

Jerzy PAWLICKI, František SCHLOSSER

OCENA WŁASNOŚCI DEFORMACYJNYCH MIESZANEK ASFALTOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę pomiaru i obliczania niektórych charakterystyk deformacji mieszanek asfaltowych. Mieszanki badano metodami statycznymi i dynamicznymi. Badanie dynamiczne pozwoliło na określenie modułu zespolonego E^* , natomiast badanie statyczne do obliczenia statycznego modułu pełzania.

VALUATION OF ASPHALT COMPOSITION DEFORMATION CHARACTERISTICS

Summary. In this paper way of measurement and calculation some of characteristics of the asphalt composition deformation is presented. The complex module method has been used to composition fatigue estimation.

1. WPROWADZENIE

Mieszanki asfaltowe tworzą po technologicznej obróbce warstwy konstrukcyjne nawierzchni. Są materiałami termoplastycznymi o lepkosprężystych właściwościach. Bada się je metodami dynamicznymi i statycznymi w warunkach laboratoryjnych na próbkach o kształcie trapezoidu lub prostopadłościanu, a w niektórych przypadkach na waleczkach przy różnych częstotliwościach i temperaturach, co pozwala na sprawdzenie ich reologicznych i deformacyjnych właściwości. Jakość określają charakterystyki wytrzymałościowe i odkształceniowe, które w przypadku wierzchnich warstw nawierzchni podatnych ustala się za pomocą metod projektowych (właściwości deformacyjne) lub z wykorzystaniem normy technologicznej (wytrzymałość)[2,4].

2. METODYKA OCENY ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI DEFORMACYJNYCH

Oceny mieszanek dokonano z zastosowaniem metody modułu statycznego $S_i(t)$ i modułu zespolonego (E^*) w celu sprawdzenia właściwości deformacyjnych przy różnych temperaturach badanej próbki odpowiadającej przyjętej metodyce badawczej. Sprawdzano następujące charakterystyki:

- statyczny moduł pełzania $S_i(t)$ za pomocą badania statycznego swobodnego końca siłą przyłożenia na ramieniu 25 – 100 mm w taki sposób, aby podczas pomiaru nie nastąpiło odchylenie końca od pionowej osi więcej niż 1,0 mm,
- moduł zespolony E^* za pomocą badań dynamicznych przy działaniu siły harmoniczej i różnej częstotliwości.

Stacyjny moduł pełzania pomierzono na trapezoidach (pomiar porównawczy wykonano na próbkach prostopadłościennych), a obliczenia przeprowadzono według wzoru [1]:

$$\bar{S}_{i(t)} = \frac{6 \cdot P_1 \cdot a \cdot L^2}{C \cdot H_1^2 \cdot H_2 \cdot y_1} \text{ [MPa]}, \quad (1)$$

gdzie:

P_1 – siła [N],

L – wysokość próbki [mm],

a – odległość od osi próbki [mm],

y_1 – deformacja swobodnego końca próbki po obciążeniu 1000 s [mm],

C – grubość próbki [mm],

H_1, H_2 – wymiary trapezoidu [m].

Oceny modułu zespolonego dokonano z wykorzystaniem zależności [5]:

$$E_1 = \frac{K_1}{c} \left(\frac{P_0}{y_0} \cos \varphi + m \omega^2 \right) \text{ [MPa]}, \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{K_1}{c} \left(\frac{P_0}{y_0} \sin \varphi \right) \text{ [MPa]}, \quad (3)$$

$$S = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \text{ [MPa]}, \quad (4)$$

$$\varphi = \arctg \frac{E_2}{E_1} \text{ [}^\circ\text{]}, \quad (5)$$

gdzie:

y_0 – maksymalna amplituda ugięcia swobodnego końca próbki [m],

P_0 – maksymalna amplituda siły wzbudzającej [N],

φ – kąt fazowy przesunięcia siły i ugięcia [°],

ω – częstotliwość kątowa drgania wymuszonego [s^{-1}],

m – masa drgającego materiału [kg].

