

© 2020. J. Górszczyk, K. Malicki.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (CC BY-NC-ND 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which per-mits use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the Article is properly cited, the use is non-commercial, and no modifications or adaptations are made.



EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LOADING FREQUENCY INFLUENCE ON A STRENGTH OF ASPHALT INTERLAYER BONDING

J. GÓRSZCZYK¹, K. MALICKI²

The article presents a new approach to testing the strength of asphalt interlayer bonding. Two loading methods were used: static load and cyclic load. Before carrying out static shear strength tests, the interlayer bonding was subjected to cyclic loads with a constant number of cycles but with different frequencies. A number of layered samples with and without geosynthetic interlayers were tested at the set temperature. The comparative analyses allowed to determine the functions approximating the impact of the cyclic load frequency on the static strength of bonding at selected interlayer contact conditions. It was also possible to indicate the frequency of cyclic load at which this parameter has the largest and smallest impact on the static strength of the asphalt interlayer bonding.

Keywords: asphalt mixture, interlayer bonding, static shear strength, static and cycling loading, geosynthetic, geogrid, asphalt reinforcement geogrid, laboratory investigation.

¹ Ph.D., Eng., Cracow University of Technology, Faculty of Civil Engineering, ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, e-mail: jgorszcz@pk.edu.pl

² Ph.D., Eng., Cracow University of Technology, Faculty of Civil Engineering, ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, e-mail: kmalicki@pk.edu.pl

1. INTRODUCTION

Road pavements are multi-layer systems. One of the factors significantly affecting the durability of the pavement structure is the quality of interlayer bonding, including asphalt layer bonding. The strength of interlayer bonding is related to mechanical interlocking of aggregate, gluing layers with bitumen and possible impact of additional materials introduced into the interlayer bonding [1, 2, 3, 4]. The strength of the bonding depends significantly also on the temperature, construction conditions and parameters of the materials to be connected [5, 6, 7, 8, 9]. The weakening of the interlayer bond causes a significant decrease in fatigue life of road pavements [10, 11].

Geosynthetics are commonly used in road pavement structures. In asphalt pavements, they can perform two main functions: reinforcement and stress relief in areas of discontinuities of lower layers. For this purpose, geogrids and geocomposites are often used [12, 13].

Various methods can be used to assess the state of interlayer bonding. These are both field and laboratory methods [2, 5, 14]. The shear test is widely used in Europe, with an application of static and cyclic loads in laboratory works [3, 15, 16, 17]. The application of cyclic loads enables the determination of Wöhler – Basquin curves for interlayer bonding [3, 5, 18]. Research on the impact of geosynthetics use in the interlayer bonding for cyclic loads is also carried out in bending tests [12, 19, 20]. In bent beams and plates, a properly selected geosynthetic delays the phase of crack propagation and its growth, extending the fatigue life of the tested system. In shear tests, however, geosynthetic causes a significant decrease in the interlayer bonding strength [3, 7].

The use of both static and cyclic loads enables application of various theoretical models in mechanical analyses of pavement structures [21, 22, 23, 24]. It is also possible to analyse the load bearing capacity of the pavement structure for various interlayer bonding conditions [4, 10, 11].

Hürtgen [25] indicates that in the case of asphalt mixtures an effect of load frequency on the value of the asphalt mixture complex modulus can be observed. Low frequencies (a few Hertz) cause significantly different characteristics of modulus change compared to the case of high frequencies. At frequencies of several dozen Hertz, the impact of load frequency on the modulus value is smaller. The authors of this article have not encountered a similar study in the literature for asphalt interlayer bonding. This paper presents new results of studies on the impact of cyclic loads of different frequencies on the static shear strength of asphalt mixture interlayer bonding. This study forms original contribution of the presented investigation. Layered samples with and without geosynthetic intermediate layer are tested. Static tests are carried out according to the Leutner method [5, 15].

