

KRZYSZTOF MACIEJEWSKI¹
 PIOTR RAMIĄCZEK²
 ANNA CHOMICZ-KOWALSKA³
 Kielce University of Technology

¹e-mail: kmaciejewski@tu.kielce.pl

²e-mail: piotrr@tu.kielce.pl

³e-mail: akowalska@tu.kielce.pl

THE IMPACT OF EBA AND ECB POLYMER MODIFICATION OF 50/70 BITUMEN

Abstract

This paper presents the results of research concerning the EBA (ethylene-butyl acrylate copolymer) and the ECB (ethylene copolymer bitumen) modifications on 50/70 bitumen in contents of 2%, 4% and 6%. The research area included the tests for determination of penetration at 25°C, softening temperature (according to the “Ring and Ball” method) and Fraass breaking point. The research has shown visible impact of both modifiers on the properties of the base 50/70 bitumen significantly reducing the penetration, reducing ductility and increasing softening point. It was also found that the modification slightly increased the breaking point temperature. Analysis of penetration index PI and the temperature range of plasticity (TZP) have shown that the ECB modification has a more positive effect on properties of the bitumen.

Keywords: modification, polymer, plastomer, ECB, EBA, 50/70 bitumen

1. Introduction

The rapid increase in traffic together with simultaneous increase in axle loads demands the designed pavements to be more resistant to the damaging effects caused by the moving vehicles. The improvement of the road surface quality is achieved by the use of new technologies, new materials and modifications of existing technologies and materials.

Many years of research have shown that the quality of the binder has a large impact on the durability and quality of the whole pavement. The requirements for asphalt have been increasing regularly along with the increase in road requirements. Currently, the asphalt modifications are used to fulfill stringent requirements for asphalt mixes in a wide range of temperatures [2, 6]. The first attempts to use polymers as asphalt modification agents were held in the fifties of the 20th century [1]. The purpose of this modification is to extend the lifespan and improve the performance of asphalt mixes. This requires an increase in resistance of asphalt mixtures to permanent deformation, fracture, fatigue, aging and the influence of external factors [2].

Asphalt modification can be performed by the use of different agents, for example: elastomers, plastomers, synthetic resins, rubber granules from waste tires or

natural asphalt [5]. One of the most popular modifiers are plastomers, which are characterized by a higher proportion of the permanent deformations compared to elastomers and increased stiffness at high temperatures, compared to base asphalt. Plastomers do not improve the low temperature properties of the binder [2].

The research concerned the modification of the 50/70 binder using two plastomers: low crystallinity ethylene copolymer with acrylate butyl (EBA) and ethylene copolymer with a special type of bitumen (ECB).

The low crystallinity ethylene copolymer with acrylate butyl (EBA) is usually used for production of construction and horticultural films, hotmelt adhesives and coloring agents for plastics. Thanks to its properties related with the low glass transition temperature and good properties at low temperatures it is also used in the modification of plastics and binders. Ethylene copolymer with a special type of bitumen (ECB) is usually used in production of modified bitumen membranes, waterproof membranes and in the production of roofing. Due to the use of the special bitumen type reaching up to 50% it is easily mixed with the asphalt.

This paper presents the results of asphalt modification using ECB and EBA polymers and the

assessment of the asphalt quality in terms of its basic parameters.

2. Protocol and methodology

The base material for this research was the 50/70 bitumen. To investigate the influence of the ECB and EBA modifiers on the bitumen they were added in amounts of 2%, 4% and 6%. This gave six types of specimens:

- base asphalt 50/70, marked “A”
- modified asphalt 50/70 + 2% EBA, marked “B”
- modified asphalt 50/70 + 4% EBA, marked “C”
- modified asphalt 50/70 + 6% EBA, marked “D”
- modified asphalt 50/70 + 2% ECB, marked “E”
- modified asphalt 50/70 + 4% ECB, marked “F”
- modified asphalt 50/70 + 6% ECB, marked “G”.

