) في راتنج النوفولاك ومتراكباته على مقاومتها للتزحف.

قد نتج عن زيادة نسبة المادة المصلدة (HMTA) من (10% إلى 14%) في راتنج النوفولاك الغير المدعم ارتفاع قيمة الفقدان في انفعال التزحف ألانعطافي لحظة تسليط الحمل بمقدار (3.627%) و (71.66%) عند تدعيمه بألياف الاسبست و(33.368%) عند تدعيمه بألياف الزجاج و (5.729%) عند تدعيمه هجينياً بالألياف السابقة الذكر طبقا لما جاء في الجدول رقم (3) هذا وينشأ عن انخفاض انفعال التزحف زيادة في معامل التزحف طبقاً للرسومات البيانية أرقام (2 و3 و4 و5).

ويرجع السبب الحقيقي في نجاح زيادة (HMTA) في تحسين مقاومة التزحف لمادة النوفولاك ومتراكباتها هو النايتروجين اللازم لعملية التآصر الشبكي يتم الحصول عليه من تفاعل المادة المصلدة مع النوفولاك وعادة يصاحب هذا التفاعل تحرر غاز الامونيا بنسبة (95%) علاوة على تكوين مركبات أخرى. ورغم هذه الحقيقة إلا إنه في بعض الظروف- خاصة عندما تزداد نسبة النواتج المتطايرة لزيادة (HMTA) إلى درجة كبيرة - تصل مادة النوفولاك إلى الهشاشة بسبب هذا الاثر الذي سوف تتأثر به المادة المقولبة.

ويعني هذا أن زيادة المادة المصلدة (HMTA) تسبب زيادة كثافة الترابط التشابكي (density Cross – link) مع امتداد هذه النسبة من 10% إلى 14% مما تقلل من مرونة السلاسل البوليمرية بتقييد حركتها بحيث تصبح المادة صلدة وذات معدلات انفعال واطئة [6] .

3-3- تأثير استمرارية تعرض راتنج النوفولاك ومتراكباته لماء المطر الغير الملوث على مقاومتة للتزحف.

يزداد انفعال التزحف ألانعطافي كلما زادت فترة تعرض النماذج المحضرة لماء المطر الغير الملوث (أشكال 14- 7) وكلما ازداد محتوى هذه النماذج من المياه (weight gain) التي تختلف طبقاً لنوعها حيث يلاحظ من الشكل رقم (15و 16) أن التغير في انفعال الانعطاف التزحفي $(\frac{\Delta \in}{\in})^{1/2}$ قد ازداد, ألا أن زيادة كمية المياه في هذه النماذج يؤدي إلى خفض قيمة معامل التزحف ألانعطافي (E_B) عن حد معين يختلف حسب نسبة (HMTA) ونوع ألياف التدعيم والأشكال (24- 17) توضح هذه العلاقة ففي حالة المادة الراتنجية ومتراكباتها ذات نسبة (14%) من (HMTA) يكون مقدار الفقدان في معامل التزحف ألانعطافي بنسبة تتراوح بين (28.299%- 6.328) و(30.12% - 23.214) في حالة النماذج المحضرة ذات نسبة (10%) (الأشكال رقم 25 و 26).

أما أسباب نقص مقدار معامل التزحف ألانعطافي للنماذج المحضرة عند تعرضها لماء المطر (الغير الملوث) فترجع الى أنه عادة ما تؤثر عملية نفوذ هذه المياه في الجسم الراتنجي على تماسك جزيئات سطحه مما ينتج عنه ضعف المادة ككل بسبب ظاهرة الانتفاخ (swelling), في حين أن الاستمرار في تعرض هذا النوع من المواد ومتراكباته يؤدي إلى طغيان انحلالها على زيادة قوة ألياف التدعيم بسبب ظاهرة المج (Desorption) البوليمري[6].

3-4- أثر تعرض راتنج النوفولاك ومتراكباته لأوساط مائية مختلفة في دالتها الحامضية.

يستدل من نتائج هذه الدراسة المتمثلة بالأشكال (27 -34) أن خروج الأس الهيدروجيني لمياه المطر عن الحدود الطبيعية له تأثيرات مختلفة على مقاومة التزحف للمواد المحضرة المتعرضة له, إذ يؤدي إلى نقصان معامل التزحف ألانعطافي وخصوصاً في المواد المتراكبة البوليمرية (أشكال من35 إلى 42), وكلما كانت قيمة أيون الهيدروجين قليلة, كلما كان ذلك يعنى امتصاص ماء المطر بدرجة أسرع وبكمية أكبر, مما يؤدي إلى زيادة آلية التحلل المائي (Hydrolysis) ويعزى سبب ذلك إلى حقيقة أن عمليات التحلل هذا تكون مترافقة بنقصان في مقاومة التحلل الكيميائي للمادة وإمكانية فقدان بعض المكونات والتي تبدأ بفقدان السلاسل البوليمرية ذات الوزن الجزيئي الواطئ, حيث أنه عادة ما تحدث هذه العمليات متزامنة مع عمليات الامتصاص لكنها تكون منفصلة وبطيئة [6][7][19]. مما يؤكد أن خفض أيون الهيدروجين في الماء المطر (من 6.3 إلى 2.31) له تأثير سلبي في زيادة الفقدان في قيم معامل التزحف ألانعطافي (أشكال 43 و44).

4-استنتاجات:-

أوضحت الدراسة أن مقاومة المواد المتراكبة لها تأثير على التزحف في وقت تسليط الحمل فقد ارتفعت نسبة الفقدان في انفعال التزحف ألانعطافي (Flexural creep strain loss%) بالنسبة إلى النماذج الغير المدعمة لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة من 0% إلى 33.721 عند تدعيم راتنج النوفولاك ذو نسبة (10%) من (HMTA) بألياف الزجاج وإلى 55.349% عند تدعيم الراتنج بالألياف الهجينة وإلى 72.094% عند تدعيم الراتنج بألياف الاسبست وقد لعب أيضا في هذه الزيادة عامل زيادة نسبة (HMTA) في راتنج النوفولاك ومتراكباته من (10%) إلى (14%).

