دراسة خواص البلى والأحتكاك لأرضيات الأيبوكسي المقاوم للأنزلاق

زكاء عباس كامل[1] ، رنا مهدي صالح[2]

Received: 9/2/2020 Accepted: 13/9/2020 Published: 2020

دراسة خواص البلى والأحتكاك لأرضيات الأيبوكسي المقاوم للأنزلاق

زكاء عباس كامل[1] ، رنا مهدي صالح[2]
قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية
Email:1-kamilzakaa1994@gmail.com
2- ranamahdi1@gmail.com, 100166@uotechnology.edu.iq

مستخلص البحث:

تم في هذا البحث تحضير مواد متراكبة تستعمل في صناعة الأرضيات المانعة للأنزلاق-non (slip floorings) لما لهذا التطبيق من أهمية في الأماكن التي تتطلب احتكاك عالي مع الاحتفاظ بالقدر الكافي من المتانة الميكانيكية ومقاومة البلى، كأرضيات المسابح ومرآب السيارات. في البداية تم صنع مادة أساس أرضية من الأيبوكسي الغير مدعم لأستعمالها كأساس للصب وبواقع 4 عينات بالأضافة لعينة ايبوكسي نقية لا يتم طلاؤها لغرض المقارنة مع العينات المطلية، وبعد التصلب الأولي لمدة 24 ساعة وضعت المصبوبات في فرن بدرجة 55 °م لمدة 4 ساعات للحصول على أعلى نسبة تشابك ممكنة، تركت بعدها المصبوبات لمدة أسبوع بدرجة حرارة الغرفة للتخلص من الأجهادات ولضمان الوصول الى احسن تشابك. تم تحضير مواد مانعة للأنزلاق من حطام الزجاج الناعم والخشن(Coarse and fine broken glass)، وركام مواد البناء الناعم والخشن (coarse and fine building aggregate) بخلطها مع الأيبوكسي بنسبة 40%، حيث تم طلاء المصبوبات بخليط الأيبوكسي مع المواد المذكورة أعلاه مع مراعاة الأبقاء على عينة أيبوكسي واحدة بدون طلاء. تم تقطيع هذه المصبوبات حسب المواصفات القياسية لكل أختبار (مقاومة البلى ومعامل الأحتكاك)، وقد أظهرت النتائج ان العينة المطلية بحطام الزجاج الناعم وركام مواد البناء الناعم أظهرت أعلى مقاومة بلى مقارنة بالعينات الأخرى، حيث كان معدل البلى (4.25×10^{-9}) غم\ سم، اما في ما يخص اختبار معامل الأحتكاك فقد اظهرت جميع العينات معامل احتكاك أعلى من معامل أحتكاك عينة الأيبوكسي غير المطلية مما يساعد على منع الأنزلاق في حال تم تطبيق الطلائات على الأرضيات لتعزيز الأحتكاك وكما سبق توضيحه في الأرضيات التي تتطلب ذلك.

الكلمات المفتاحية: أرضيات الأيبوكسي، ركام البناء، اعادة التدوير، معدل البلى، معامل الأحتكاك، مواد مانعة للأنزلاق، طلاء الأرضيات

الجزء النظري والدراسات السابقة

راتنج الايبوكسي هو بوليمر هندسي متصلد حراريا يمكن تعديله للتطبيق لأغراض مختلفة بسبب متانته وخواصه الجيدة، بدءا من اعمال الرصف الى اللواصق وصناعة الاثاث و التطبيقات الصناعية الثقيلة، ومن ضمن حيز تطبيقات الأيبوكسي هو استخدامه في رصف الأرضيات بأنواعها: كرصف أرضيات المسابح او مرائب السيارات حيث يكون من الضروري الحفاظ على مستوى كبير من المتانة الميكانيكية بالأضافة الى مقاومة الأحتكاك والبلى. برز الأيبوكسي في هذا المجال كأحد بدائل الرصف التقليدية (البلاط بأنواعه والاسمنت) او كطبقة طلاء لها لتعزيز الشكل الخارجي وبعض الخواص الأخرى، وهذا النوع من التطبيقات يتطلب مقاومة بلى وخواص احتكاك جيدة، أدت في الوقت الحالي الى استبدال المواد التقليدية المذكورة أعلاه بالمواد البوليمرية المتراكبة ولازالت البحوث تجرى حاليا لغرض تطوير هذا المواد والأستفادة القصوى من امكاناتها [1,2]. يستخدم الايبوكسي أيضا بصورة

