

Jarosław Rajczyk, Zbigniew Respondek, Zbigniew Rajczyk

SPOSÓB OCENY WŁAŚCIWOŚCI LEPKOSPĘŻYSTYCH ASFALTOBETONU

Jednym z parametrów charakteryzujących asfaltobeton jest moduł sztywności pełzania. W przypadku materiałów sprężystych moduł Younga jest tylko w niewielkim stopniu zależny od czasu działania obciążenia. Asfaltobeton jest materiałem o właściwościach lepkospężystych, co sprawia, że moduł sztywności jest zależny od takich czynników, jak: czas działania obciążenia, szybkość jego przyrostu, wymiary próbki. Ważne jest więc takie określenie warunków badań instrumentalnych, aby wyniki ich były porównywalne. Zbyt mała sztywność mieszanki może być jedną z przyczyn występowania kolein, natomiast nawierzchnie zbyt sztywne mogą być podatne na pękanie w niskich temperaturach [1, 2].

Do niedawna badanie modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym było powszechnie stosowane jako uzupełniające badanie przy projektowaniu zawartości lepiszcza w mieszankach mineralno-asfaltowych (MMA) metodą Marshalla dla nawierzchni dróg kategorii KR3-KR6 [3]. Obecnie oznaczanie modułu sztywności nie jest obowiązkowe przy projektowaniu, jednak niewątpliwie zalety tego badania pozwalają na jego zastosowanie w pracach badawczo-rozwojowych i do oceny właściwości lepkospężystych próbek asfaltobetonowych wyciętych z eksploatowanych nawierzchni.

1. Procedura oznaczania modułu sztywności

Jednolita procedura badania modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym została opracowana przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Instrukcja [4] zaleca badanie próby złożonej z czterech próbek badawczych w kształcie walca. Badaniu mogą podlegać:

- próbki wytworzone laboratoryjnie,
- próbki formowane i zagęszczane sprzętem laboratoryjnym z mieszanki wytworzonej w warunkach przemysłowych,
- próbki wycięte z nawierzchni.

W dwóch pierwszych przypadkach zaleca się, aby próbka miała średnicę 101 ± 2 mm i wysokość 100 ± 3 mm oraz nie zawierała ziaren kruszywa większych niż

31,5 mm. W przypadku próbek wyciętych z nawierzchni próbka może składać się z jednej lub kilku warstw. Jej średnica powinna wynosić 95 ± 105 mm, maksymalna wysokość próbki 103 mm, natomiast minimalna wysokość:

- 30 mm, jeżeli średnica największych ziaren kruszywa nie przekracza 12,8 mm,
 - 40 mm, jeżeli średnica największych ziaren kruszywa nie przekracza 20 mm,
 - 60 mm, jeżeli średnica największych ziaren kruszywa nie przekracza 31,5 mm,
- z tym, że w przypadku badania próbek mniejszych niż 100 mm wynikowy moduł sztywności należy pomnożyć przez określony w instrukcji współczynnik korygujący.

Instrukcja określa szczegółowo następujące procedury:

- przygotowanie mieszanki mineralno-asfaltowej w warunkach laboratoryjnych,
- formowanie i zagęszczanie próbek z mieszanki wytworzonej laboratoryjnie,
- formowanie i zagęszczanie próbek z mieszanki wytworzonej przemysłowo,
- przygotowanie próbek do badań obejmujące: warunki przechowywania, oznaczenie gęstości strukturalnej, polerowanie płaszczyzn czołowych, kontrolę wymiarów oraz umieszczenie próbki w komorze termostaticznej w temperaturze 40°C na $4 \div 5$ godzin przed badaniem.