وأن هذا الانخفاض في انفعال التزحف بشكل عام يعني ارتفاع قيمة معامل التزحف ألانعطافي (Flexural creep modulus) بدرجة ملفته للنظر, مما يؤكد أن استخدام الألياف مع زيادة نسبة (HTMA) كان لها اثر ايجابي موجب على راتنج النوفولاك في تحسين مقاومته للتزحف.

هذا بالإضافة إلى عوامل أخرى كثيرة بيئية منها زيادة فترة تعرض المتراكبات المحضرة لماء المطر الغير الملوث يساعد على زيادة انفعال التزحف, وعلى ذلك تشير هذه الدراسة كلما ازداد محتوى هذه النماذج من المياه (Weight gain) التي تختلف طبقاً لنوعها يزداد التغير في انفعال ألانعطاف التزحفي $(\frac{\Delta \in}{\in})^{1/2}$, كل ذلك يؤدي إلى خفض قيمة معامل التزحف ألانعطافي (E_B) عن حد معين يختلف حسب نوع التدعيم ونسبة (HMTA).

كما أوضحت النتائج أن استخدام هذه المتراكبات في مناطق ذات نشاط صناعي بإسهاب يعود بالسلب على مقاومة متراكبات النوفولاك للتزحف وبالمقارنة بما يحدث في هذه المتراكبات العاملة في مناطق ذات طبيعة غير ملوثة أن هناك فقدان شديد في قيمة معامل التزحف ألانعطافي بالنسبة للنماذج المغمورة لمدة (15) يوم في ماء المطر الغير الملوث لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة فعلى سبيل المثال يصل الفقدان في معامل التزحف في متركبات النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست من 0.6483% إلى 6.644% مع خفض أيون الهيدروجين لماء المطر من (6.8) إلى (2.31) ورغم حدوث هذا التدهور الكبير في مقاومة التزحف لهذه المتراكبات المحضرة ألا أن هذا التدهور يعتبر قليل أذا ما قورن بالتدهور الذي ممكن أن يحدث أذا ما طالت فترة التعرض لهذه الأمطار الحامضية نظراً لأن هذه الملوثات عند دخولها جسم المتراكب البوليمري تتراكم عاماً بعد عام إلى أن تصل إلى التركيز الضار والذي يتسبب عنه انهيار مقاومتها للتزحف.

5- المصادر

[1] د. أحمد عبد الوهاب عبد الجواد,"قضايا النفايات المنزلية في الوطن العربي", الدارالعربية للنشر وتوزيع, القاهرة, جمهورية مصر العربية, (1997).

[2] د. مثنى عبد الرزاق العمر,"التلوث البيئي", دار وائل للنشر عمان- الأردن (2000).

[3] د. أحمد عبد الوهاب,"موسوعة بيئة الوطن العربي", الدار العربية للنشر وتوزيع, القاهرة, جمهورية مصر العربية, (1997).

[4] كيميائي محمد إسماعيل عمر,"تكنولوجيا تصنيع البلاستك المقوى المسلح", دار الكتب العلمية للنشر وتوزيع, القاهرة, جمهورية مصر العربية, (2002).

[5] د. قحطان خلف محمد الخزرجي ,"مبادئ هندسة المواد اللامعدنية ", وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بابل- كلية الهندسة, (1994).

[6] رولا عبد الخضر عباس,"دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباته ", رسالة ماجستير, العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية, (2001).

[7] رولا عبد الخضر عباس,"دراسة بعض

الخواص الفيزيائية لمتراكبات بوليمرية المستخدمة في بيئة كيميائية سلبية ", مجلة النهرين- العلوم, المجلد الثالث- أيلول, الصفحة (20-1), (2010).

[8] D.Gardiner," Natural and Artificial Weathering of White P.V.C Window Profiles", Plastics Rubber and Composites Processing and Application, Vo.26, No.2, P.P. (59-65), (1997).

[9] B.M.Deya and M.M.Medhat, Fourth International conference of physics of condensed Mather, April-18th- 20, University of Jordan, (2000).

[10] Annual Book of ASTM Standards, Vol.0.8.01 D2990-77 (Reapproved 1982).

[11]. د. لطيف حاجي حسن النجار ود. سمير فؤاد علي توفيق ,"تكنولوجيا الخشب ",جامعة الموصل, جمهورية العراق (1981).

[12] J.G Belani and L.J.Broutman ,"Moisture induced resistivity changes in graphite- reinforced Plastics", composites, P.P.(273-277), October, (1978).

[13] د.ج ديفتر, ل.ا. اويليمان,"المعادن بنيتها وخواصها ومعاملاتها الحرارية", ترجمة د. جعفر طاهر الحيدري, السيد عدنان, الجامعة التكنولوجية.

[14] د.كوركيس عبد ال آدم, د.حسن علي كاشف الغطاء," تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات", جامعة البصرة, كلية العلوم, ,(1983).

[15] R.K.Jain, S.K.Goswamy and K.K.ASThana ,"A study on the effect of natural weathering on the Creep behavior of glass fiber reinforced polyester laminates", composites, P.P.(39-43),January (1979).

[16]. رولا عبد الخضر عباس,"دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية -UV على خاصية الزحف لمادة متراكبة هجيينة", مجلة كلية التربية, العلوم, العدد الثالث- أيلول الصفحة (186-211). (2006),

[17]. M.O.W.Richarson ,"Polymer Engineering Composites",Applied Science Pub. LTD,London, (1977).

[18]. D.F.Adams and A.K.Miller , "Journal of Materials Science", Vol.11, No.9, P.P. (1697-1710). Sep.(1976).

[19]. آنا. أ. تاكر, ترجمة د. أكرم محمد عزيز ,"الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات ", جامعة الموصل, (1984).

الجدول (1) كميات الأحماض التي تسقط على بعض المحافظات في جمهورية مصر العربية للأشهر المختلفة من عام 1988 [3].