The polymers were added to the base asphalt in order to achieve the expected content through mixing at the temperature of 170°C and stirring speed 400 rpm, for the time of 15 min.

To determine how the modification affected the bitumen properties the following tests were performed:

- Penetration at 25°C, in accordance with PN-EN 1426.
- Ductility at 25°C, in accordance with PN-85/C-04132.
- Softening point “Ring and Ball”, in accordance with PN-EN 1427.
- Fraass breaking point, in accordance with BS EN 12593.

To complement the analysis, the Authors determined the penetration index (PI) and temperature range of plasticity (TZP [°C]) based on the test results of penetration at 25°C, the softening point and breaking point using the formulas [3, 5]:

$$PI = \frac{20 \cdot T_{PIK} + 500 \cdot \lg P - 1952}{T_{PIK} - 50 \cdot \lg P + 120} \quad (1)$$

where: T_{PIK} – softening point, °C, P – penetration grade at 25°C, 10⁻¹ mm.

$$TZP = T_{PIK} - T_{lam} \quad (2)$$

where: T_{PIK} – softening point „Ring and Ball”, °C, T_{lam} – Fraass breaking point, °C.

3. Results

3.1. Penetration at 25°C

The results of penetration for all samples are shown in Figure 1.

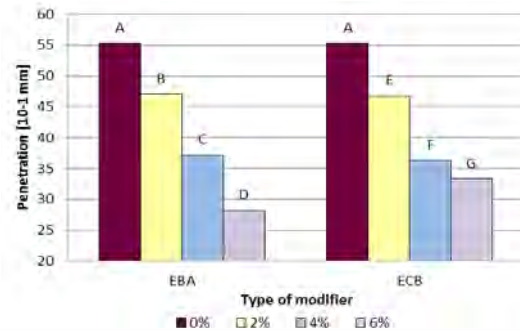


Fig. 1. Penetration value at 25°C

As seen above, both polymers decrease the value of penetration from 55 · 10⁻¹ mm (base binder “A”) to 28 · 10⁻¹ mm (EBA) and 33 · 10⁻¹ mm (ECB). In the concentration range between 2% and 6%, the EBA polymer gives a nearly linear response in decreasing the penetration. The ECB additive acts very similarly until added in the highest concentration, when it shows to be less effective, giving a strong non-linear relationship.

3.2. Softening point, “Ring and Ball” method

The results of softening point designation for all samples are shown in Figure 2.

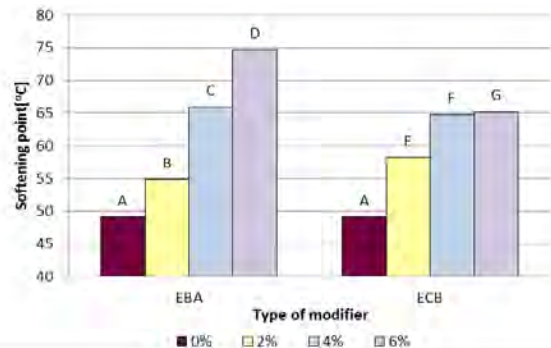


Fig. 2. Softening point, “Ring and Ball” method results

Considering the softening point of the modified bitumen, both polymers clearly increase the softening point temperature. The EBA modification is effective even in the concentration of 6% when it changes the softening point from 49°C to 75°C. The difference in the measured parameter for the ECB modification in concentrations of 4% and 6% is negligible (64°C and 65°C respectively), showing again a non-linear response.

3.3. Ductility

The introduction of the polymers caused visible decrease in ductility of tested specimens and increase in the peak measured force. The addition of 2% of the EBA polymer resulted in a change of ductility from ~1370 mm to ~407 mm. The further modification of the asphalt resulted in a reduction of ductility approximately by half for every 2% of the polymer added.