The cyclic load frequencies are selected in a way representing situation associated with real speed of vehicles. The load cycle characteristics are determined so that the shear stresses in the contact zone correspond to the shear stresses in the pavement structure produced by wheels of heavy vehicles.

2. PROPERTIES AND METHODS OF THE LABORATORY TESTS

2.1. TEST PROPERTIES

Laboratory shear tests of interlayer bonding were carried out for two series of samples. The BK series included samples made of two layers of different asphalt mixtures. A tack coat in the form of bituminous emulsion was used in the interlayer bonding. In the DK series, samples were made of the same types of asphalt mixtures as in the BK series. The difference was that between the asphalt layers a geosynthetic was installed. 24 layered samples were tested in each series. Individual groups of samples were subjected to cyclic loads with frequencies: 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz and 40 Hz. After that, static tests of these samples were performed. Cyclic loads of 10000 cycles per sample were applied with the following characteristics: mean value 0.8 kN and amplitude equal to 0.6 kN. Reference static tests without initial cyclic loading were carried out on a separate group of samples. These samples were randomly assigned to individual series. The tests were carried out at the temperature equal to 26 ± 1 °C. The accuracy class of force transducers of the testing machine equals 0.5 in a range of the force value from 1 % to 100 %.

2.2. TEST METHODS

A new approach was used in the research described in this paper. Two methods of sample load were used, i.e. static loads and cyclic loads with controlled force. This approach cannot be found in the literature according to the Authors knowledge.

2.2.1. STATIC SHEAR TEST

Static tests were carried out using the Leutner direct shear method according to the instruction [15] with a load speed of 50 mm/minute. This method is based on the following assumptions: constant shear stress distribution over the entire shear area, the shear area of the interlayer bonding does not change during the test. Application of this method allowed determination of shear stress and

displacements parallel to the shear surface. Based on the obtained values, shear strength of interlayer bonding was calculated according to formula (2.1) [15].

$$(2.1) \quad T = \frac{F}{A}$$

where:

F – maximum shear force in the contact surface between asphalt layers [N], A – initial surface area of the interlayer bonding [mm²].

2.2.2. CYCLIC SHEAR TEST

The cyclic tests were carried out using a harmonic load with the ratio of cyclic load amplitude to the mean load equal to $A=0.75$. The range of forces was chosen so that the values of shear stresses induced in asphalt samples correspond to the values of shear stresses occurring in asphalt pavements between the wearing and binding layers [18]. An example of cyclic loading that was used in laboratory tests is shown in Fig. 1.

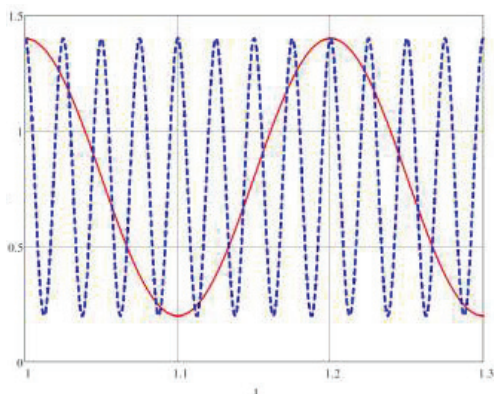


Fig. 1. Examples of harmonic loads used in cyclic tests with the ratio of the cyclic load amplitude to the mean load $A=0.75$ and a load frequency of 5 Hz (red line) and 40 Hz (blue line)

The laboratory stand based on the MTS servohydraulic testing machine was used in static and dynamic laboratory tests. Fig. 2 shows the test stand and the Leutner's device used.