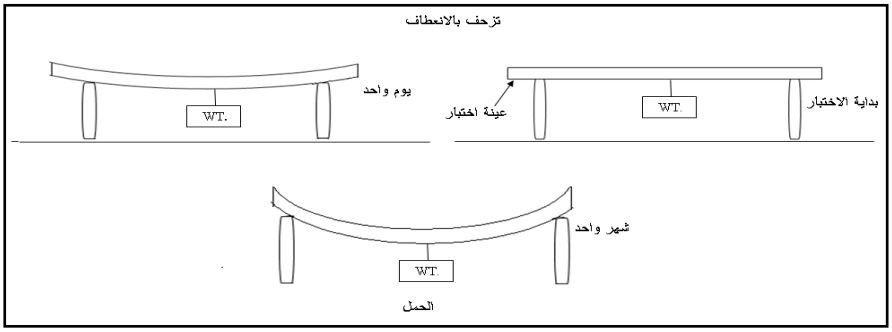
الأشهر	المحافظات			
	كمية الأحماض طن/ كيلو متر مربع			
	الإسماعيلية	إسكندرية	قليبربية	القاهرة
يناير	1.56	0.89	0.3	1.13
فبراير	1.12	0.41	0.11	0.12
مارس	0.08	0.24	0.26	0.38
ابريل	-	0.01	0.6	0.11
يونيو	-	-	-	0.11
أكتوبر	-	3.72	-	-
نوفمبر	0.09	5.13	0.07	-
ديسمبر	0.96	0.47	1.05	3.55
الجملة	3.81	10.87	1.88	5.40

جدول (2) الخصائص الكيمياوية(الأملاح والمواد الكيمياوية الأخرى) لماء المطر مع نسبها الساقط على منطقة الدورة وكذا الكاظمية بتاريخ 2010/03/31 جمهورية العراق - بغداد.

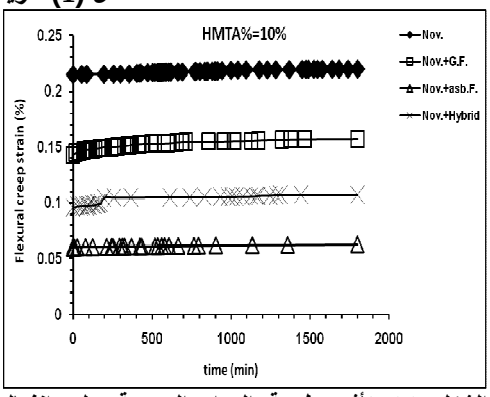
الخصائص الكيميائية	منطقة الكاظمية الواقعة شمال مدينة بغداد	منطقة الدورة الواقعة جنوب مدينة بغداد
	المقدار	المقدار
(تركيز أيون الهيدروجين)PH	6.8	6.3
(التوصيلية الكهربائية)EC	190ms/cm	10 µs/cm
(مجموعة الأملاح الذائبة) TDS	100mg/L	0
(العسرة الكلية) Total hardness water	90mg/L	190mg/L

الجدول (3) قيم الفقدان في انفعال التزحف ألانعطافي بالنسبة للنماذج ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) في الظروف الاعتيادية لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة.

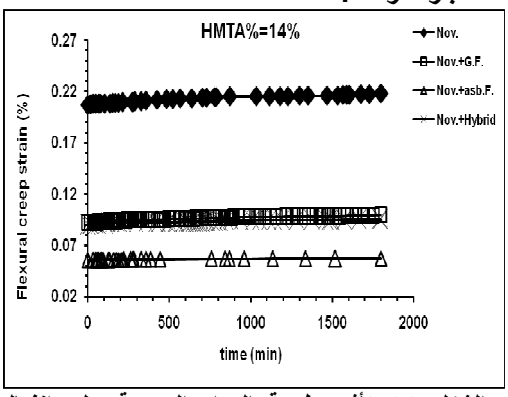
نوع المادة	Flexural creep strain loss(%)
Nov.	3.627
Nov.+asb.F.	7.1 666
Nov.G.F.	35.368
Nov.+Hybrid	5.729



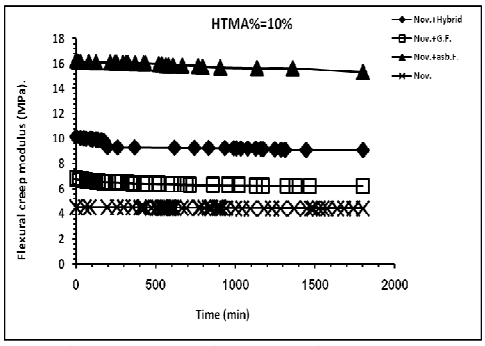
الشكل (1) طريقة اختبار التزحف.



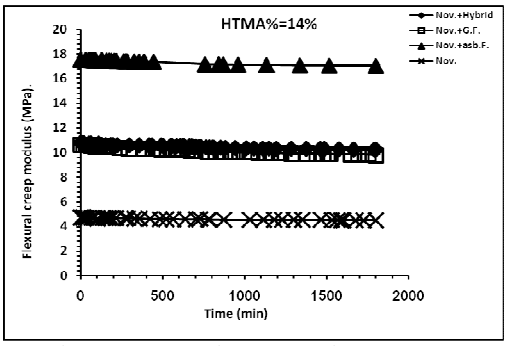
الشكل (2) تأثير طبيعة المواد المدعمة على انفعال التزحف لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) في ظروف الاعتيادية.



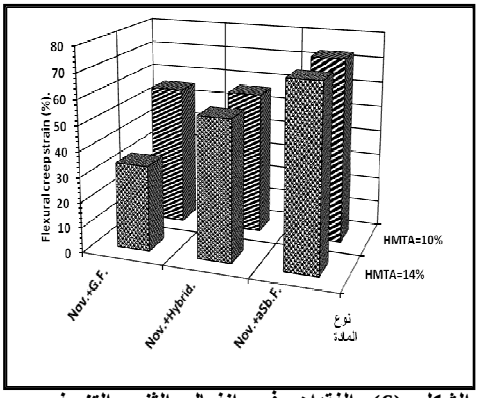
الشكل (3) تأثير طبيعة المواد المدعمة على انفعال التزحف لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) في ظروف الاعتيادية.