كبيرة في الطلائات الواقية نظرا لمقاومته العالية ضد التآكل والالتصاق الجيد وتم استخدامه كثيرا في الصناعات الفضائية والبحرية. وبالرغم من ذلك فأن هشاشته مقارنة بالانواع الاخرى من البوليمرات جعلته موضع اهتمام الباحثين للتقليل من هذه الخاصية، واحدى الحلول كانت بأستخدام المواد المالئة والمدعمات[3] في هذا الصدد أجريت العديد من البحوث، حيث قام الباحث Z. Zhang بتدعيم الأيبوكسي بمواد مالئة (حشوات)(fillers) وبنسب وزنية مختلفة في محاولة منه لتحسين متانة البلى، وتم استعمال أوكسيد التيتانيوم النانوي مع الغرافيت وألياف الكاربون القصيرة وألياف البولي تيترا فلورو أثيلين كمواد مدعمة. قام الباحث بدراسة البلى مستعملا جهاز block-on- ring وأظهرت النتائج أن الأيبوكسي المدعم بصورة هجينة أبدى ا'لى مقاومة بلى مقارنة بالأيبوكسي غير المدعم. بالأضافة الى مقاومة البلى قام الباحث المذكور في أعلاه بفحص سطوح العينات التي تعرضت لهذا الأختبار بالمجهر الألكتروني الماسح Scanning electron microscope ومجهر القوة الذرية Atomic force microscope ، وكلا التقنيتين اقترحتا أن اضافة المالئات النانوية حسنت من خواص البلى وذلك لتقليلها من الأحتكاك على المستوى النانوي، مقللة بذلك من فشل المادة بسبب الأنخلاع مابين السطوح(interfacial debonding) ومن كسر الألياف والمادة الأساس [4]

قام الباحثان (Kumarappa and Raju) بإعداد مادة متراكبة من الايبوكسي مدعمة بقشور الفول السوداني كنموذج لأعادة تدوير المواد كبديل عن الاخشاب الغالية الثمن، وأظهرت المادة الناتجة تحسنا كبيرا في متانة الشد ومتانة الصدمة ومعامل المرونة، تحديدا عند استعمال كسر حجمي 60% من قشور الفول السوداني بالرغم من أن امتصاصية المتراكب الناتج للسوائل أثناء الغمر كانت أعلى قيمة من الايبوكسي غير المدعم [5]. يعتبر الزجاج احد اهم المواد التي تدخل في الصناعات الهندسية والحرفية والمنزلية، وينتج عالميا بكميات ضخمة لتغطية حاجات السوق من هذه المتطلبات، وبالرغم من خواصه الفريدة من نوعها فأنه في معظم أشكاله السائدة يعتبر هشا وسهل الكسر مما يضع الكثير من القيود البيئية على كيفية التخلص منه بعد انتهاء عمره العملي، وهذا بالتالي يقود الى كيفية أعادة تدويره من خلال اعادة فرزه و صهره لتصنيع منتوجات زجاجية اخرى، وقد يأخذ مسلك اعادة تدوير اخر وهو استعماله كمادة مضافة لتحسين مقاومة الانزلاق للأرضيات [6,7]. تقع مخلفات مواد البناء ضمن دائرة اهتمام المهندسين وذلك لأثرها المباشر على البيئة ولأمكانية استثمارها صناعيا، ان لم تكن في ادخالها للبناء مرة اخرى لأستعمالها كركام، حيث ان ملايين الأطنان منها تتم معالجتها واعادة طحنها على مستوى العالم لتدخل في دورة البناء مرة اخرى[8]. من ابرز مواد البناء التي يمكن اعادة تدويرها هي الطابوق، البلاطات، الخرسانة، ومواد العزل المختلفة وحديد التسليح، وكل منها له استخدامه في عملية اعادة التدوير مع الاخذ بنظر الاعتبار خطورتها وسميتها على الافراد والبيئة وتقليل الأثر الكاربوني قدر الامكان [9].

