

Jerzy PAWLICKI
František SCHLOSSER

WPLYW ZMIENNYCH OBCIĄŻEŃ NA WYTRZYMAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ I ODKSZTAŁCALNOŚĆ NAWIERZCHNI ASFALTOWEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono problematykę zmęczenia i odkształcalności mieszanek asfaltowych pod wpływem wielokrotnych okresowo zmiennych obciążeń. Pomiary wykonano w warunkach laboratoryjnych metodą statyczną i dynamiczną.

EFFECT OF CHANGING LOADS ON ASPHALT SURFACE FATIGUE LIMIT AND DEFORMABILITY

Summary. The problems connected with asphalt composition fatigue and deformability under influence of multiple and periodically changing loads are presented in this paper. Measurements were made in laboratory environment with static and dynamic method.

1. WPROWADZENIE

Badanie trwałości i niezawodności nawierzchni asfaltowych można sprowadzić do dwóch typów grup [1]:

- dobór składu i struktury mieszanki mineralno-asfaltowej;
- określenie wpływu czynników zewnętrznych na zmiany właściwości eksploatacyjnych.

Badania te powinny określać między innymi strukturę warstw nawierzchni, przyczepność kół, wytrzymałość zmęczeniową, odporność na powstawanie odkształceń.

W Polsce stosuje się trzy zasadnicze sposoby utrzymywania jezdni drogowych [9]: naprawę cząstkową, powierzchniowe utwalenie zapobiegawcze i odnowę. W pierwszym przypadku naprawy wykonuje się masami mineralno-bitumicznymi o składzie zbliżonym do składu jezdni.

Drobne ubytki i zmiany będące konsekwencją starzenia się lepiscza górnej powierzchni warstwy ścieralnej regeneruje się poprzez powierzchniowe utwalenie.

W przypadku odnowy prowadzi się następujące rodzaje robót:

- stosuje się pojedyncze lub podwójne powierzchniowe utwalenie (ruch lekki do średniego),
- układa się cienkie dywaniki mineralno-bitumiczne z dużą zawartością grysów (ruch lekko-średni do ciężkiego),
- wykonuje się nowe warstwy ścieralne z mas bitumicznych o zawartości kruszyw łamanych > 60%.

Wytrzymałość zmęczeniowa mieszanek mineralno-asfaltowych stanowi ważny czynnik decydujący o długości życia całej konstrukcji nawierzchni. Przez wytrzymałość zmęczeniową rozumie się maksymalne naprężenie, jakie może przenieść próbka materiału nie ulegając zniszczeniu po założonej liczbie cykli obciążeń lub odkształceń [6].

Przy wykonaniu prac związanych z utrzymaniem i rekonstrukcją nawierzchni potrzebne są:

- znajomość stanu warstwy ścieralnej, na której masa bitumiczna jako komponent lepko-sprężysty będzie układana,
- dobranie składu i użytych materiałów mieszanki zgodnie z wymaganiami jakościowymi [2, 4, 5, 7],
- uwzględnienie możliwości technologicznych i ekonomicznych wykonawcy i inwestora.

Badanie wpływu obciążeń dynamicznych na wartość odkształceń względnych przy stałej wartości powtarzającego się naprężenia wykazały, że trwałość zmęczeniowa jest zależna od temperatury i częstotliwości i zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury [3].

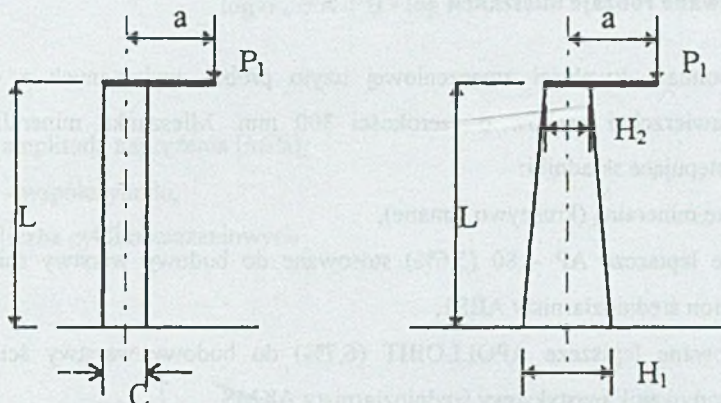
2. PRZYGOTOWANIE I PROOWADZENIE EKSPERYMENTU

2.1. Opis metody badań

Do pomiaru i oceny odkształcalności mieszanki asfaltowej można przeprowadzić badania statyczne i dynamiczne. Metody dynamiczne lepiej odzwierciedlają rzeczywiste działanie sił zewnętrznych oraz wywołane nierównością jezdni drganie (w przedziale 6-20 Hz) poruszającego się pojazdu.

