



EVALUATION OF THE INFLUENCE OF RECYCLED GLASS AND CARBON GEOGRIDS ON THE STIFFNESS MODULUS OF ASPHALT CONCRETE

OCENA WPŁYWU RECYKLOWANEJ GEOSIATKI SZKLANEJ I WĘGLOWEJ NA MODUŁ SZTYWNOŚCI BETONU ASFALTOWEGO

Artur Kowalczyk*
Kielce University of Technology, Poland

Abstract

The paper presents the findings of a study on the influence of fibers derived from recycled geogrids on the stiffness modulus of asphalt concrete. The preliminary stage of the research involved a survey, which confirmed the escalating issue of reclaimed asphalt pavement (RAP) contamination with glass and carbon geogrid fibers, as well as the limited existing knowledge regarding their impact on asphalt concrete properties. The experimental program encompassed AC16W and AC22W mixtures modified with fibers ranging from 1 cm to 5 cm in length and at concentrations of 0.2% to 1.0% by weight. Analysis of the test results revealed that the application of carbon geogrid fibers did not lead to a significant increase in the stiffness modulus compared to the reference mixtures; conversely, glass fibers exhibited a tendency to reduce it. It was established that excessive fiber length and content lead to a reduction in the stiffness modulus. Based on the analyses, optimal parameters for maintaining high stiffness modulus values were determined: a fiber content of <0.2% and a length of <1 cm, regardless of the mixture's aggregate grading. The results indicate that geogrid recycling may represent an effective and rational approach supporting the circular economy and the development of sustainable asphalt technologies.

Keywords: geogrid recycling, sustainable development, reclaimed asphalt pavement, asphalt mixtures, glass and carbon fibers, experimental design

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań nad wpływem włókien pozyskiwanych z recyklowanych geosiatek na moduł sztywności betonu asfaltowego. Elementem rozpoznawczym były badania ankietowe, które potwierdziły narastający problem zanieczyszczenia destruktu asfaltowego włóknami geosiatek szklanych i węglowych oraz ograniczoną wiedzę na temat ich wpływu na beton asfaltowy. Program badań obejmował mieszanki AC16W i AC22W modyfikowane włóknami o długości 1–5 cm i zawartości 0,2–1,0%. Analiza wyników badań wykazała, że zastosowanie włókien geosiatki węglowej nie powodowało istotnego wzrostu modułu sztywności względem mieszanek referencyjnych, natomiast włókna szklane wykazywały tendencję do jej obniżania. Stwierdzono, że nadmierna długość i udział włókien prowadzą do redukcji modułu sztywności. Na podstawie analiz określono wartości optymalne sprzyjające utrzymaniu wysokiej wartości modułu sztywności: zawartość włókien <0,2% oraz długość <1 cm, niezależnie od rodzaju uziarnienia mieszanki. Uzyskane rezultaty wskazują, że recykling geosiatki może stanowić efektywny i racjonalny kierunek wspierający gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz rozwój zrównoważonych technologii asfaltowych.

Słowa kluczowe: recykling geosiatek, zrównoważony rozwój, destruktu asfaltowy, mieszanki mineralno-asfaltowe, włókna szklane i węglowe, plan eksperymentu