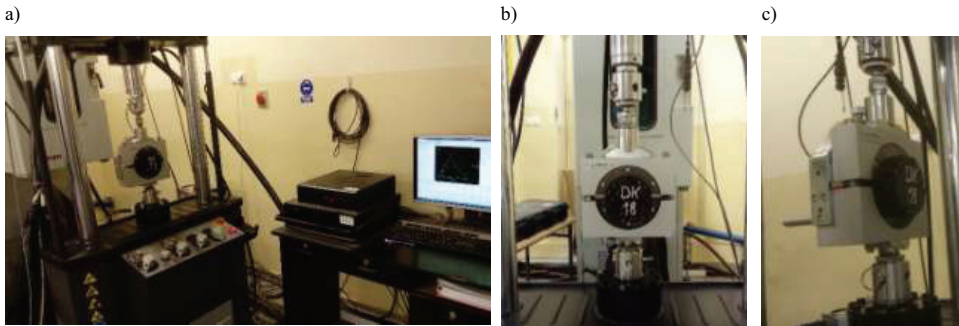


Fig. 2. a) Laboratory stand for static and cyclic testing, b), c) Leutner's test device for interlayer bonding testing

3. TESTED MATERIALS AND SAMPLE PREPARATION

The layered laboratory samples were made using the static method, obtaining the required layer density [26, 27]. A static pressing machine was used that generates a constant load value required to compact cylindrical samples. Two types of asphalt mixtures were used. The upper layers of samples were made of stone asphalt mixture SMA 11 with polymer modified bitumen, PMB 45/80-65 in the amount of 6.0 %. For the bottom layer of samples, an asphalt concrete AC 16 WMS with polymer modified bitumen, PMB 25/55-60 in the amount of 5.0 % was used. The tack coat was made of polymer modified bituminous emulsion. Bituminous emulsion in the amount of 0.2 kg/m^2 and of 0.3 kg/m^2 bituminous emulsion was used for the BK and the DK series, respectively.

The glass fibre geogrid was installed between asphalt layers. This type of geosynthetic is used in pavement structures to reinforce asphalt layers [28]. The geosynthetic used in the study and the set of samples prepared for testing are shown in Fig. 3.

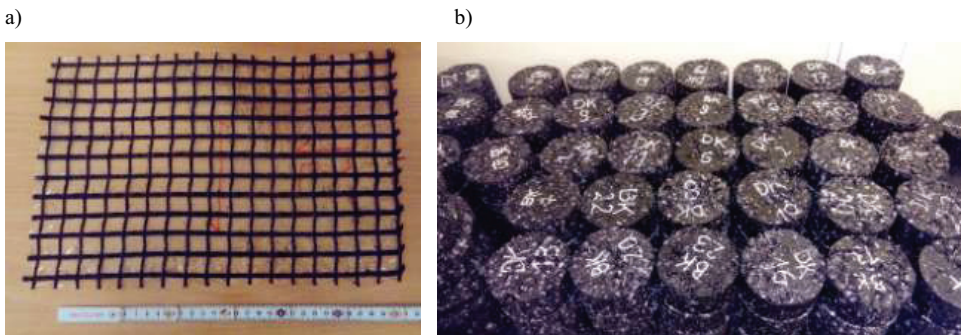


Fig. 3. a) Glass fibre geogrid, b) layered samples prepared for testing

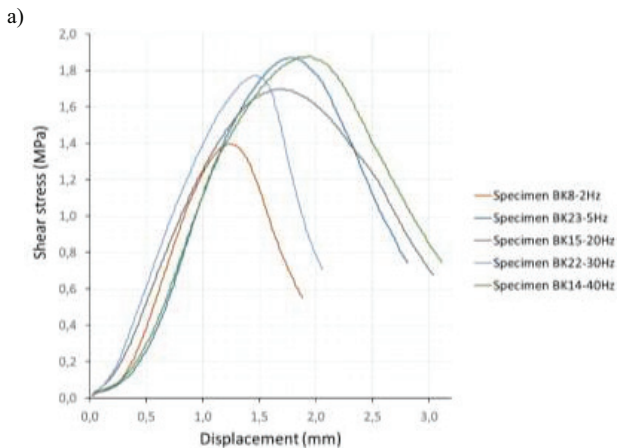
4. RESULTS AND DISCUSSION

Completed tests allowed determination of static strength of samples within individual series. The test results for the reference series are given in Table 1.