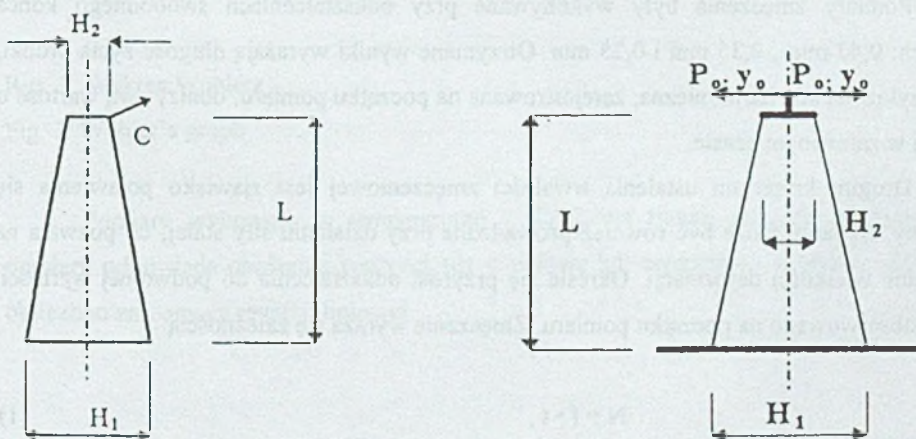
Do pomiaru odkształcalności stosowane są próbki w kształcie prostopadłościanu ($50 \times 50 \times 300$ mm) lub trapezoidu ($H_1 = 70$ mm , $H_2 = 30$ mm , $L = 300$ mm), na których określa się wartości modułów:

- statycznego - badanie quasi-statyczne przy obciążeniu i odciążeniu swobodnego końca próbki w czasie 1000 sekund,
- zespolonego - badanie dynamiczne przy obciążaniu harmonicznie zmienną siłą i odkształceniem swobodnego końca próbki o 0,1 mm.



Rys. 1. Schemat pomiaru modułu statycznego

Fig. 1. Schema of static module measurement



Rys. 2. Schemat pomiaru modułu zespolonego i zmęczenia

Fig. 2. Schema of compound and fatigue module measurement

Dla obliczenia statycznego modułu odkształcania decydujące znaczenie ma wartość ugięcia w czasie 1000 sekund, natomiast wytrzymałość zmęczeniową ustala się przez przyłożenie siły harmonicznie zmiennej przy co najmniej trzech różnych odchyłkach swobodnego końca próbki (rys. 1 i 2).

Badania statyczne i dynamiczne prowadzono w temperaturze 0°C, + 11°C, + 27°C oraz, w celu ustalenia wpływu temperatury na wartość modułu sprężystości wybranych mieszanek, w temperaturze + 40°C.

2.2. Zastosowane rodzaje mieszanek

Do pomiaru trwałości zmęczeniowej użyto próbek wykonanych z wyciętych z istniejącej nawierzchni pasków o szerokości 300 mm. Mieszanka mineralno-asfaltowa zawierała następujące składniki:

- mieszanekę mineralną (kruszywo łamane),
- klasyczne lepiszcze AP - 80 (5,6%) stosowane do budowy warstwy ścieralnej typu asfaltobeton średnioziarnisty ABS1,
- modyfikowane lepiszcze APOLLOBIT (6,7%) do budowy warstwy ścieralnej typu asfaltowy dywanik mastyksowy średnioziarnisty AKMS,
- modyfikowane lepiszcze APOLLOPLAST, stosowane w niższych warstwach jezdni.