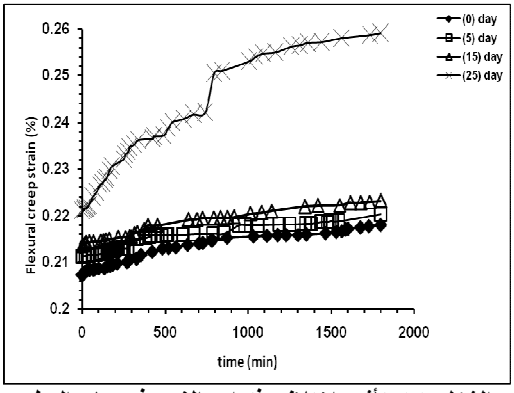
الشكل (4) العلاقة بين طبيعة المواد المدعمة لمادة النوفولاك ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA) ومعامل التزحف في ظروف الاعتيادية.



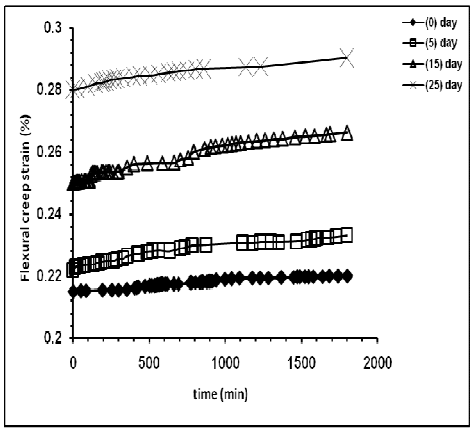
الشكل (5) العلاقة بين طبيعة المواد المدعمة لمادة النوفولاك ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA) ومعامل التزحف في ظروف الاعتيادية.



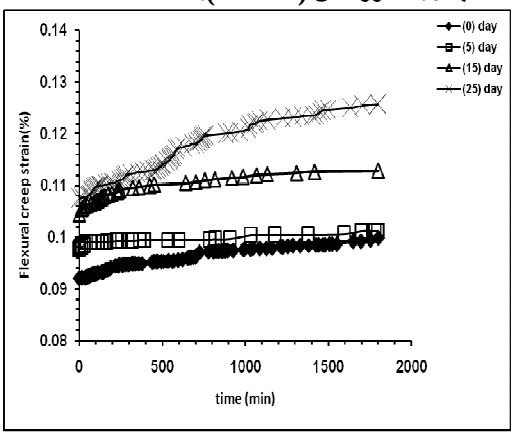
الشكل (6) الفقدان في انفعال الثني التزحفي للمتراكبات المحضرة بالنسبة الى النموذج الغير المدعم لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة.



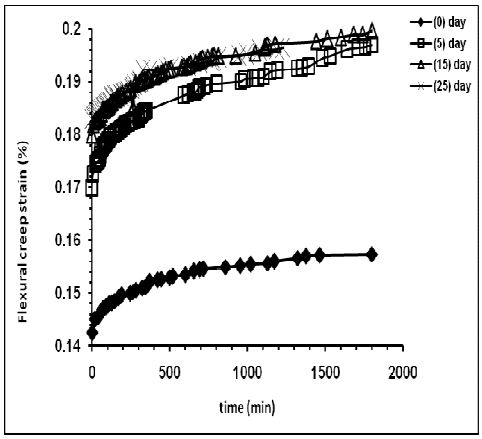
الشكل (7) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA).



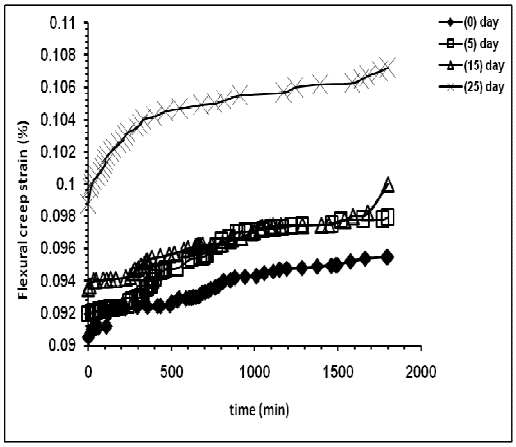
الشكل (8) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA).



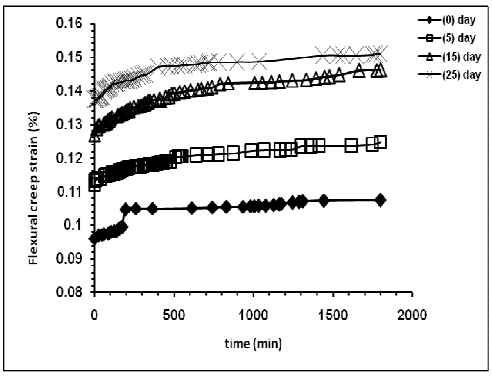
الشكل (9) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



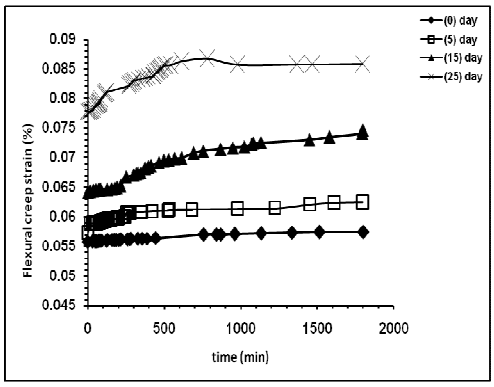
الشكل (10) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



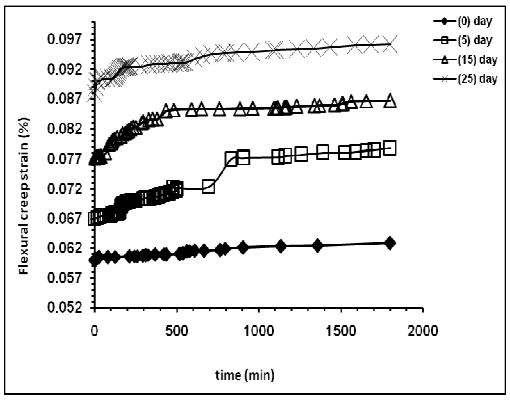
الشكل (11) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