In the reference series, samples without geosynthetic show significantly higher average static strength values than samples with geosynthetic. The required strength of the interlayer bonding between wearing and binding layer tested at 20 °C is equal to 1.0 MPa [15]. These tests were carried out at a significantly higher temperature, resulting in reduced shear strength [5, 7]. Therefore, it should be stated that both tested series showed good interlayer bonding and met the requirements for shear strength with a large margin.

Table 1. Test results of static shear strength of reference samples

	BK (without geosynthetic)	DK (with geosynthetic)
Average static strength	1.83 MPa	1.04 MPa
Standard deviation	0.11 MPa	0.29 MPa
Coefficient of variation	0.06	0.27



b)

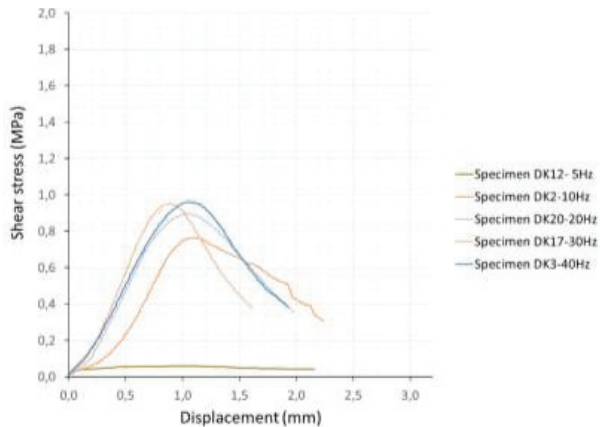


Fig. 4. Shear stress versus vertical displacement graph for selected samples after cyclic loading at variant frequencies a) samples BK (without geosynthetic), b) samples DK (with geosynthetic)

In the next step, the results of samples subjected to cyclic loading were analysed. The dependence of shear stress on the vertical displacement of the shear part of the sample can be represented as a graph. Fig. 4 shows these results for selected samples subjected to cyclic loading at variant frequencies. Collective results obtained for samples subjected to cyclic loadings are shown in Fig. 5.

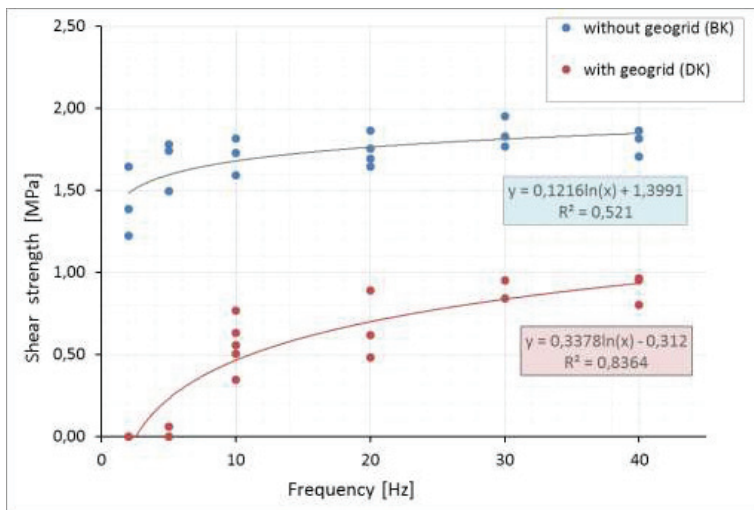


Fig. 5. Shear strength versus cycle load frequency for both tested series

The obtained results show that with a decrease of cyclic loads frequency, the static strength of interlayer bonding decreases. This observation remains valid for interlayer bonding with and without geosynthetic. Although for bonding without geosynthetic the impact of cyclic load frequency on the static strength of bonding is lower. Fig. 5 shows also curves found on the basis of estimating regression procedure, which allowed to formulate functions approximating the dependence between obtained results.