The tests conducted using the ECB polymer show that in low concentrations (2%) it has a smaller effect on the ductility of the 50/70 asphalt (decreasing it to 767 mm), but when added in amounts of 4% and 6%, the ductility decreases to 239 mm and 174 mm respectively.

The results of ductility tests are shown in Figure 3.

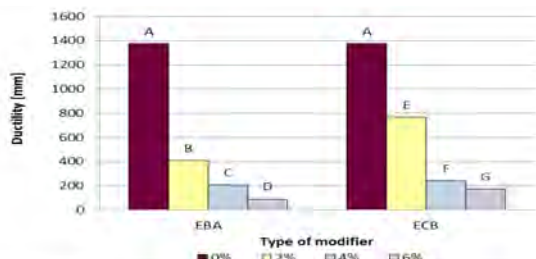


Fig. 3. Ductility

3.4. Fraass breaking point

Based on the research it can be concluded that the use of both additives has a small impact on the raise of the breaking point. The change of this parameter is not significant enough to be considered as if the EBA and the ECB had a negative impact on the cracking surface at low temperatures.

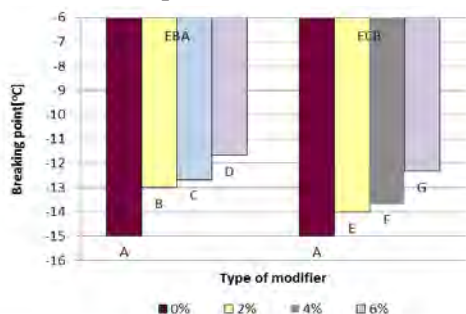


Fig. 4. Fraass breaking point value

3.5. Penetration index and temperature range of plasticity

To complement the analysis, the values of the penetration index and temperature ranges of plasticity of all tested specimens were calculated according to the formulas (1) and (2). The results are shown in Figures 5 and 6.

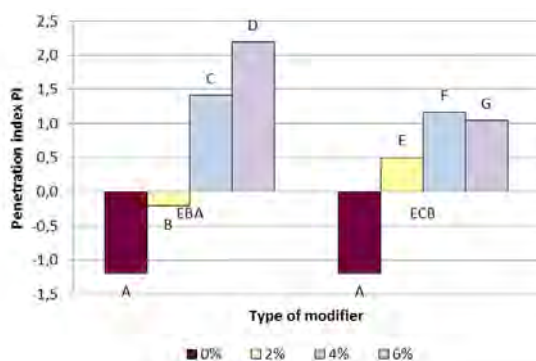


Fig. 5. Penetration index PI

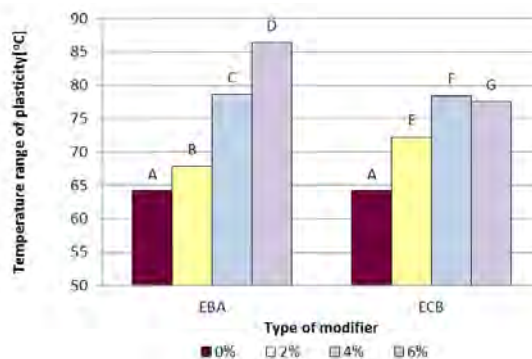


Fig. 6. Temperature range of plasticity

The computed results of penetration index (PI) show that the addition of EBA and the ECB affects noticeably the vulnerability to temperature changes of tested specimens. For samples “C” and “D” the penetration index value exceeds 2 indicating a poor result. The penetration index of other samples is acceptable, fitting roughly in the range between -1 and +1 (desired values are between 0.5 and +1) [4]. The penetration index of ECB modified bitumen has acceptable values in all concentrations of the modifier.

Regarding the temperature range of plasticity (TZP) it can be concluded that the increase of the modifier content results in an increase of the temperature range in which the bitumen retains its viscoelastic properties. For the maximum content of the modifier (6%) TZP increases from 65°C to 86°C (sample “D” – EBA) and to 77°C (sample “G” – ECB).