3. WYNIKI POMIARÓW

3.1. Pomiary mieszanek

Pomiary wykonano dla mieszanek, które obecnie można uznać za „klasyczne” przy użyciu tradycyjnych materiałów budowlanych, lepiszczy i mieszanek z modyfikowanymi lepiszczami i emulsjami. Sprawdzane mieszanki typu ABS, ABVH, AKMS były pobrane z ułożonych nawierzchni i następnie przygotowane w laboratorium. Zbadano również mieszanki typu Multimac, które opracowano na potrzeby laboratoryjne z emulsji – próbki sformowano 3 tygodnie i 4 miesiące po wyprodukowaniu. Wyniki badań przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Przykład oceny mieszanek

Mieszanka	Temperatura [°C]	Częstotliwość [Hz]	Moduł zespolony [MPa]			φ [°]	Si(t) [MPa]
			E ₁	E ₂	E* (S)		
AKMSp, APOLLOBIT	40	8,3	344	254	430	36,3	20,5
	27	8,3	1469	982	1769	33,6	32,4
	11	8,3	4684	2096	5139	24,1	88,4
	0	8,3	5432	1726	5587	17,7	376,4
AKMSn, APOLLOBIT	40	8,3	357	288	459	38,7	25,9
	27	8,3	1655	1030	1951	31,6	50,5
	11	8,3	4810	2132	5261	23,9	130,2
	0	8,3	6771	2390	7180	19,4	412,9
AKMSn, APOLLOBIT	0	5	6080	2312	6505	20,2	412,9
	0	8,3	6771	2390	7180	19,4	412,9
	0	10	7217	2413	7612	18,6	412,9
	0	15	7562	2420	7942	17,8	412,9
Multimac A (3 tyg.)	11	8,3	789	293	842	26,1	5,9
Multimac B (3 tyg.)	11	8,3	590	354	688	30,6	10,4
Multimac A (4 mies.)	11	8,3	777	377	864	26,0	14,1
Multimac B (4 mies.)	11	8,3	912	525	1053	16,7	14,5
Multimac B (4 mies.)	11	5	813	316	874	23,3	14,5
	11	8,3	912	525	1053	16,7	14,5
	11	10	1023	423	1106	18,6	14,5
	11	15	1189	502	1293	21,5	14,5

Źródło: [3]

Uwaga: 3 tyg. – pomiar po 3 tygodniach od wykonania próbek; 4 mies. – pomiar po 4 miesiącach od wykonania próbki

3.2. Moduł statyczny

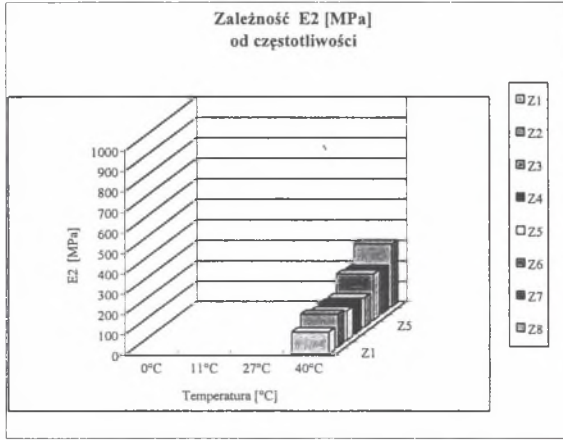
Moduł statyczny wykorzystano do oceny jako badanie uzupełniające. Przedstawione dla przykładu w tablicy 1 wyniki dotyczą mieszanek obciążonych ruchem (symbol „p”) i nieobciążonych (symbol „n”). Pomiar przeprowadzono w temperaturze + 11°C, co jest zgodne z wymaganiami przygotowywanej obecnie dla modułu zespolonego normy europejskiej. Wartość modułu nie ulega zmianie przy wpływach wywołanych podczas badań dynamicznych.

Wyraźnie niższe wartości zauważono w badaniach mieszanek Multimac, które stosuje się jako cienkie warstwy przy naprawach nawierzchni i są realizowane na bazie emulsji. Wartości zależą od temperatury i były sprawdzane przy obciążeniu wolnego końca (1000 s) i odciążaniu (1000 s). Pomierzone dane wyrażają wpływ temperatury na wynikowe parametry ocenianych mieszanek – wraz z narastającą wartością temperatury obniża się wynikowa wartość modułu statycznego.