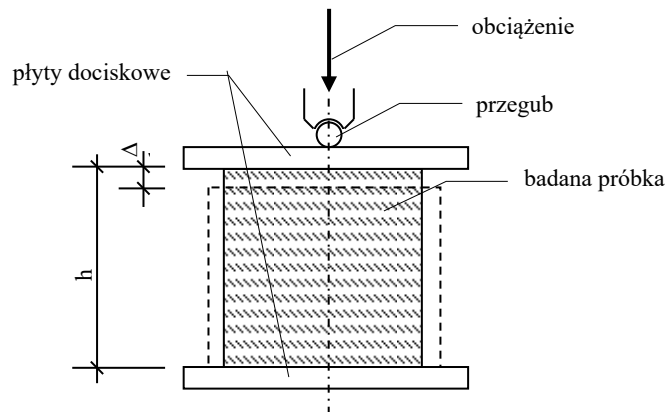
Właściwy pomiar polega na umieszczeniu próbki między płytami dociskowymi aparatu do badania pełzania i poddaniu jej obciążeniu siłą statyczną stałej wielkości. Schemat badania przedstawiono na rysunku 1. Mierzoną wielkością jest osiadanie próbki Δh po danym czasie. Ujednolicone są: temperatura w komorze urządzenia ($40 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$), wielkość naprężenia badawczego ($0,1 \text{ MPa} \pm 3\%$), wielkość naprężenia wstępnego ($0,0015 \text{ MPa} \pm 3\%$) oraz czas działania naprężenia badawczego ($1 \text{ h} \pm 5 \text{ s}$). Wynikiem pojedynczego pomiaru jest odkształcenie jednostkowe:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} 100, \% \quad (1)$$

gdzie:

Δh - osiadanie po danym czasie obciążenia lub odciążenia,

h - wysokość pierwotna próbki.



Rys. 1. Schemat oznaczania modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym

a) Wynikiem pomiaru odkształcenia jednostkowego próby jest średnia arytmetyczna z czterech próbek sporządzonych z tej samej mieszanki. Jednak jeżeli jeden z wyników pojedynczego pomiaru odbiega od średniej więcej niż o 15%, za wynik uznaje się średnią z trzech pozostałych próbek.

Moduł sztywności pełzania oblicza się ze wzoru:

$$M_s = \frac{\delta_0}{\varepsilon_{\max}}, \text{ MPa} \quad (2)$$

gdzie:

δ_0 - naprężenie ściskające, równe 0,1 MPa,

ε_{\max} - odkształcenie jednostkowe po 1 h obciążenia próbki (ułamek dziesiąty).

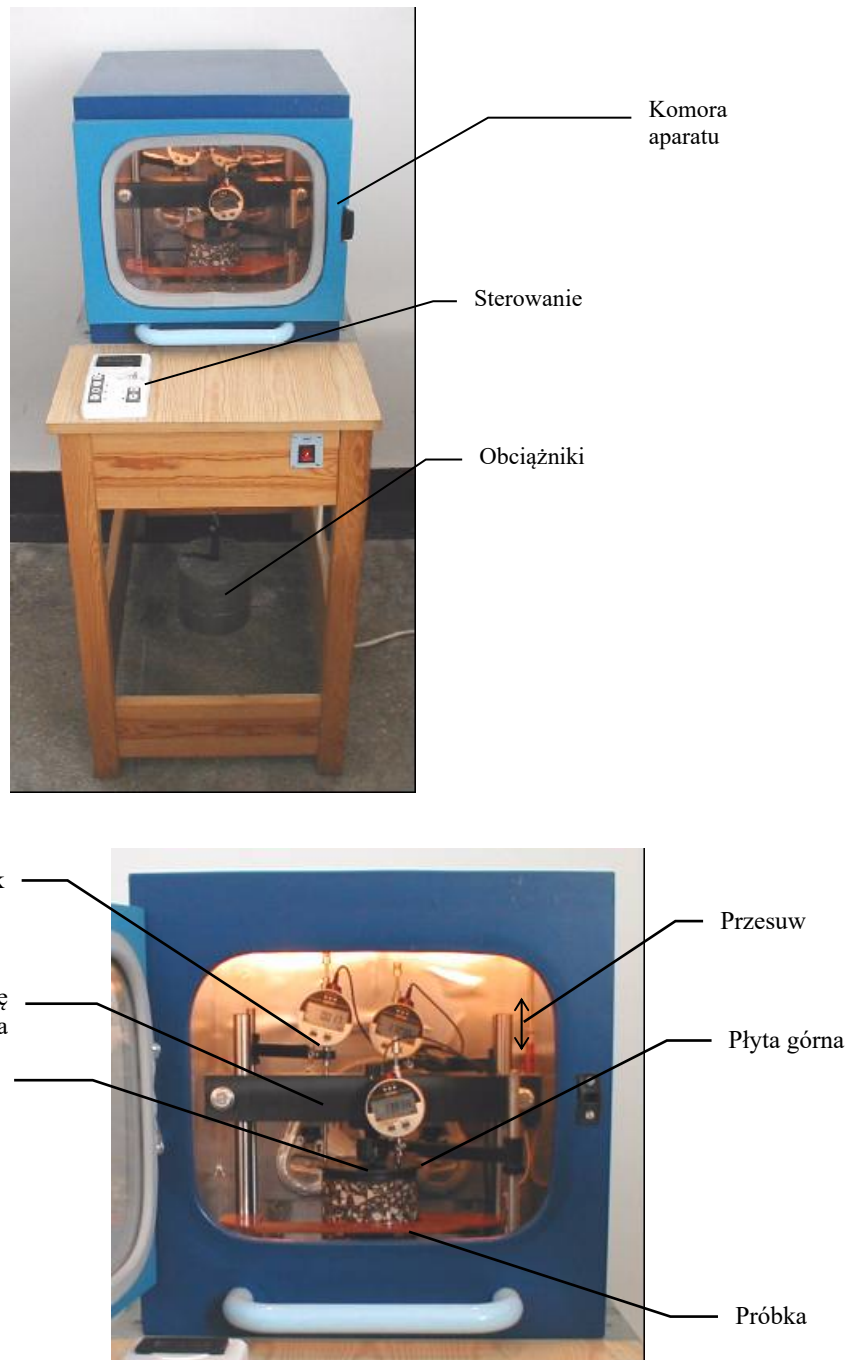
Uzupełniającym wynikiem badania jest wykreślenie krzywych pełzania. W tym celu należy wykonać odczyty osiadania nie tylko po 1 h obciążenia próbki, ale również w wybranych odstępach czasu w czasie obciążenia i po jego zdjęciu. Instrukcja [4] zaleca odczyty po 15, 30, 90 s oraz 2, 3, 5, 10, 20, 30, 60 min oraz po takich samych czasach od zdjęcia obciążenia.