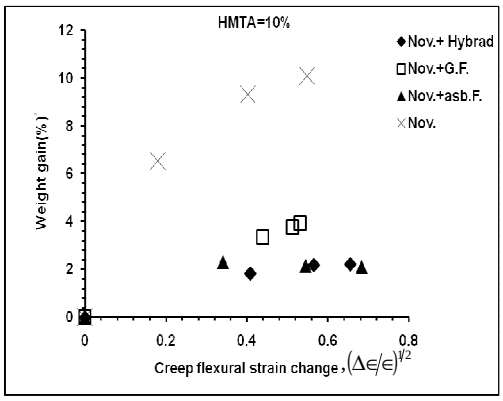
الشكل (12) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



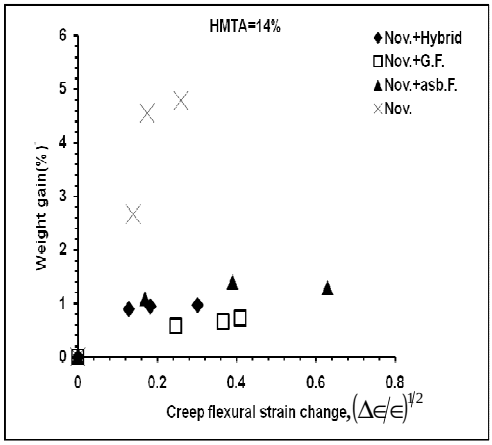
الشكل (13) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



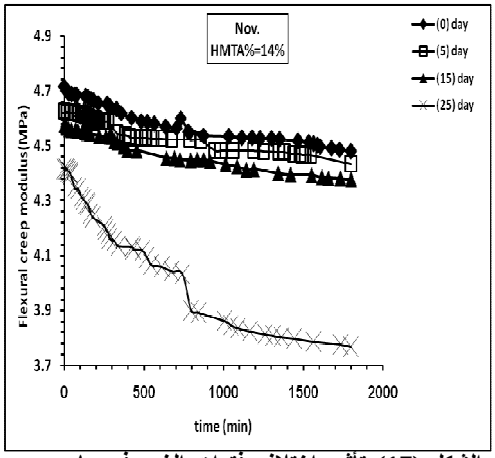
الشكل (14) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم التشوه الزمني لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



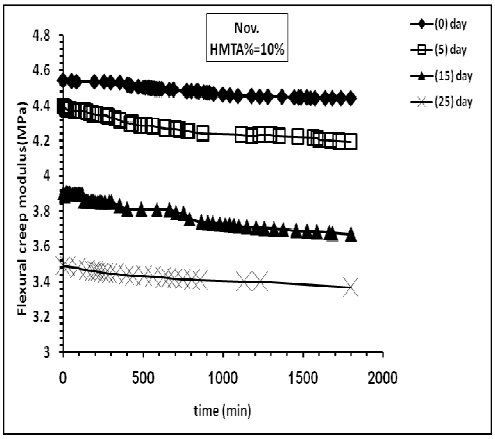
الشكل (15) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية للنماذج المحضرة ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المغمورة في ماء المطر الطبيعي مع سلوك التغير في انفعال التزحف الانعطافي لحظة تسليط الحمل.



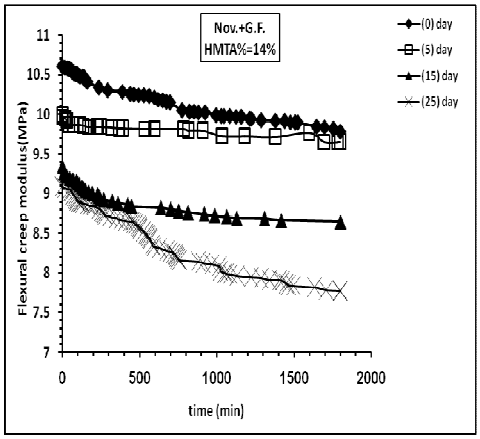
الشكل (16) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية للنماذج المحضرة ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المغمورة في ماء المقطر الطبيعي مع سلوك التغير في انفعال التزحف الانعطافي لحظة تسليط الحمل.



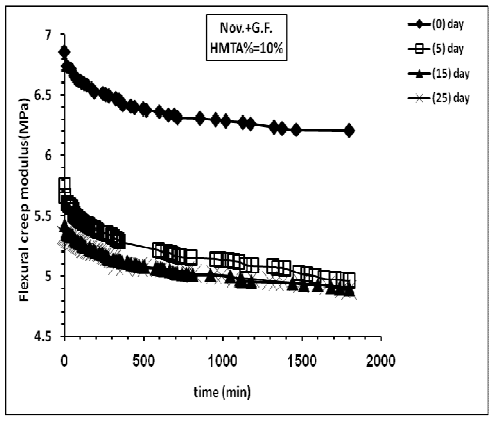
الشكل (17) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA).



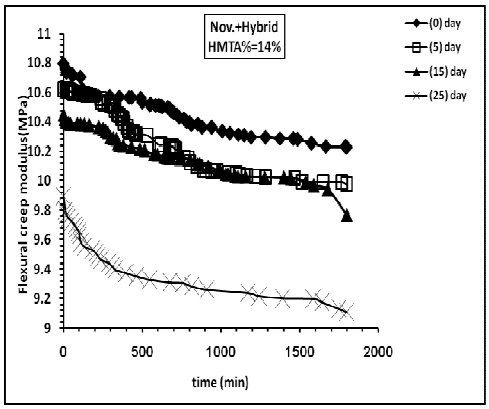
الشكل (18) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA).



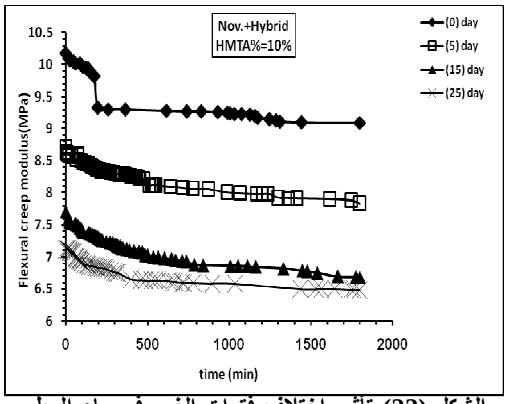
الشكل (19) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



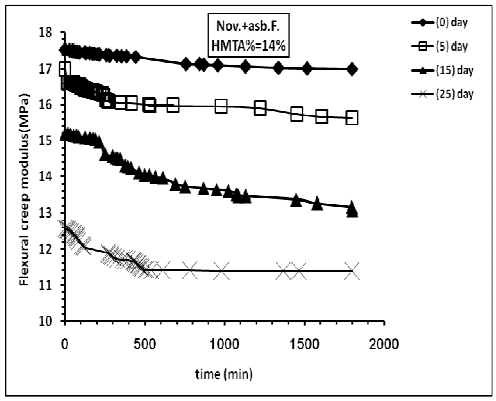
الشكل (20) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الزجاج.