3.3. Moduł zespolony

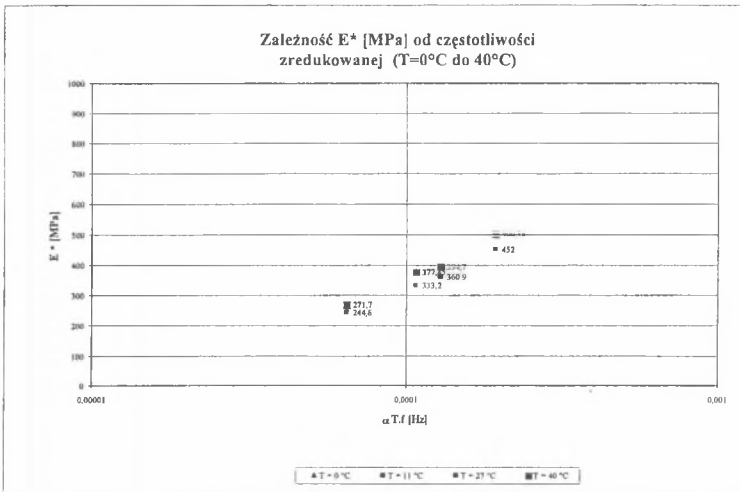
Pomiary były wykonane przy harmonicznie działającej sile z amplitudą odkształcenia wolnego końca $\pm 0,1$ mm. Ocenę pomiarów w temperaturach 0°C, + 11°C, +27°C, + 40°C i różnych częstotliwościach przedstawiono w tablicy 1. Wielkości parametrów deformacji uzyskano z użyciem wzorów (2) do (5).

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań zmian plastycznej części modułu zespolonego przy różnych częstotliwościach, wykonanych na próbkach obciążonych i nieobciążonych.



Rys.1. Schemat zmiany urojonej części modułu zespolonego ($Z_1=Z_5=5$ Hz; $Z_2=Z_6=8,3$ Hz; $Z_3=Z_7=10$ Hz; $Z_4=Z_8=15$ Hz)

Fig.1. Schema of imaginary part of a complex modulus changing ($Z_1=Z_5=5$ Hz; $Z_2=Z_6=8,3$ Hz; $Z_3=Z_7=10$ Hz; $Z_4=Z_8=15$ Hz)



Rys.2. Ocena mieszanek przy różnych częstotliwościach obciążenia

Fig.2. Valuation of deformation according to various load frequencies

3.4. Główne krzywe

Sposób oceny według głównych krzywych pokazano na rysunku 2. Przedstawia on zmianę wartości modułu zespolonego przy wprowadzeniu stałej gazowej. Z przeprowadzonych badań wynika między innymi:

- Właściwości deformacyjne mieszanek asfaltowych zależą od częstotliwości podczas badań dynamicznych - wartości wzrastają wraz ze wzrostem częstotliwości siły wzbudzającej (w zależności od temperatury).
- Badania modułu zespolonego E^* wykonane w temperaturze $+40^\circ\text{C}$ pokazują, że E^* wzrasta wraz ze wzrostem częstości drgań. Podczas poprzednich pomiarów

4. WNIOSKI

- Przebiegi głównej krzywej poszczególnych mieszanek umożliwiają porównanie wyników otrzymanych z pomiaru przy zmianie parametrów (wartość siły, prędkość działania, zmiana częstotliwości przy badaniu i inne) dla klasycznych mieszanek i dla warstw wykończeniowych.
- Przesunięcie fazowe ulega zmianie przy różnych częstotliwościach i temperaturach; wpływ zmiany częstotliwości przy obciążaniu jest mniejszy w warunkach jednakowej temperatury badania niż przy różnych temperaturach badania próbki.
- Częstotliwość siły wzbudzającej powoduje zmianę modułu E^* , który jest istotnie zależny od pomiaru w określonej temperaturze.
- Przyrost sprężystego składnika modułu zespolonego (E_1) jest w badanych mieszankach wyższy niż przyrost części plastycznej (E_2); powoduje to nieregularność zmiany przesunięcia fazowego.

Literatura

1. Pawlicki J., Schlosser F.: Badanie dynamiczne mieszanek asfaltowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 43, Gliwice 2001, s. 87-92.
2. Pawlicki J., Schlosser F.: Wpływ zmiennych obciążeń na wytrzymałość zmęczeniową i odkształcalność nawierzchni asfaltowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 41, Gliwice 2000, s. 201-208.
3. Schlosser F.: Hodnotenie deformačných vlastností asfaltových zmesí podľa hlavnej krivky. Zborník seminára Q-2002, ŽU, Žilina 15-16.05.2002, s. 170-176.
4. Schlosser F.: Skúšanie asfaltových zmesí metódou E^* . Zborník Poznatky z Kongresu EURASPHALT 2000, Slovenská asociácia pre asfaltové vozovky, Stará Lesná, 2001, 1.-2.3.2001, s.53-58.
5. Sobotka Z.: Teorie plasticity a mezních stavu stavebních konstrukcí I. Nakladatelství ČSAV, Praha 1954.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

Way of measurement and calculation some of characteristics of asphalt composition deformation are presented in this paper. This components, which have got viscoelastic material features, have been examined with static and dynamic methods. With dynamic examination the E^* complex module has been defined. The complex module method has been used to composition fatigue estimation.