أخذ مفهوم اعادة التدوير منحى جديد من قبل Shahidan وجماعته، حيث ادخلوا نفايات الهدم والبناء Construction and demolition بمزج هذه المواد مع الايبوكسي واعادة دمجها مع الخرسانة، لغرض تقليل امتصاصية الخرسانة للماء ولتحسين الأثر البيئي. وجد أن حجم الركام كان له تأثير كبير على تقليل امتصاصية الماء حيث ان الايبوكسي المدعم بالحجم الصغير يعمل على غلق المسامات داخل الخرسانة وبالتالي تقل الامتصاصية [10]. يعتبر قياس معامل الأحتكاك للأسطح المعرضة للأحتكاك من القياسات الرئيسية التي تسهم في اعطاء فكرة عن تحملية وصمود المادة تجاه عوامل التعرية والأجهادات الميكانيكية والقشط التي من الممكن ان تتعرض له المادة اثناء فترة العمل بها، ومن حيث المفهوم الفيزياوي فهو يرتبط ارتباطا وثيقا بخاصية البلى، فالخاصيتين يؤخذ بهما معا عند التقرير بكون المادة تصلح للأستخدام في الطلائات بانواعها، وفي هذا الصدد هناك العديد من الدراسات السابقة التي أجريت بنفس السياق، فقد قام الباحث A. Akinci بدراسة معامل الأحتكاك ومقاومة البلى لمادة من البولي مثيل ميثاكرليت النقية ونفس المادة مدعمة بأوكسيد الزركونيوم وقد تمت في الظروف الجافة وبدرجة حرارة الغرفة تحت أحمال 5 و10 و20 نيوتن، وقد أظهرت النتائج زيادة بمعامل الأحتكاك بزيادة محتوى الزركونيا، بالأضافة الى انها اثبتت أن معامل الأحتكاك نفسه يعتمد على سرعة الحركة و وزن الجسم حيث انه يتناسب طرديا مع هذين المعلمين [11]. في دراسة أخرى قام بها الباحث S.Z. El-Abden وجماعته،حيث قام بتدعيم أرضيات الأيبوكسي بمادة البولي بروبيلين المعاد تدويرها لغرض الحصول على أرضيات مانعة للأنزلاق يتم صبها في المستشفيات، رياض الأطفال والمصانع. وجد الباحث أعلاه أن الأرضيات التي تم تدعيمها بالبولي بروبيلين بنسبة 50% كانت لها أعلى معامل أحتكاك مقارنة بالنسب الأخرى، بينما أظهرت العينة المدعمة ب20% أعلى مقاومة بلى، وفي جميع الظروف كانت العينات المدعمة بالبولي بروبيلين بكل النسب أعلى مقاومة للبلى وذات معامل أحتكاك أعلى من العينات الغير مدعمة[12]. يهدف البحث الحالي الى تطوير خواص أيبوكسي الأرضيات بحيث يكون مانعا للأنزلاق ليلائم متطلبات العمل في الأماكن المعرضة للأنزلاق والبلى (أرضيات المستشفيات ودور المسنين ومرائب السيارات كمثال) بأستعمال مواد معاد تدويرها ومتوفرة محليا وغير مكلفة، وأجراء الأختبارات اللازمة لها لتأكيد صلاحيتها لهذا المجال.