REFERENCES

- [1] Zrównoważone zarządzanie odpadami: Działania UE, 9 kwietnia 2018, [Online], www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20180328STO00751/zrownowazone-zarzadzanie-odpadami-dzialania-ue.
- [2] Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, Gospodarka o obiegu zamkniętym: definicja, znaczenie i korzyści. [Online], www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20151201STO05603/gospodarka-o-obiegu-zamknietym-definicja-znaczenie-i-korzysci-wideo.
- [3] Błażejowski K., Ostrowski P., Wójcik-Wiśniewska M., Baranowska W.: *Mieszanki i nawierzchnie z Orbiton Hima*. Orlen Asphalt sp. z o.o. Płock, 2020.
- [4] European Asphalt Pavement Association, Asphalt in Figures 2022, Square de Meeus 40, 1000 – Brussels, Belgium, January. 2024. [Online], www.eapa.org.
- [5] Polskie Stowarzyszenie Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych, *Badanie dotyczące użycia destruktu asfaltowego w Polsce*, Warszawa, 2022.
- [6] Bebkiewicz K. et al.: Poland's National Inventory Report 2023, Ministry of Climate and Environment Republic of Poland, Greenhouse Gas Inventory for 1988-2021.
- [7] Kowalczyk A.: Ankieta badawcza pracy doktorskiej: *Wpływ geosiatki pochodzącej z recyklingu nawierzchni asfaltowej na trwałość betonu asfaltowego*, 2024 2023.
- [8] Bugajski M., Grabowski W.: *Geosyntetyki w budownictwie drogowym*, Wydanie I. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1999.
- [9] GDDKiA, Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, WT-2 – część I, Mieszanki mineralno-asfaltowe, Wymagania techniczne. GDDKiA.
- [10] PN-EN 13108-8, Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 8: Destrukt asfaltowy. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [11] Judycki J. et al.: Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. GDDKiA.
- [12] Jahromi S.G., Khodai A.: Carbon fiber reinforced asphalt concrete, *Materials Science*, 2008.
- [13] Wu S., Haji A., Adkins I.: State of art review on the incorporation of fibres in asphalt pavements, *Road Materials and Pavement Design*, s. 1-36, 2022, doi: 10.1080/14680629.2022.2092022.
- [14] Morea F., Zerbino R.: Improvement of asphalt mixture performance with glass macro-fibers, *Construction and Building Materials*, t. 164, 113-120, March 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.12.198.
- [15] Błażejowski K., Tabor Z., Wójcik-Wiśniewska M., Zduńczyk B.: Warstwy przeciwspekaniowe z asfaltem wysoko modyfikowanym ORBITON HIMA, zaprezentowano na Nowoczesna diagnostyka i naprawy nawierzchni drogowych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2018.
- [16] Kim M.-J., Kim S., Yoo D.-Y., Shin H.-O.: Enhancing mechanical properties of asphalt concrete using synthetic fibers, *Construction and Building Materials*, t. 178, 233-243, June 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.070.
- [17] Vo H.V., Park D.-W., Seo W.-J., Yoo B.-S.: Evaluation of Asphalt Mixture Modified with Graphite and Carbon Fibers for Winter Adaptation: Thermal Conductivity Improvement, *J. Mater. Civ. Eng.*, t. 29, nr 1, s. 04016176, January 2017, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001675.
- [18] Notani M.A., Arabzadeh A., Ceylan H., Kim S., Gopalakrishnan K.: Effect of Carbon-Fiber Properties on Volumetrics and Ohmic Heating of Electrically Conductive Asphalt Concrete, *J. Mater. Civ. Eng.*, t. 31, nr 9, 04019200, September 2019, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002868.
- [19] Wang Z., Dai Q., Porter D., You Z.: Investigation of microwave healing performance of electrically conductive carbon fiber modified asphalt mixture beams, *Construction and Building Materials*, t. 126, s. 1012–1019, November. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.09.039.
- [20] Rice J.R.: A Path Independent Integral and the Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks, *Journal of Applied Mechanics*, 1968.
- [21] Bundesministerium der Justiz. Gesetz Zur Förderung Der Kreislaufwirtschaft Und Sicherung Der Umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz-KrWG); Bundesministerium der Justiz: Berlin, Germany, 2012.
- [22] Gogolin D.: Effectiveness and Sustainability of Asphalt Reinforcements, S&P Clever Reinforcement GmbH, Karl-Ritscher-Anlage 5, Frankfurt, Germany, Expert Report: 14-7974-01, 2015.
- [23] PN-EN 15381 Geotekstyli i wyroby pokrewne – Wymagania w odniesieniu do wyrobów stosowanych w nawierzchniach i nakładkach asfaltowych. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [24] PN-EN 13043 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [25] GDDKiA, Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych, WT-1 - Kruszywa, Wymagania techniczne. GDDKiA.

- [26] PN-EN 13108-1 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania – Część 1: Beton asfaltowy. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [27] PN-EN 12591 Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Wymagania dla asfaltów drogowych. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [28] PN-EN 12697-26 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 26: Szttywność. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [29] PN-EN 12697-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni próbek mineralno-asfaltowych. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [30] PN-EN 12697-12 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 12: Określanie wrażliwości na wodę próbek mineralno-asfaltowych. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [31] PN-EN 12697-22 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 22: Koleinowanie. Polski Komitet Normalizacyjny.
- [32] PN-EN 12697-6 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań – Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej. Polski Komitet Normalizacyjny.