2. Badanie modułu sztywności aparatem AP-3

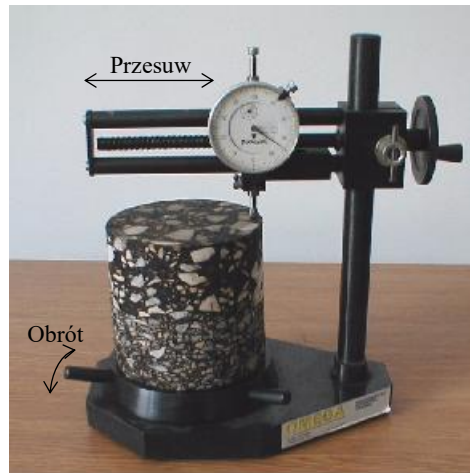
Jednym z przyrządów do badania modułu sztywności jest aparat AP-3. Na rysunku 2 przedstawiono aparat z opisem podstawowych elementów jego konstrukcji. Aparat posiada elektroniczny system sterowania układu dźwigni przykładających i zdejmujących obciążenie i termostat umożliwiający utrzymanie zadanej temperatury. Wyskalowane obciążniki, stanowiące wyposażenie aparatu, zakładane są ręcznie. Do odczytu przemieszczenia służą trzy mierniki umieszczone na obwodzie górnej płyty dociskowej w odległościach 120°. Aparat jest sprzężony z programem komputerowym umożliwiającym automatyczne dokonywanie odczytów i archiwizowanie danych.

Bezpośrednie przygotowanie próbek do badań obejmuje:

- wypolerowanie górnej i dolnej płaszczyzny próbki na polerze obrotowej za pomocą tarczy diamentowej lub korundowej; czynność tę wykonuje się na mokro (chłodzenie tarczy i usuwanie startego materiału),
- pomiar wysokości próbki i równoległości płaszczyzn; pomiaru dokonuje się za pomocą przyrządu pokazanego na rysunku 3, dokładna procedura pomiaru opisana jest w instrukcji [3]; przeszlifować ponownie lub odrzucić należy próbki, których różnica między największą a najmniejszą wysokością wzdłuż tworzącej przekracza 2% lub środkowa część płaszczyzny próbki posiada wybrzuszenie większe niż 0,2 mm,
- termostatowanie w temperaturze 40°C przez okres 4÷5 godz.