الجزء العملي :

1.تحضير العينات:

تم في هذا البحث تصنيع خمس مصبوبات من مادة الايبوكسي نوع (Sika - 105) كمادة اساس في تحضير المواد المتراكبه البوليمرية وهو اردني المنشأ من شركة (Sika dur™) وهو في الحالة السائلة ويمكن تبلمره وتحوله للحالة الصلبة وذلك بأضافة المصلد حيث يمتاز المصلد بكونه سائل خفيف ذو لزوجه وكثافة واطئتين ولون اصفر شفاف يضاف الى الراتنج بنسبة (3:1) ويتم خلطهما يدويا .تم استخدام طريقة القولبة اليدوية للقالب الاساس حجم القالب (10*15) سم وبعد ذلك تترك المصبوبات لمدة 24 ساعة للتصلب الاولي بعدها وضعت في الفرن لمدة 4 ساعات تقريبا بدرجة حرارة 50 درجه مئويه لازالة الاجهادات ولضمان عملية التشابك بعدها تركت لمدة اسبوع بدرجة حرارة الغرفه للحصول على اعلى تشابك لغرض التصلب التام النهائي بعد مرور اسبوع تم تحضير طلاء من مادة متراكبة من الايبوكسي وحطام الزجاج الناعم والخشن وركام مواد البناء الناعم والخشن بكسر وزني 40% بعد ذلك تم طلاء اربع مصبوبات بالمادة المتراكبة المحضرة من الايبوكسي وحطام الزجاج الناعم والخشن وركام مواد البناء الناعم والخشن ومصبوبة الايبوكسي النقيه تركت للمقارنه بعد ذلك قطعت المصبوبات حسب المواصفات القياسية

الخاصة بكل اختبار. تم أعتماد طريقة القولبة اليدوية (Hand lay –up method) في عملية تحضير العينات اذ تم صنع مصبوبة من الايبوكسي بوزن(200gm) اذ تم تحضير خمس مصبوبات من الايبوكسي في ظروف متناظره وتم خلط المزيج لمدة (8 – 10) دقائق وبعدها تصب في القالب المهيء تركت المصبوبات لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة للتصلب الاولي بعدها توضع في فرن تجفيف بدرجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة اربع ساعات تقريبا للحصول على اعلى نسبة تشابك .وبعد مرور اسبوع تم تحضير طلاء من مادة متراكبة من الايبوكسي وحطام الزجاج الناعم والخشن وركام مواد البناء الناعم والخشن حيث تم طلاء اربع مصبوبات بالمادة المتراكبة المحضرة من المواد المذكورة اعلاه ومصبوبة الايبوكسي النقية تركت للمقارنة . وتظهر المصبوبات في الاشكال 1، 2، 3 ادناه:

الشكل(1) يوضح الأيبوكسي مع حطام الزجاج الناعم والخشن

الشكل (2) يوضح الايبوكسي مع ركام مواد البناء الناعم والخشن

الشكل (3) يوضح مصبوبة الايبوكسي النقية

2. الاختبارات

اختبار البلى :

تم اجراء اختبار البلى بأستعمال جهاز البلى الانزلاقي والذي تبلغ سرعة القرص (375) دورة /دقيقة وصلادة القرص هي (9269HB) والشكل(4) ادناه يوضح عينات البلى، في هذا الفحص تم قياس معدل البلى حيث تم حساب معدل البلى بأتباع الطريق الوزنية اذ تتضمن حساب الفقدان بالوزن للعينة من خلال الخطوات التالية وحسب المواصفة القياسية الخاصة لحساب معدل البلى ASTM G99-5 :[13]

$$\text{Wear rate} = \Delta w/S_D \quad (gm/cm) \cdots (1)$$

$$\Delta w = w1 - w2 \cdots (2)$$

$$S_D = 2\pi rnt \cdots (3)$$

علما ان

Δw الفرق بالكتله للعينه قبل وبعد الاختبار، W_1 كتلة العينة قبل الاختبار، W_2 كتلة العينة بعد الاختبار، S_D مسافة الانزلاق ب (cm)، r نصف القطر من مركز العينة الى مركز القرص ب (cm)، n عدد الدورات للقرص (دورة / دقيقه)، t زمن الاختبار ب (دقيقة).

