

# **Wpływ zastosowania betonu asfaltowego o wysokim module sztywności na spękania niskotemperaturowe nawierzchni**

## **STRESZCZENIE**

Rozprawa doktorska dotyczy zagadnienia odporności nawierzchni drogowych wykonanych z wykorzystaniem betonów asfaltowych o wysokim module sztywności (AC-WMS) na powstawanie spękań poprzecznych nawierzchni wywołanych niskimi temperaturami występujących w okresie zimowym w Polsce. Zagadnienie to budziło i nadal budzi wiele wątpliwości w środowisku naukowym, ze względu na twarde asfalty, które są wykorzystywane do produkcji tych betonów asfaltowych. Niniejsza praca doktorska przedstawia wyniki pięcioletnich prac badawczych wykonanych w Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej i składa się z 3 podstawowych części.

Pierwsza część pracy przedstawia wyniki badań laboratoryjnych wykonywanych zarówno na próbkach wykonanych w laboratorium, jak i pobranych w 2012 roku z nawierzchni budowanej autostrady A1. Główna część badań była przeprowadzona na próbkach wykonanych w Laboratorium Drogowym Katedry Inżynierii Drogowej. Wyniki próbek pobranych z nawierzchni autostrady A1 traktowano jako uzupełniające. W laboratorium badano dwa rodzaje mieszanek mineralno-asfaltowych: beton asfaltowy o wysokim module sztywności oraz porównawczo konwencjonalny beton asfaltowy stosowany do warstwy wiążącej. W przypadku betonu asfaltowego o wysokim module sztywności zastosowano trzy rodzaje asfaltów: zwykły 20/30, modyfikowany elastomerem SBS PmB 25/55-60 oraz multigrade 20/30. W konwencjonalnych betonach asfaltowych zastosowano asfalty zwykłe 35/50 oraz 50/70 stosowane powszechnie na terenie Polski.

Druga część pracy zawiera analizy obliczeniowe dotyczące naprężeń termicznych, które powstają w nawierzchni drogowej przy obniżaniu się temperatury. W obliczeniach naprężeń termicznych wykorzystano dwa modele obliczeniowe: Hillsa i Briana, który z powodzeniem od lat wykorzystywany w Katedrze Inżynierii Drogowej oraz Monismitha (Humpreysa – Martina), którego metodyka obliczeniowa została wypracowana w trakcie powstawania pracy doktorskiej. Do każdej z przedstawionych metod obliczeniowych wprowadzono autorskie modyfikacje. Podstawową modyfikacją było zaadaptowanie do obu metod modeli krzywych wiodących modułu sztywności, opisujących zachowanie się betonu asfaltowego pod obciążeniem długotrwałym w niskich temperaturach. Dodatkowo w części obliczeniowej przedstawiono propozycję modyfikacji modeli krzywych wiodących, by mogły one lepiej odwzorowywać zjawiska odstępstwa od zachowania termoreologicznie prostego, zaobserwowane w trakcie badań.

Trzecia część pracy zawiera analizę wyników oceny terenowej odcinków dróg na których zastosowano betony asfaltowe o wysokim module sztywności na terenie Polski oraz porównawczo odcinków dróg, na których zastosowano konwencjonalne betony asfaltowe. Ocenę terenową prowadzono przez trzy kolejne lata od roku 2012 do 2014 na

ponad 30 odcinkach dróg na których zastosowano beton asfaltowy o wysokim module sztywności oraz na ponad 40 odcinkach dróg, na których zastosowano konwencjonalny beton asfaltowy. Odcinki zlokalizowane były na terenie całego kraju, głównie w województwach: podlaskim, dolnośląskim, opolskim oraz wielkopolskim, obejmując zakresem wszystkie strefy przemarzania. W trakcie analiz wykorzystano logitowy model statystyczny do oceny wpływu zastosowania betonów asfaltowych o wysokim module sztywności na ryzyko powstania spękań termicznych. Dodatkowo na wybranych odcinkach zlokalizowanych w województwie podlaskim wykonano pomiary urządzeniem FWD w celu oceny nośności nawierzchni oraz wartości modułów sztywności warstw wykonanych z betonów asfaltowych o wysokim module sztywności.

# **The influence of high modulus asphalt concrete on low temperature cracking of pavements**

## **SUMMARY**

Doctoral Thesis concerns the issue of resistance of asphalt pavements built with the use of High Modulus Asphalt Concrete (Polish abbreviation AC-WMS) to low temperature cracking, which may appear during winter season in Poland. This issue raised and it is still rising many concerns in the scientific community. Main reason was the application of hard grade bitumens in High Modulus Asphalt Concrete. Following doctoral thesis presents results of five-year research program conducted at Department of Highway Engineering of Gdansk University of Technology and consists of three main parts.

The first part of this doctoral thesis covers the results of laboratory tests which were conducted on specimens both laboratory-made and cored out from the pavement of A1 motorway (specimen were cored out in 2012 during construction phase of A1 motorway). The main part of the laboratory tests were made on specimens prepared in Road Research Laboratory of Department of Highway Engineering. Results acquired from A1 motorway pavement were used as a supplementary results only. Two types of mixtures were used during laboratory tests: high modulus asphalt concrete and conventional asphalt concrete for binder course. In the case of high modulus asphalt concrete three different types of bitumen were used: plain 20/30 hard grade bitumen, PmB 25/55-60 SBS elastomer modified bitumen and 20/30 multigrade bitumen. In the case of typical asphalt concrete two commonly used in Poland plain bitumens: 35/50 and 50/70 were used.

The second part of this doctoral thesis covers numerical analyses of thermal stresses induced in asphalt pavement during decreasing of the temperature. Two different approaches were used for numerical calculations: Hills and Brien method, used for years in Department of Highway Engineering and Monismith method, which was adapted and worked out during preparation of this thesis. Methodology of both methods was modified and improved. The most important modification was introducing different stiffness modulus master curve models to describe low temperature behavior of analyzed asphalt concretes in both methods. Additionally major improvement were introduced in master curve models to properly describe observed deviations from thermorheological simplicity.

The third part covers the analyses of data acquired from field investigation of roads constructed with the use of high modulus asphalt concrete and as a comparison with the use of conventional asphalt concretes. Field investigation was conducted in three continuous years from 2012 till 2014. Over 30 road sections with high modulus asphalt concrete and over 40 road sections with typical asphalt concrete were investigated. Road sections were located in the whole area of the country, especially in podlaskie, dolnośląskie, opolskie and wielkopolskie provinces, to cover the full spectrum of frost heave depths. The assessment of the low temperature cracking risk in pavements made

with the use of high modulus asphalt concrete was made using logit statistical model. FWD bearing capacity and inverse calculations of stiffness modulus were additionally assessed for selected road sections with AC-WMS in podlaskie province.