Rys. 2. Aparat AP-3: a) widok ogólny; b) komora aparatu



Rys. 3. Przyrząd do pomiaru wysokości próbki i równoległości płaszczyzn

Wykonanie badania próbki obejmuje następujące czynności:

- zaprogramowanie w systemie komputerowym przebiegu badania i danych dotyczących próbki, w szczególności zadanie temperatury i czasów odczytu przemieszczenia,
- włączenie ogrzewania komory aparatu do czasu osiągnięcia stałej temperatury,
- wyjęcie próbki z termostatu, pokrycie jej powierzchni mieszaniną talku i wazeliny (w celu zmniejszenia tarcia z płytami aparatu), umieszczenie próbki w odpowiednim miejscu między płytami dociskowymi w komorze aparatu,
- zadanie obciążenia wstępnego przez czas potrzebny do ustabilizowania się odczytów na miernikach,
- zdjęcie obciążenia wstępnego, zadanie obciążenia badawczego (0,8 kN) i włączenie opuszczania dźwigni aparatu,
- system automatycznie odczytuje moment przyłożenia obciążenia i rozpoczyna rejestrację wskazań mierników po upływie zaprogramowanych odstępów czasu,
- po 1 h zdjęcie obciążenia przez podniesienie dźwigni aparatu; system pomiarowy automatycznie rejestruje moment odciążenia i odczytuje wskazania mierników po upływie zaprogramowanych odstępów czasu po odciążeniu.

3. Przykładowe wyniki

Zamieszczone poniżej przykładowe wyniki badań przedstawiają wpływ zastosowania asfaltu modyfikowanego na moduł sztywności pełzania.

Badano dwie próbki uformowane w warunkach laboratoryjnych według przygotowanej wcześniej recepty, w której przewidziano zawartość asfaltu w MMA 5,6%. Do wytworzenia próbki porównawczej użyto asfaltu drogowego D35/50, który w dru-

giej próbce zastąpiono asfaltem modyfikowanym elastomerem termoplastycznym o nazwie handlowej OLEXOBIT 30B.

Badanie przeprowadzono według opisanej wcześniej procedury. Wyniki badań w postaci tabelarycznej i wykresów odkształcenia w funkcji czasu przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na rysunku 4.

TABELA 1

Wyniki badania odkształcenia próbki z asfaltem D35/50

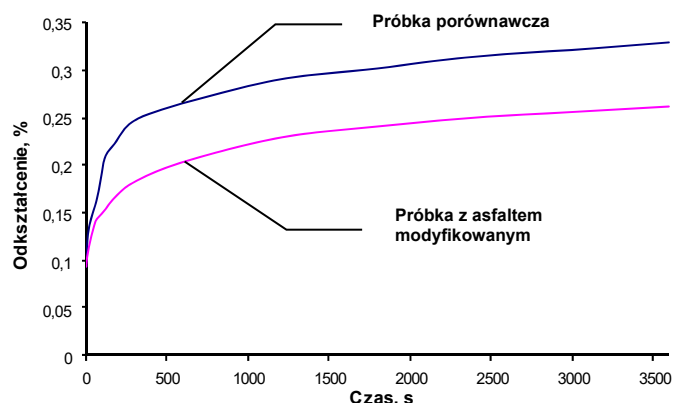
Czas, s	Przesunięcie Δh , mm				Odkształcenie ϵ , %
	Miernik 1	Miernik 2	Miernik 3	Średnia	
4	0,078	0,078	0,084	0,080	0,093
8	0,091	0,092	0,099	0,094	0,109
15	0,105	0,105	0,113	0,108	0,125
30	0,118	0,119	0,127	0,121	0,141
60	0,131	0,127	0,145	0,134	0,157
90	0,151	0,149	0,165	0,155	0,180
120	0,172	0,168	0,190	0,177	0,208
180	0,190	0,183	0,201	0,191	0,223
300	0,215	0,205	0,220	0,213	0,247
600	0,226	0,214	0,242	0,227	0,266
1200	0,245	0,226	0,270	0,247	0,291
1800	0,250	0,240	0,281	0,257	0,302
2400	0,265	0,245	0,292	0,267	0,315
3000	0,271	0,248	0,301	0,273	0,322
3600	0,275	0,259	0,307	0,280	0,330