2.3. Badanie wytrzymałości zmęczeniowej

Pomiary zmęczenia były wykonywane przy odkształceniach swobodnego końca równych: 0,45 mm, 0,35 mm i 0,25 mm. Otrzymane wyniki wyrażają długość życia próbki, gdy przyłożona siła harmoniczna, zarejestrowana na początku pomiaru, obniży swą wartość o połowę w założonym czasie.

Drugim kryterium ustalenia trwałości zmęczeniowej jest zjawisko pojawienia się szczeliny. Badanie może być również prowadzone przy działaniu siły stałej, co pozwala na określenie wielkości deformacji. Określa się przyrost odkształcenia do podwójnej wartości, jaką zaobserwowano na początku pomiaru. Zmęczenie wyraża się zależnością:

$$N = f \cdot t, \quad (1)$$

gdzie:

N - liczba cykli,

f - częstotliwość [s^{-1}],

t - czas [s].

Liczba cykli na wykresie Wöhlera (rys. 3), przy której wartość przyłożonej siły obniży się o połowę, wyraża żywotność mieszanki. Zależność ta ma postać

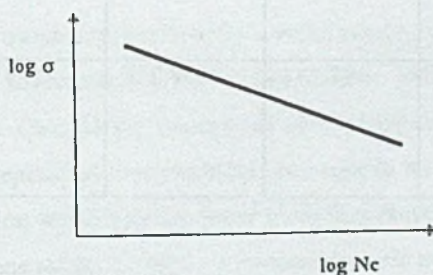
$$\log \sigma_0 = A + B \cdot \log N_i, \quad (2)$$

gdzie:

σ_0 - amplituda naprężenia [MPa],

A, B - współczynniki,

N_i - liczba cykli obciążeniowych.



Rys. 3. Wykres Wöhlera

Fig. 3. Wöhler's graph

Pomiary wykonano w temperaturze $+27^{\circ}\text{C}$ dla trzech różnych odchyłek. Czas pomiaru odpowiada obniżeniu wartości siły o połowę lub wynosił 6 - 8 godzin. Zmęczenie obliczono za pomocą regresji liniowej.

Tablica 1

Wyniki pomiarów wybranych mieszanek

Rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej	Odształcenia końca próbki y [mm]	Temperatura [° C]	Współczynniki		Liczba cykli N_i
			A	B	
Warstwa ścieralna					
ABS1	0,345 ; 0,27; 0,21	27	816,54	-105,6	$7,31 \cdot 10^3$
AKMS	0,345; 0,27; 0,21	11 0	518,6 416,3	-39,38 -22,9	$3,85 \cdot 10^6$ $1,2 \cdot 10^9$
AKMS („1-98”)	0,7; 0,35; 0,35	27	740,407	-50,238	$2,339 \cdot 10^7$
AKMS 2 („1-98”)	0,7; 0,35; 0,25	27	901,14	-75,327	$9,584 \cdot 10^5$
Dolne warstwy jezdni					
ABVH- I (AP- 80)	0,35; 0,15	27	617,72	-77,15	$1,01 \cdot 10^4$
ABVH (APOLLOBIT)	0,45; 0,35; 0,25	27	1058,2	-75,15	$1,09 \cdot 10^7$

Źródło: [8]

3. POMIAR ZESPOLONEGO MODUŁU SZTYWNOŚCI

Według zaleceń SHRP (Strategic Highway Research Program), moduł zespolony E^* należy wyznaczyć w badaniach dynamicznych przy sinusoidalnym obciążeniu próbek w szerokich przedziałach zmian częstotliwości i temperatury [6].

W przeprowadzonym doświadczeniu [10] próbkę obciążono zmienną siłą z częstotliwością 5 Hz, 8,33 Hz, 10 Hz i 15 Hz przy stałych amplitudach przemieszczania $y = \pm 0,1$ mm oraz $y = \pm 0,25$ mm w temperaturze 11°C (rys. 2). Zespolony moduł sztywności wyraża związek, jaki zachodzi pomiędzy maksymalną amplitudą naprężenia wzbudzającego σ_0 , wywołanym przez to naprężenie odształceniem ϵ_0 oraz kątem przesunięcia fazowego między tymi wielkościami. Część rzeczywista modułu E^* (E_1) charakteryzuje sprężyste własności mieszanki, część urojona – lepkość (tablica 2).