5. CONCLUSIONS

This article presents the results of studies on the impact of initial cyclic loading on the static strength of asphalt layers interlayer bonding. Completed research and analysis allowed to formulate the following conclusions:

- The influence of the frequency of initial cyclic loading on the static shear strength of interlayer bonding was found for both tested series of samples and the assumed test conditions.
- Low cyclic load frequencies significantly reduce static strength. A greater impact was found for bonding with geosynthetic layer. High frequency loads do not reduce significantly static strength. The effect of loads disappears as the frequency increases.
- The observed character of the influence of cyclic load frequencies is similar to that presented by Hürtgen [24] in tests of the asphalt mixture modulus using the compression – tensile method.
- The developed approximation functions show a clear trend, confirming observations formulated in above sentences. However, in order to achieve a better accuracy of found functions it is necessary to conduct further tests on a larger number of samples.
- Recommendation of special care in the implementation of interlayer bonding with geosynthetic in places where vehicles move at low speed can be treated as a conclusion leading to practical applications.

REFERENCES

1. T. Chantachot, W. Kongkitkul, S. Youwai, P. Jongpradist, "Behaviours of geosynthetic-reinforced asphalt pavements investigated by laboratory physical model tests on a pavement structure", *Transportation Geotechnics* 8: 103–118, 2016.
2. D. Sybilski, T. Mechowski, P. Harasim, "Evaluation of effectiveness of use of FWD for assessment of pavement interlayer bond", *Road and Bridges* 2: 41-83 (in Polish), 2007.
3. A. Szydło, K. Malicki, "Analysis of the correlation between the static and fatigue test results of the interlayer bondings of asphalt layers", *Archives of Civil Engineering* LXII, 1: 83-98, 2016.
4. K. Johannsen, "Testing and assessment of bonding conditions of asphalt pavements", PHD thesis, Technische Universität Dresden, Germany, 2012.
5. F. Canestrari, G. Ferrotti, X. Lu, A. Millien, M. N. Partl, Ch. Petit, A. Phelipot-Mardele, H. Piber, Ch. Raab, "Mechanical Testing of Interlayer Bonding in Asphalt Pavements", In: Partl M. et al. (eds) *Advances in Interlaboratory Testing and Evaluation of Bituminous Materials. RILEM State-of-the-Art Reports*, vol 9. Springer, Dordrecht 2013.
6. J. Górszczyk, K. Malicki, T. Zych, "Application of Digital Image Correlation (DIC) Method for Road Material Testing", *Materials* 12, 2349: 1-19, 2019.
7. N. Sudarsanan, R. Karpurapu, V. Amirthalingam, "An investigation of the interface bond strength of geosynthetic-reinforced asphalt concrete using Leutner shear test", *Construction and Building Materials* 186: 423-437, 2018.
8. J. Górszczyk, K. Malicki, "Comparison of temperature distributions in road pavement obtained in field tests and using transient thermal analysis", *MATEC Web Conf.* 262, 05007: 1-6, 2019.
9. W. Zhang, "Effect of tack coat application on interlayer shear strength of asphalt pavement: A state-of-the-art review based on application in the United States", *International Journal of Pavement Research and Technology* 10: 434–445, 2017.
10. J. Górszczyk, S. Gaca, "The influence of the carbo-glass geogrid-reinforcement on the fatigue life of the asphalt pavement structure", *Archives of Civil Engineering* LVIII, 1: 97-113, 2012.
11. P. Jaskuła, D. Ryś, "Effect of interlayer bonding quality of asphalt layers on pavement performance", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 236, 012005: 1-9, 2017.
12. A. Zofka, M. Maliszewski, D. Maliszewska, "Glass and carbon geogrid reinforcement of asphalt mixtures", *Road Materials and Pavement Design* 18, suppl: 471-490, 2017.
13. J. Górszczyk, K. Malicki, "Digital Image Correlation Method in Monitoring Deformation During Geogrid Testing. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 27, 2(134): 84–90, 2019.
14. F. Canestrari, G. Ferrotti, M.N. Partl, E. Santagata, "Advanced testing and characterization of interlayer shear resistance", *TRB 84nd Annual Meeting*, Washington DC, 2005.
15. P. Jaskuła, "Instrukcja laboratoryjnego badania szczepności międzywarstwowej warstw asfaltowych wg metody Leutnera i wymagania techniczne szczepności", *GDDKiA, Politechnika Gdańska, Gdańsk*, (in Polish) 2014.
16. Y. Chen, G. Tebaldi, R. Roque, G. Lopp, "Effects Of Trackless Tack Interface On Pavement Top-Down Cracking Performance", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 53: 432 – 439, 2012.
17. M. Diakhate, Ch. Petit, A. Millien, A. Phelipot-Mardele, B. Pouteau, H. Goacolou, "Interface fatigue cracking in multilayered pavements: Experimental analysis", *6th Rilem International Conference on Cracking in Pavements*. Chicago, 2008.
18. K. Malicki, "Analysis of the interlayer bonding in asphalt layers in monotonic and cyclic load conditions", PHD thesis, Cracow University of Technology, Poland, 2012.
19. N. Sudarsanan, R. Karpurapu, V. Amirthalingam, "Investigations on fracture characteristics of geosynthetic reinforced asphalt concrete beams using single edge notch beam tests", *Geotextiles and Geomembranes*, <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2019.103461>, 2019.
20. A. Pożarycki, T. Garbowski, "Laboratory Testing of Fatigue Crack Growth in Geosynthetically Reinforced Large Scale Asphalt Pavement Samples", *Procedia Engineering* 57: 922 – 928, 2013.
21. J. Górszczyk, K. Malicki, "Three-dimensional finite element analysis of geocell-reinforced granular soil", *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, Albena, Bulgaria, Issue 1.2: 735–742, 2018.
22. R. Nagórski, "The classification of mechanical models of road pavements", *Archives of Civil Engineering* LXIV, 4: 155-170, 2018.
23. P. Kozioł, M.M. Neves, "Multilayered infinite medium subject to a moving load: Dynamic response and optimisation using coillet expansion", *Shock and Vibration* 19: 1009-1018, 2012.
24. J. Górszczyk, W. Grzybowska, "The use of FEM for thermal analyses of the asphalt pavement", *Drogi i Mosty (Roads Bridges)* 2011, 10, 7–30. (In Polish).