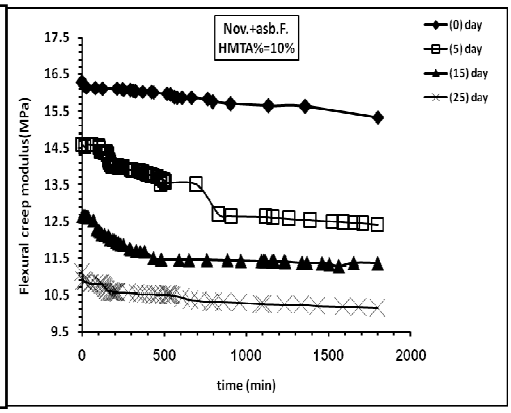
الشكل (21) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.

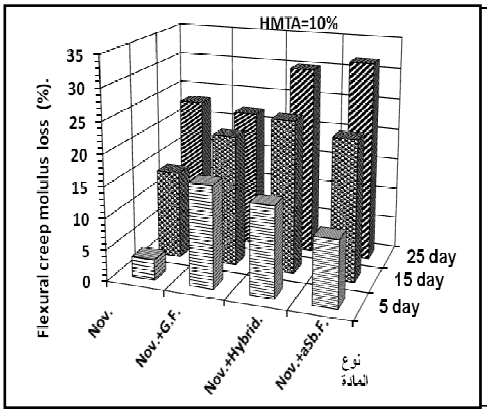


الشكل (22) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بالألياف الهجينة.



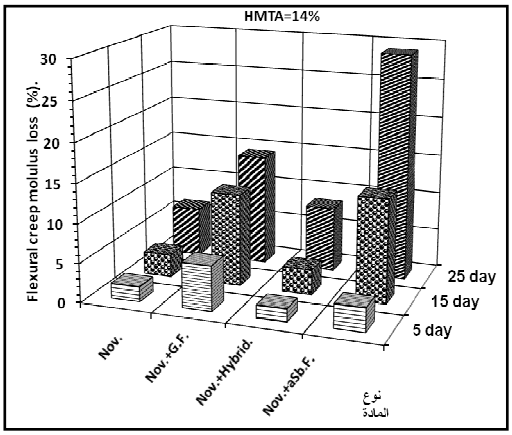
الشكل (23) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 14% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.



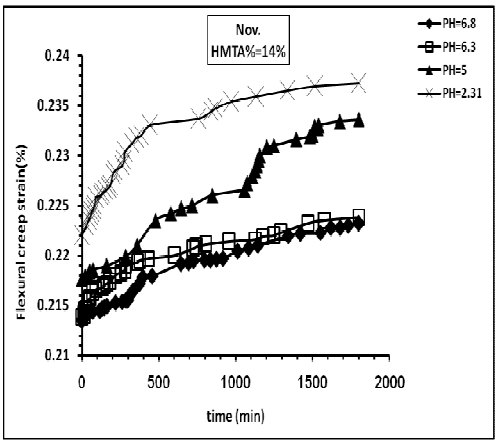


الشكل (24) تأثير اختلاف فترات الغمر في ماء المطر الطبيعي على قيم معامل التزحف الانعطافي لمادة النوفولاك ذات نسبة 10% وزناً من (HMTA) المدعمة بألياف الاسبست.

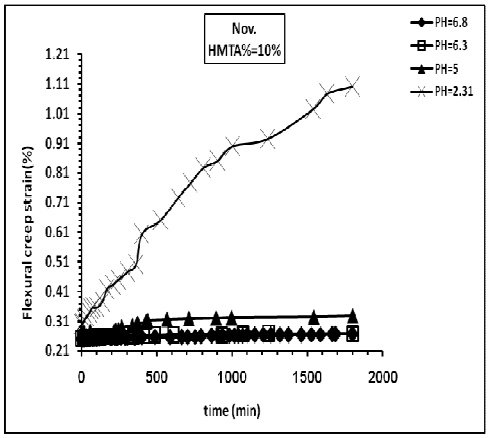
الشكل (25) فقدان في انفعال الثني التزحفي للمتراكبات المحضرة بالنسبة الى النماذج الجافة ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) (غير مغمورة في ماء المطر) لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة.



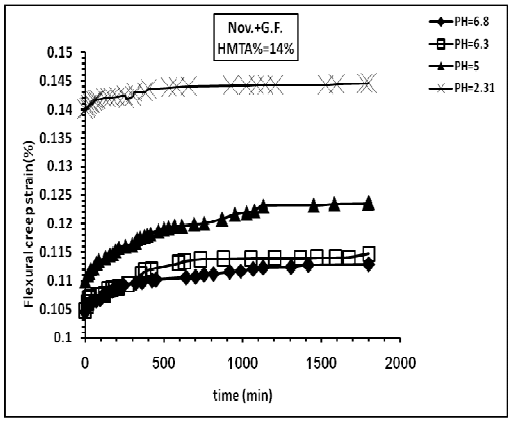
الشكل (26) فقدان في انفعال الثني التزحفي للمتراكبات المحضرة بالنسبة الى النماذج الجافة ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) (غير مغمورة في ماء المطر) لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة.