شكل (4) يوضح عينات البلى

اختبار معامل الاحتكاك:

تم اجراء اختبار الاحتكاك لقياس معامل الاحتكاك وحسب المواصفة القياسية ASTM D1894 [14]. ويعرف معامل الاحتكاك على انه النسبة بين قوة الاحتكاك ورد الفعل العمودي على السطح ، وهو دالة لكلا السطحين وتعتمد قيمته على الحمل حيث يزداد معامل الاحتكاك مع زيادة الحمل المسلط . وهناك نوعان من معامل الاحتكاك هما: النوع الاول هو معامل الاحتكاك السكوني (الثابت)، والنوع الثاني هو معامل الاحتكاك الحركي. بمجرد التغلب على الاحتكاك الساكن يتبع الاحتكاك الحركي ويمنع القوة الحركة المنتظمة . يتعلق معامل الاحتكاك الحركي بالقوة التي تقيد حركة جسم ما ينزلق على سطح صلب وسلس نسبيا. يتم حسابه من خلال ايجاد متوسط الحمل اثناء الاختبار وتقسيم هذا على وزن الزلاقة التي تحمل المواد الاخرى[15].

شكل (5) يوضح عينات الاحتكاك

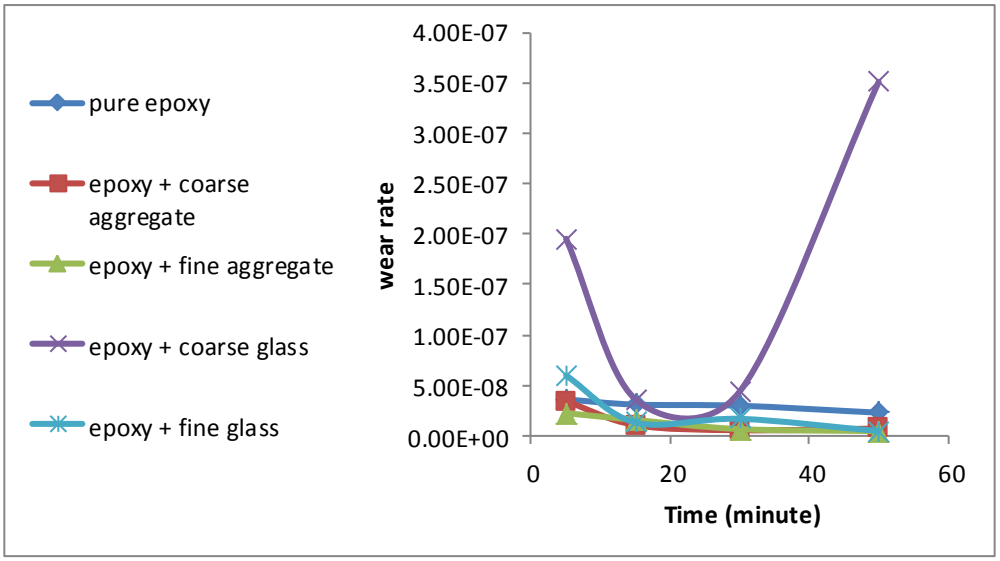
النتائج والمناقشة :

أختبار البلى

نتائج اختبار البلى موضحة في الشكل (6) ادناه وفي الجدول (1). تم الحصول على اقل معدل بلى بأستخدام الايبوكسي المطلي مع ركام مواد البناء الناعم والخشن مع وجود زيادة بسيطة في حالة الايبوكسي المطلي مع حطام الزجاج الناعم وزيادة كبيره في معدل البلى في حالة الايبوكسي المطلي مع حطام الزجاج الخشن. من الواضح ان معدل البلى سجل أعلى معدل في حالة الأيبوكسي المطلي بالزجاج الخشن حيث كان له أعلى معدل فقدان بالوزن، وأن أعلى مقاومة بلى كانت في حالة الأيبوكسي المدعم بركام البناء بنوعيه الناعم والخشن، حيث أن معدل الفقدان بالوزن لكليهما كان متقاربا جدا، يليهما الأيبوكسي المدعم بالزجاج الناعم واللأيبوكسي النقي غير المدعم. من الجدير بالذكر أن الأختبار تم بأستعمال نفس الحمل (2 كغم) وبنفس الفترات الزمنية (50, 30, 15, 5) حيث يلاحظ أن فقدان الوزن في بداية الأختبار نتيجة البلى كان متقاربا للعينات جميعها ماعدا العينة المدعمة بالزجاج الناعم حيث كان معدل البلى لها بعد مرور فترة 5 دقائق هو الأعلى لتعود بعدها ضمن المعدل الملاحظ مع العينات الأخرى التي أجري الأختبار لها، وفي نهاية الأختبار تعود العينة لتفقد المزيد من الوزن أكثر من مثيلاتها، وتليها العينة المدعمة بالزجاج الناعم. من الممكن أن يكون سبب المعدل العالي للبلى في هاتين العينتين أنهما تكونان قد فقدتا معظم وزنهما أثناء الأختبار في المرحلة الأولى نتيجة أحتكاكهما بالقرص والذي عمل على أزالة الطبقة العليا من الطلاء بسهولة