25. H. Hürtgen, "Zum viscoelastischen und viscoplastischen Verhalten von Asphalt", Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 361, 1982.
26. M. Motak, "Rozpoznawcze badania laboratoryjne wpływu obciążenia cyklicznego na nośność połączeń międzywarstwowych mma z geosiatką", (in Polish) Master thesis, Cracow University of Technology, Poland, 2019.
27. A. Krakowska, "Rozpoznawcze badania laboratoryjne wpływu obciążenia cyklicznego na wytrzymałość statyczną połączeń międzywarstwowych mma", (in Polish) Master thesis, Cracow University of Technology, Poland, 2019.
28. "Geosyntetyki S&P do wzmacniania nawierzchni asfaltowych", Technical approval IBDiM Nr AT/2008-03-1515, Warsaw, Poland, 2008.

LIST OF FIGURES AND TABLES:

Fig. 1. Examples of harmonic load used in cyclic tests

Rys. 1. Przykłady obciążenia harmonicznego zastosowanego w badaniach cyklicznych

Fig. 2. a) Laboratory stand for static and cyclic testing, b), c) Leutner's test device for interlayer bonding testing

Rys. 2. a) Stanowisko do badań statycznych i cyklicznych b), c) Aparat Leutnera do badań połączeń międzywarstwowych

Fig. 3. a) Glass fibre geogrid, b) layered samples prepared for testing

Rys. 3. a) Geosiatka z włókien szklanych, b) próbki warstwowe przygotowane do badań