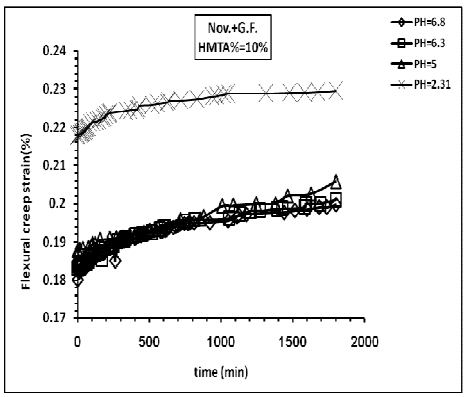
الشكل (27) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال الانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



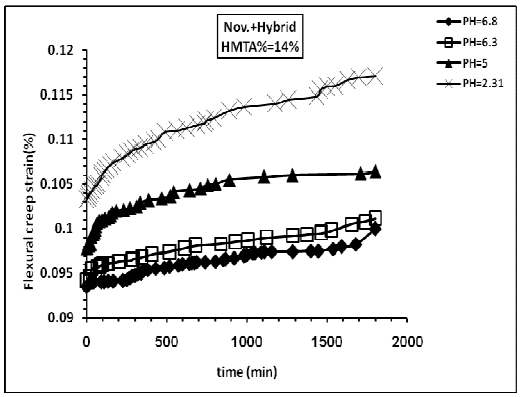
الشكل (28) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



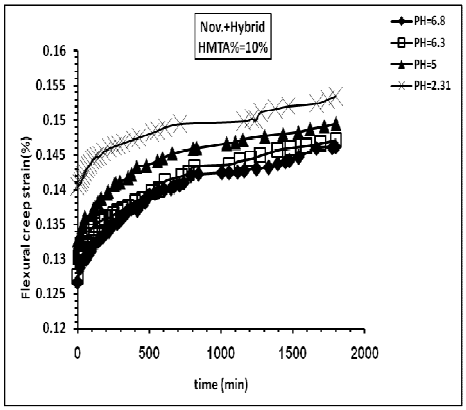
الشكل (29) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الزجاج ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



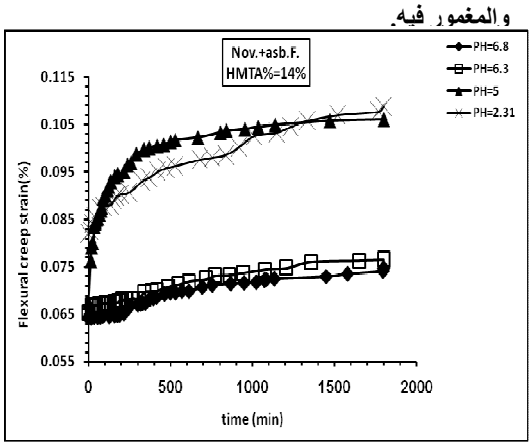
الشكل (30) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الزجاج ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



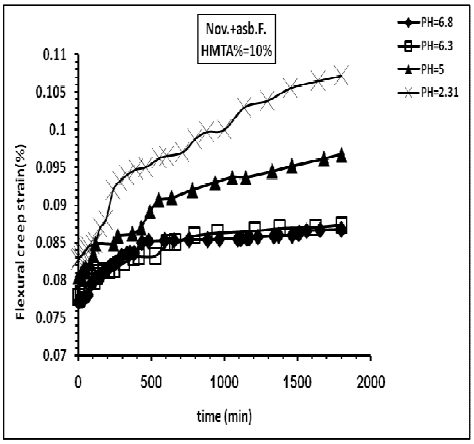
الشكل (31) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بالألياف الهجينة ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



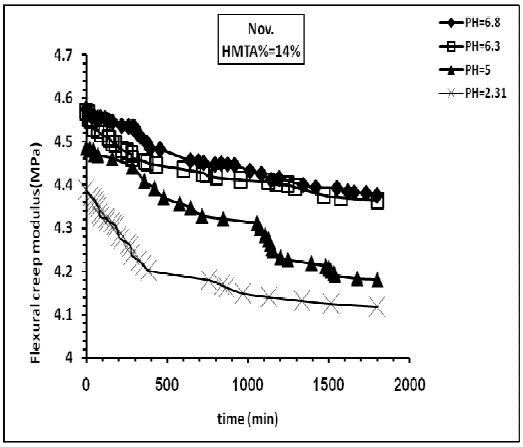
الشكل (32) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بالألياف الهجينة ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



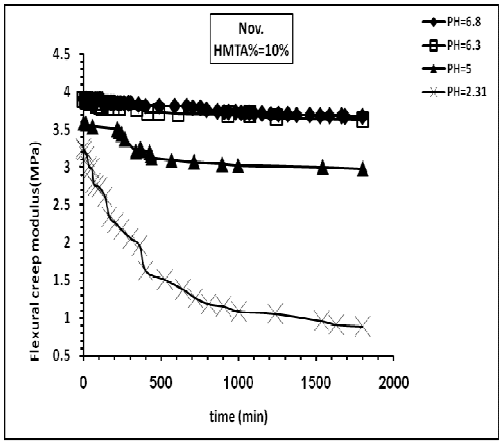
الشكل (33) العلاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست ذات نسبة 14%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



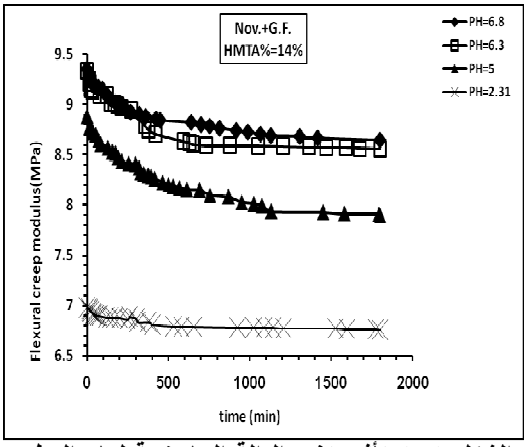
الشكل (34) علاقة بين الدالة الحامضية لماء المطر والانفعال ألانعطافي بمرور الوقت لمادة النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست ذات نسبة 10%وزناً من (HMTA) والمغمور فيه.