TABELA 2

Wyniki badania odkształcenia próbki z asfaltem modyfikowanym

Czas, s	Przesunięcie Δh , mm				Odkształcenie ϵ , %
	Miernik 1	Miernik 2	Miernik 3	Średnia	
4	0,078	0,078	0,080	0,079	0,093
8	0,084	0,084	0,086	0,085	0,100
15	0,091	0,087	0,095	0,091	0,108
30	0,101	0,097	0,105	0,101	0,120
60	0,115	0,111	0,125	0,117	0,140
90	0,123	0,117	0,130	0,123	0,147
120	0,128	0,120	0,136	0,128	0,153
180	0,139	0,131	0,147	0,139	0,166
300	0,153	0,145	0,161	0,153	0,182
600	0,169	0,163	0,180	0,171	0,204
1200	0,195	0,183	0,201	0,193	0,229
1800	0,205	0,193	0,211	0,203	0,241
2400	0,212	0,204	0,218	0,211	0,251

3000	0,215	0,207	0,225	0,216	0,256
3600	0,219	0,211	0,231	0,220	0,262



Rys. 4. Wykresy odkształcenia badanych próbek

Dane geometryczne próbek oraz wyniki obliczeń modułu sztywności według wzoru (2) przedstawiono w tabeli 3. Wyniki badań wykazały wzrost modułu sztywności pełzania próbki z asfaltem modyfikowanym o 24,4% w stosunku do próbki porównawczej.

TABELA 3

Zestawienie wyników badań

Asfalt	Wysokość próbki mm	Współczynnik korekcyjny W_k	Odkształcenie %	Moduł sztywności M_s , MPa
Asfalt D35/50	87	1,05	0,320	32,8
Asfalt modyfikowany	85	1,07	0,262	40,8

Wnioski

Badanie modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym pozwala na bezpośrednie i dokładne określenie właściwości lepkosprężystych asfaltobetonu. Zaletą tego badania jest również możliwość analizy historii odkształcenia próbki zarówno w czasie działania obciążenia, jak i po jego zdjęciu.

Dokładność wyników badania zależy w dużej mierze od starannego przygotowania materiału badawczego, a w szczególności od doprowadzenia do równości i równoległości płaszczyzn próbki, co może być pracochłonne szczególnie w przypadku materiału wyciętego z nawierzchni.

Badanie aparatem AP-3 jest szczególnie przydatne do badania właściwości lepkosprężystych mieszanek modyfikowanych i do badania właściwości materiału wyciętego z nawierzchni dróg istniejących.

Literatura

- [1] Rajczyk J., Respondek Z., Metodika instrumentalnego opriedielenija modula poluczestni asfaltobietonnych smiesiej. Menedżment: Teorija i praktika resenija otraslevych i regional'nych problem. Sb. naucznych trudov, Moskwa 2005.
- [2] Rajczyk J., Respondek Z., Methods of design of the laminar construction of road pavement. Awtomobilnyje dorogi, transport i ekologija, Sbornik nauczno-practiczeskich trudov grupy priedprijatij Dorsierwis, Sankt Petersburg 2006.
- [3] Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., Technologia materiałów i nawierzchni drogowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
- [4] Zasady projektowania betonu asfaltowego o zwiększonej odporności na odkształcenia trwałe. Wytyczne oznaczania odkształcenia i modułu sztywności mieszanek mineralno-bitumicznych metodą pełzania pod odkształceniem statycznym, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zeszyt nr 48, Warszawa 1995.

Streszczenie

W artykule przedstawiono procedurę określania modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym próbek asfaltobetonowych. Jest to główny parametr charakteryzujący właściwości lepkosprężyste asfaltobetonu. Zaprezentowano aparaturę badawczą oraz wyniki przykładowych badań eksperymentalnych.

The method of testing viscoelasticity properties of asphalt - concrete

Abstract

In the article the calculating procedure of the stiffness creep module of the asphalt-concrete was described. This is the basic parameter characterizing viscoelasticity properties of asphalt-concrete. In the paper searching apparatus and the results of the exemplary-research were described.