Tab. 1. Test results of static shear strength of reference samples

Tab. 1. Wyniki badań wytrzymałości statycznej próbek referencyjnych

Fig. 4 Shear stress versus vertical displacement graph for selected samples after cyclic loading at variant frequencies a) samples BK (without geosynthetic), b) samples DK (with geosynthetic)

Rys. 4. Wykres naprężenia ścinającego w funkcji przemieszczenia pionowego dla wybranych próbek poddanych obciążeniom cyklicznym przy różnych częstotliwościach a) próbki BK (bez geosyntetyku), b) próbki DK (z geosyntetykiem)

Fig. 5. Shear strength vs cycle load frequency for both tested series

Rys. 5. Zależność pomiędzy wytrzymałością na ścinanie a częstotliwością obciążenia dla obu badanych serii

EKSPERYMENTALNE BADANIA WPŁYWU CZĘSTOTLIWOŚCI OBCIĄŻEŃ CYKLICZNYCH NA NOŚNOŚĆ POŁĄCZEŃ WARSTW ASFALTOWYCH

Słowa kluczowe: mieszanka mineralno-asfaltowa, związanie międzywarstwowe, wytrzymałość na ścinanie, obciążenia statyczne i cykliczne, geosyntetyki, geosiatki, zbrojenie warstw asfaltowych, badania laboratoryjne.

STRESZCZENIE:

Jednym z czynników istotnie wpływających na trwałość konstrukcji nawierzchni jest stan połączeń pomiędzy kolejnymi warstwami, w tym również pomiędzy warstwami asfaltowymi. Nośność połączeń zależy od wielu czynników. Do oceny stanu połączeń międzywarstwowych stosowanych jest wiele metod. Są to metody zarówno polowe jak i laboratoryjne. W Europie szeroko stosowana jest metoda ścinania. W badaniach laboratoryjnych przy użyciu tej metody stosowane są zarówno obciążenia statyczne jak i cykliczne. Badania wpływu zastosowania geosyntetyków w połączeniach międzywarstwowych, dla obciążeń cyklicznych prowadzone są również w próbach zginania. W zginanych belkach i płytach odpowiednio dobrany geosyntetyk opóźnia fazę propagacji pęknięcia i jego wzrostu wydłużając trwałość zmęczeniową badanego układu. W badaniach ścinania geosyntetyk powoduje natomiast istotny spadek wytrzymałości połączenia.

Zastosowanie obciążeń statycznych i cyklicznych w analizach mechanistycznych nawierzchni drogowych umożliwiając odpowiednie modele teoretyczne. Możliwe są również analizy nośności konstrukcji nawierzchni przy różnych warunkach kontaktu międzywarstwowego. W przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych występuje wpływ częstotliwości obciążenia na wartość zespolonego modułu sztywności mieszanki. Niskie częstotliwości, rzędu kilku Hertzów, powodują inną charakterystykę zmiany modułu niż wysokie częstotliwości. Przy częstotliwościach rzędu kilkudziesięciu Hertzów wpływ częstotliwości obciążenia na wartość modułu jest już bardzo mały.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wpływu obciążeń cyklicznych o różnych częstotliwościach na wartości statycznej wytrzymałości na ścinanie połączeń międzywarstwowych mieszanek mineralno-asfaltowych. Badaniom poddano próbki warstwowe z połączeniami z geosyntetyczną warstwą pośrednią oraz bez tej warstwy. Badania statyczne przeprowadzono wg metody Leutnera. Częstotliwości obciążeń cyklicznych dobrano w taki sposób, aby nawiązywały do rzeczywistych prędkości ruchu pojazdów samochodowych, a charakterystykę cyklu obciążenia ustalono tak, aby naprężenia styczne w strefie kontaktu odpowiadały naprężeniom stycznym w konstrukcji nawierzchni od obciążenia kołem pojazdu ciężkiego.