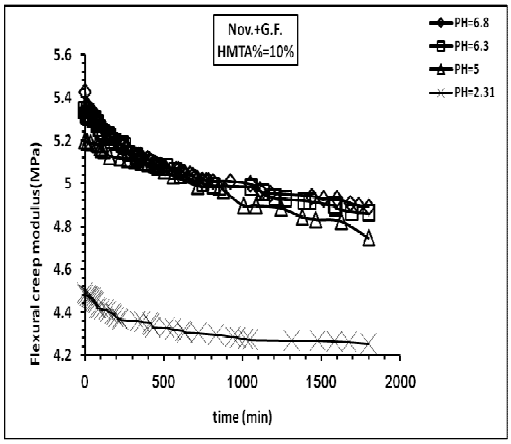
الشكل (35) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



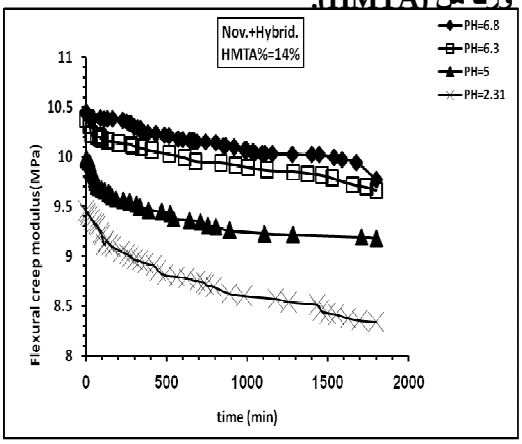
الشكل (36) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك ذو نسبة 10% وزناً من



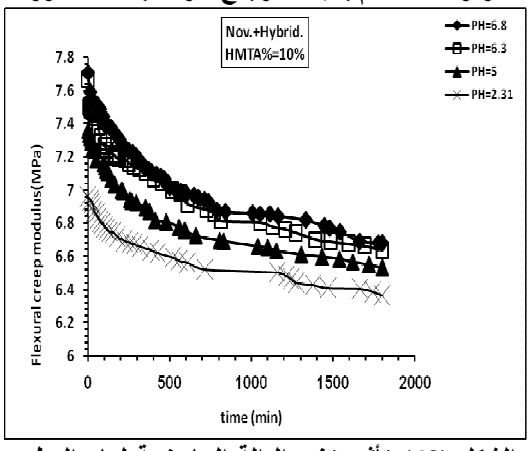
الشكل (37) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بألياف الزجاج ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



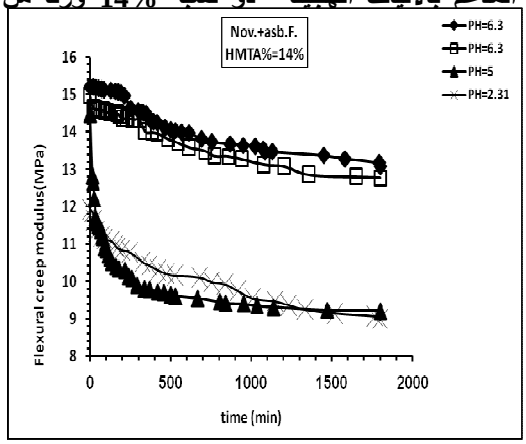
الشكل (38) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بألياف الزجاج ذو نسبة 10% وزناً



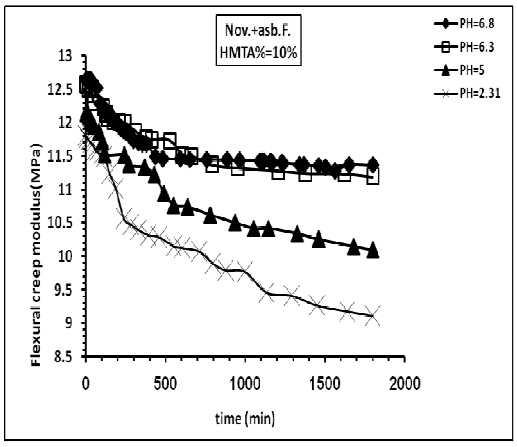
الشكل (39) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بالألياف الهجينة ذو نسبة 14% وزناً من



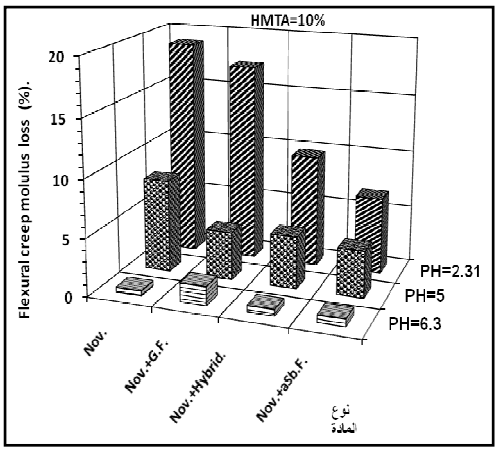
الشكل (40) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بالألياف الهجينة ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



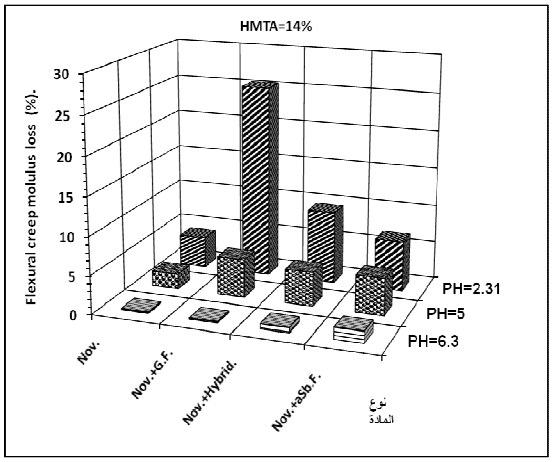
الشكل (41) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بألياف الاسبست ذو نسبة 14% وزناً من (HMTA).



الشكل (42) تأثير تغير الدالة الحامضية لماء المطر في اختلاف قيم معامل التزحف ألانعطافي لمادة النوفولاك المدعم بألياف الاسبست ذو نسبة 10% وزناً من (HMTA).



الشكل (43) فقدان في معامل التزحف ألانعطافي للمتراكبات المحضرة بالنسبة إلى النماذج المغمورة لمدة (15) يوم في ماء المطر الغير الملوث لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة



الشكل (44) فقدان في معامل التزحف ألانعطافي للمتراكبات المحضرة بالنسبة إلى النماذج المغمورة لمدة (15) يوم في ماء المطر الغير الملوث لحظة تسليط الحمل الثلاثي الركيزة.