زكاء عباس كامل[1] ، رنا مهدي صالح[2]

مقارنة بالعينات المدعمة بالركام بنوعيه الخشن والناعم مما يصل لأستنتاج أن العينات المطلية بالأيبوكسي والزجاج كانت ألتصاقيتها أقل من الأيبوكسي النقي أو الأيبوكسي المدعم بالركام، وهذا يمكن أن يعزى الى طريقة الصنع حيث أن الأيبوكسي قد تعرض الى البلى في المراحل الأولية نظرا لكونه يغطي مسحوق الزجاج أثناء الخلط والصب مما يعرضه للبلى في البداية، ونظرأ لألتصاقيته القليلة مقارنة بالعينات المدعمة بالركام فأنه يبلى بمقدار أكبر ويفقد من تركيبته السطحية الكثير من الوزن، مؤديا بالتالي الى معدل بلى أعلى [16].



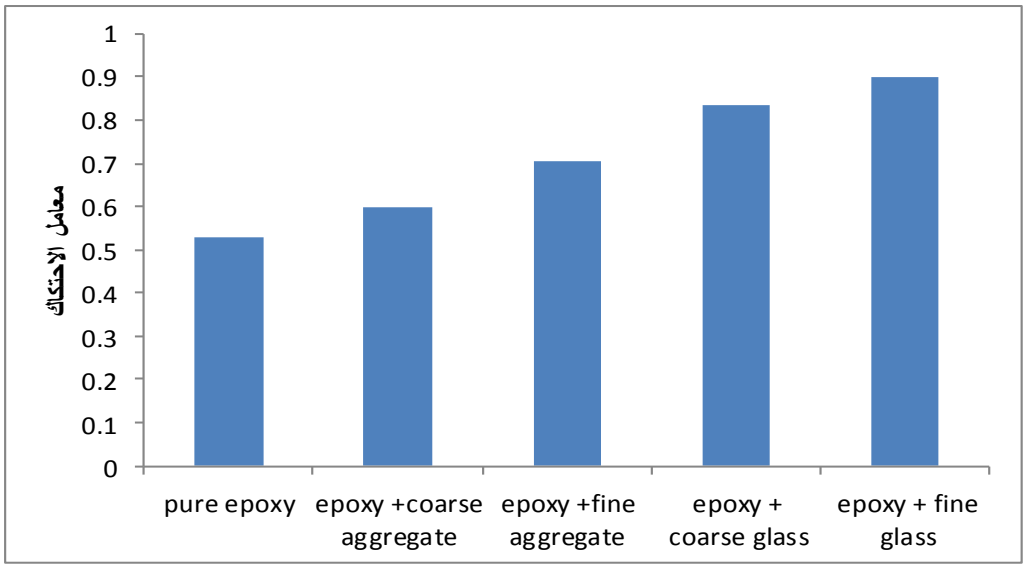
الشكل (6) يوضح العلاقة بين معدل البلى والزمن.