Tablica 2

Wyniki pomiaru modułu zespolonego i kąta przesunięcia fazowego przy $y=0,1$ mm (0,25 mm)

Temperatura [°C]	Częstotliwość [Hz]	E_1 [MPa]	E_2 [MPa]	E^* [MPa]	ϕ [°]
11	8,33	8905,31 (5712,36)	3638,96 (2115,18)	9623,37 (6096,44)	22,2 (20,0)
11	10,0	8728,67 (6923,18)	6289,34 (2449,43)	10769,0 (7352,01)	35,74 (19,6)
11	11,66	8535,59 (7356,27)	8381,29 (3169,36)	11993,70 (8018,37)	44,68 (23,14)
11	15,0	6988,47 (7413,70)	14078,60 (7536,0)	15761,60 (10635,35)	63,49 (45,2)

Źródło: [10]

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonych pomiarów wynika między innymi:

- Stosowanie klasycznych i modyfikowanych asfaltów w mieszankach ma swoje uzasadnienie. Okazało się bowiem, że przy odpowiednio dobranym składzie (kombinacja kruszywa i lepiszcza) korzystniejsze, ze względu na odporność na powstawanie trwałych deformacji, jest stosowanie lepszych modyfikowanych.
- Modyfikowane asfalty zwiększają mrozodporność mieszanki.
- Wartości współczynników są inne niż to stanowi norma. Nizsze wartości wyrażają lepszą wytrzymałość zmęczeniową. Fakt ten ma duże znaczenie praktyczne - wydłuża eksploatacyjną wydajność nawierzchni.
- Przy zwiększaniu częstotliwości zmiennego obciążenia wzrasta wartość zespolonego modułu sztywności dla obu wartości.

Literatura

1. Grabowski W.: Struktura betonu asfaltowego i jej zmiany w nawierzchni drogowej. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, ser. Rozprawy nr 187, Poznań 1987.

2. Čorej J.: Teoretické otázky zlepšovania prevádzkovej spôsobilosti cestných vozoviek. Záverečná sprava grantovej úlohy I/3127/96, Žilina 1999.
3. Kukułka J., Szydło A.: Projektowanie i budowa dróg. WKŁ, Warszawa 1986.
4. Pawlicki J., Schlosser F.: Kontrola jakości w drogownictwie. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, ser. Transport, z. 38, Gliwice 1999.
5. Pawlicki J.: Kvalita stavebných prác v regióne Sliezskej správy ciest. Seminár s medzinárodnou účasťou „Kvalita, normy a technické predpisy v cestnom staviteľstve”, Žilinská univerzita, Žilina 4-5.02.1999, s.241-250.
6. Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: Materiały drogowe i nawierzchnie asfaltowe. Politechnika Białostocka, Politechnika Warszawska, Białystok – Warszawa 1995.
7. Schlosser F.: Systém kontroly kvality v SSC. Materiály Konferencyjne seminarium nt. „Kvalita, normy a technické predpisy v cestnom staviteľstve”, Žilinska univerzita, Žilina, 4-5 luty 1999, s. 78 – 88.
8. Schlosser F.: Únava krytov asfaltových vozoviek. Seminar „Technológie údržby ciest”, Žilinska univerzita, Žilina, 3-4 maja 2000, s. 138-142.
9. Stypułkowski B., red.: Zagadnienia utrzymania i modernizacji dróg i ulic. WKŁ, Warszawa 1995.
10. Tiefenbacher J.: Hodnotenie deformačných vlasností asfaltovej zmesi pri rôznej frekvencii zatáženía. Seminar „Technológie údržby ciest”, Žilinska univerzita, Žilina, 3-4 maja 2000, s. 135-137.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

The fatigue has decisive influence on surface persistence. It consists in gradual destruction of top layer of surface under influence of vehicle wheels loads. The problems connected with asphalt composition fatigue and deformability under influence of multiple and periodically changing loads are presented in this paper. Measurements were made in laboratory environment with static and dynamic method.