Laboratoryjne badania ścinania połączeń przeprowadzono dla dwóch serii próbek. Seria BK obejmowała próbki wykonane z dwóch warstw różnych mieszanek mineralno-asfaltowych. W połączeniu wprowadzono warstwę szcpełą w postaci emulsji asfaltowej. W serii DK wykonano próbki z tych samych rodzajów MMA, co w serii BK z tą różnicą, że w połączeniu wprowadzono dodatkowo warstwę geosyntetyczną. W poszczególnych seriach przebadano po 24 próbki warstwowe. W każdej serii, grupy próbek poddano najpierw obciążeniom cyklicznym o częstotliwościach: 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz i stałym współczynniku asymetrii cyklu, a następnie badaniom statycznym wg metody Leutnera. Zastosowano obciążenia cykliczne z liczbą cykli 10.000 na próbkę.

Laboratoryjne próbki warstwowe wykonano metodą statyczną uzyskując wymagane wskaźniki zagęszczenia warstw. Wykorzystano dwa rodzaje mieszanki mineralno-asfaltowej. Na warstwę górną próbek użyto mieszankę typu SMA 11

z asfaltem modyfikowanym polimerem typu PMB 45/80-65 w ilości 6.0 %. Na warstwę dolną wykorzystano beton asfaltowy na warstwę wiążącą AC 16 WMS z asfaltem modyfikowanym polimerem typu PMB 25/55-60 w ilości 5.0 %. Warstwę szepną wykonano z emulsji asfaltowej modyfikowanej polimerami. Dla serii BK zastosowano emulsję asfaltową w ilości 0.2 kg/m². Dla serii DK użyto emulsję asfaltową w ilości 0.3 kg/m². W połączeniu zastosowano geosyntetyk z włókien szklanych stosowany do zbrojenia warstw asfaltowych.

Przeprowadzone badania umożliwiły wyznaczenie wytrzymałości/nośności statycznych próbek w poszczególnych seriach. W serii referencyjnej próbki bez geosyntetyku wykazały istotnie wyższe średnie wartości wytrzymałości statycznej niż próbki z geosyntetykiem. Dla połączenia warstwy ścieralnej z wiążącą wymagana jest wartość wynosząca 1.0 MPa przy badaniu w temperaturze 20 °C. Niniejsze badania zostały zrealizowane w znaczenie wyższej temperaturze, powodującej obniżenie wytrzymałości na ścinanie. A zatem należy stwierdzić, iż obydwie serie spełniły wymagania dotyczące wytrzymałości na ścinanie z dużym zapasem.

Zrealizowane badania i analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Stwierdzono występowanie wpływu częstotliwości wstępnego obciążenia cyklicznego na wytrzymałość/nośność statyczną połączeń międzywarstwowych dla obu badanych serii próbek i przyjętych warunków badania.
- Niskie częstotliwości obciążeń cyklicznych powodują istotne obniżenie wytrzymałości/nośności statycznej. Większy wpływ stwierdzono tu dla połączeń z warstwą geosyntetyczną. Obciążenia o wysokiej częstotliwości nie wpływają istotnie na obniżenie wytrzymałości/nośności statycznej. Wpływ obciążeń zanika wraz ze wzrostem częstotliwości.
- Uzyskany charakter wpływu częstotliwości obciążeń cyklicznych jest podobny do prezentowanego w literaturze, w badaniach modułu mieszanek mineralno-asfaltowych.
- Opracowane funkcje aproksymacyjne wskazują wyraźny trend. Jednak w celu uzyskania lepszego dopasowania funkcji konieczne jest prowadzenie dalszych badań na większej liczbie próbek.
- Wnioskiem praktycznym jest zalecenie szczególnej staranności w wykonaniu połączeń międzywarstwowych z geosyntetykiem w miejscach, w których pojazdy poruszają się z niską prędkością.

Received 07.09.2019, Revised 07.09.2019