يوضح الجدول (1) العلاقة بين معدل البلى والزمن

الزمن (دقيقة)	معدل البلى لعينة الايبوكسي بدون طلاء (نقية)	معدل البلى لعينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناء الخشن	معدل البلى لعينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناء الناعم	معدل البلى عينة الايبوكسي المطلية بحطام الزجاج الخشن	معدل البلى لعينة الايبوكسي المطلية بحطام الزجاج الناعم
5	3.57E-08	3.40E-08	2.21E-08	1.95E-07	5.94E-08
15	3.06E-08	1.02E-08	1.53E-08	3.57E-08	1.27E-08
30	2.94E-08	5.10E-09	6.23E-09	4.36E-08	1.64E-08
50	2.25E-08	6.79E-09	4.25E-09	3.51E-07	4.25E-09

اختبار معامل الأحتكاك

نتائج اختبار معامل الاحتكاك موضحة في الشكل (7) ادناه وفي الجدول (2)



الشكل (7) يوضح العلاقة بين معامل الأحتكاك ونوع الطلاء المانع للانزلاق

يوضح الجدول (2) العلاقة بين معامل الاحتكاك ونوع العينة

نوع العينة	معامل الاحتكاك
عينة الايبوكسي بدون طلاء (نقية)	0.5304
عينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناءالخشن	0.5967
عينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناء الناعم	0.7045
عينة الايبوكسي المطلية بحطام الزجاج الخشن	0.8362
عينة الايبوكسي المطلية بحطام الزجاج الناعم	0.8974

لوحظ أن معامل الاحتكاك يزداد مع طلاء الايبوكسي بركام مواد البناء الناعم والخشن وحطام الزجاج الناعم والخشن مقارنة مع الايبوكسي النقي غير المطلي وتم الحصول على اعلى معامل احتكاك للايبوكسي المطلي مع حطام الزجاج الناعم .وقد لوحظ ان معامل الاحتكاك زاد بشكل كبيرنتيجة وجود خشونة للسطوح مما ادى الى معامل احتكاك عالي . بصورة عامة يعتبر الايبوكسي مادة مثالية للاستخدام في طلاء الارضيات بسبب كونه ذو تركيبة شبكية ثلاثية الابعاد تعطي معامل احتكاك عالي، ومن الممكن تحسين مقاومة الانزلاق بأضافة المواد المالئة (الحشوات fillers)[17] .

من الواضح أن معامل الاحتكاك يتأثر بنوعية المادة المالئة وهنا يبرز الشكل الهندسي كعامل أساسي، حيث أن الاشكال غير المنتظمة هي الأكثر بقيمة معامل الاحتكاك [18] حيث أن أضافة مسحوق الزجاج قد زادت من معامل الأحتكاك بصورة كبيرة وهذا واضح من المخطط أعلاه (7) حيث ان مسحوق الزجاج له القابلية على زيادة الألتصاقية مع الأسطح عند اضافته للأيبوكسي وكذلك يزيد من معامل الأحتكاك ويقلل من البلى المصاحب للحركة على هذه الاسطح وهذا يتفق مع نتائج الباحثين [19]و[20] الذي توصلا الى ان استخدام مسحوق الزجاج المعاد تدويره قد ساهم في زيادة الالتصاقية بين الاسطح الكونكريتية وطلاء الايبوكسي، بالأضافة الى ان شكل مسحوق الزجاج المستخدم (كونه ذو شكل غير منتظم) قد زاد من معامل الاحتكاك مقارنة بكريات الزجاج منتظمة الشكل [19].

الاستنتاجات:

ان طلاء الايبوكسي بالمواد المانعة للانزلاق (ركام مواد الناعم والخشن ، حطام الزجاج الناعم والخشن) قد حسن بشكل كبير من مقاومة الانزلاق. زاد معامل الاحتكاك بوجود المواد المانعة للانزلاق حيث سجلت اعلى قيمة لعينة الايبوكسي المطلية بحطام الزجاج الناعم يليه حطام الزجاج الخشن ثم تليه عينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناء الناعم والخشن مقارنة بعينة الايبوكسي النقية. تم الحصول على اقل معدل بلى لعينة الايبوكسي المطلية بركام مواد البناء الناعم والخشن مع وجود زيادة قليلة في معدل البلى في حالة عينة الايبوكسي المطلية مع حطام الزجاج الناعم وزيادة كبيره في حالة عينة الايبوكسي المطلية مع حطام الزجاج الخشن .

المصادر:

1. Sahraeian R., Seyed M. D and Behzad Sh. H., "The effect of nanoperlite and its silane treatment on thermal properties and degradation of polypropylene/nanoperlite nanocomposite films", Composites part B: Engineering, Vol. 162, pp. 103-111, 2019.

2. Seshanandan G., Ravindran D. and Sornakumar T., "Mechanical Properties of nano titanium oxide particles –hybrid jute –glass FRP composites", Materials Today: Proceedings, Vol.3, pp. 1383-1388, 2016.

3. Javidparvar A., Ramezanzadeh B. and Ghasemi E., "Effects of surface morphology and treatment of iron oxide nanoparticles on the mechanical properties of an epoxy coating", Progress in Organic Coatings, Vol.90, pp. 10-20, 2016.

4. Zhang Z., "Enhancement of wear resistance of epoxy: short carbon fibers, graphite, and nano TiO_2", Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, pp. 1385-1392, 2004.

5. Raju G. U. and Kumarappa S., "Experimental study on mechanical properties of groundnut shell particle-reinforced epoxy composites.", Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol.30, no.12, pp.1029-1037, 2011.

6. Bernardo E., Esposito L., Rambaldi E.& Tucci A., "Glass based stoneware' as a promising route for the recycling of waste glasses", Advances in Applied Ceramics, Vol.108, no.1, pp.2-8, 2009.

7. Tucci A., Rambaldi E. & Esposito L., "Use of scrap glass as raw material for porcelain stoneware tiles", Advances in Applied Ceramics, Vol.105, no.1, pp.40-45, 2006.

8 WahlstroÈma M., Laine-Ylijokib J., MaÈaÈttaÈnenb A., LuotojaÈrvic T. and KivekaÈsc L., "Environmental quality assurance system for use of crushed mineral demolition wastes in road constructions", Waste Management, Vol. 20, pp.225-232, 2000.

9. Petri S. and Timo K., "Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing", Vol.24, 100742, 2019

10. Shahiron Sh., Mohammed A.M., Kumanan K., Sharifa S.M. and Noorwirdawati A., "Utilizing construction and demolition waste (C&D)as recycled aggregate for concrete", Procedia Engineering, Vol. 174, pp.1028-1035, 2017.

11. Akinci A., Sen S. and Sen U., "Friction and wear behavior of zirconium oxide reinforced PMMA Composites", Composites Part B: Engineering, Vol.56, pp. 42-47, 2014.

12. EL-Abden S.Z., Abo El-Wafa W.M. and El-ShANAWANY M.M., " Friction and wear of epoxy flooring filled by recycled polymers", International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol.5, No. 9, pp.116-121, 2014.

13. ASTM G99 – 05, Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus.

14. ASTM D1894, Standard Test Method for Coefficient of Friction.

15. Higdon C., Cook B., Harringa J., Russell A., Goldsmith J., Qu J. and Blau P., "Friction and wear mechanisms in $AlMgB_{14}$-TiB_2 nanocoatings", Wear, Vol.271, no. 9-10, pp 2111-2115, 2011.

16. Navin C, Ajay N and Somit N, "Three-body abrasive wear of short glass fibre polyester composite", Wear, Vol. 242, pp 38-46, 2000.

17. Mihu G. , Mihalache I., Graur I., Ungureanu C. and Bria V., "Comparative study regarding friction coefficient for three epoxy resins", 13th International Conference on Tribology, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 174, 2017.

18. Grigoriev A, Vaganov G., Yudin V., Myshkin N., Kovaleva I., Gofman I. , Mashlyakovskii L. and Tsarenko I., "Friction and Wear of Powder Coatings of Epoxy Composites with Alumosilicate Nanoparticles, Journal of Friction and Wear, Vol. 33, no. 2, pp. 101–107, 2012.

19. Agnieszka Ch. and Krzystof O., "Epoxy resin coatings modified with waste glass powder for sustainable", Technical Transactions Civil Engineering, DOI: 10.4467/2353737XCT.18.118.8893,2018.
20. Kenan C. , S. Ozmen E., Savas D. and Ibrahim G., "Effect of particle shape on the wear and friction behavior of particle-reinforced epoxy coatings", Journal of Coatings Technology Research, Vol.16, no.5, pp.1435–1445, 2019