4. Conclusions

Based on the tests performed on the EBA and ECB modified 50/70 bitumen, the following conclusions can be drawn:

- In each of the quantitative variants of the used EBA and ECB modifiers, the penetration of bitumen is reduced in relation to the base 50/70 bitumen, with an increase in the softening point at the same time.
- Application of EBA and the ECB does not have a significant influence on the breaking point temperature of bitumen, which is consistent with the adopted plastomer definition.
- Both polymers have great effect on the ductility of the considered bitumen. The 2% modification results in a significant decrease of this parameter. At higher concentrations, the polymers cause further noticeable decrease in ductility, but relatively less dramatic.
- Performed modifications affect the temperature vulnerability of asphalt. In accordance with the

designated penetration index, better results were obtained for the ECB modified bitumen.

References

- [1] Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Poradnik asfaltowy (Bitumen handbook)*. ORLEN Asfalt 2011.
- [2] Gawel J., Kalabińska M., Piłat J., *Asfalty drogowe (Road bitumen)*. WKiŁ, Warszawa 2001.
- [3] Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., *Technologie materiałów i nawierzchni drogowych (Technology of road materials and pavements)*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [4] Piłat J., Król J., Sarnowski M., *Ocena właściwości reologicznych asfaltów i asfaltów modyfikowanych stosowanych w budownictwie drogowym (Assessment of rheological parameters of non-modified and modified bitumen used in road construction)*. Konferencja „Reologia – teoria, praktyka i zastosowanie”, Jachranka 24–26.10.2007, s. 108–117.
- [5] Piłat J., Radziszewski P., *Nawierzchnie asfaltowe (Bituminous pavements)*. WKiŁ, Warszawa 2004.
- [6] Piłat J., Sarnowski M., Adamczewski G., *Badania lepizszy i mieszanek mineralno-asfaltowych modyfikowanych polimerami i kwasem polifosforowym (The research of bitumens and mineral-bituminous mixes modified with polymers and polyphosphoric acid)*. „Drogownictwo” 2009, 7, s. 224–231.

Krzysztof Maciejewski
Piotr Ramańczek
Anna Chomicz-Kowalska

Wpływ zastosowania modyfikacji polimerami EBA i ECB na właściwości ponafutowego asfaltu drogowego 50/70

1. Wstęp

Gwałtowny wzrost natężenia ruchu samochodowego oraz równoczesny wzrost obciążenia na osie pojazdów wymusza stosowanie konstrukcji nawierzchni, które są coraz bardziej odporne na czynniki niszczące wywołane ruchem pojazdów. Poprawa jakości wykonanych nawierzchni drogowych uzyskiwana jest poprzez zastosowanie nowych technologii, stosowanie nowych materiałów oraz modyfikację już istniejących technologii i materiałów.

Wieloletnie badania dowodzą, iż duży wpływ na trwałość i jakość wykonanej nawierzchni wywiera jakość stosowanego lepizsza. Wraz ze wzrostem wymagań stawianych konstrukcją nawierzchni, systematycznie zwiększono również wymagania dla asfaltów drogowych. Obecnie, aby spełnić rygorystyczne wymagania dla mieszanek mineralno-asfaltowych w szerokim zakresie temperatur, stosuje się modyfikację asfaltów drogowych [2, 6]. Pierwsze próby z zastosowaniem modyfikacji polimerami cechuje się na lata 50. XX w. [1]. Celem modyfikacji jest wydłużenie okresu eksploatacji oraz poprawa właściwości użytkowych dla mieszanek mineralno-asfaltowych. Wymaga to zwiększenia odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na

deformacje trwałe, pękanie, zmęczenie, starzenie oraz oddziaływanie czynników zewnętrznych [2].

Modyfikacji asfaltów dokonuje się stosując m.in.: elastomery, plastomery żywice syntetyczne, granulaty gumowy z utylizacji opon, asfalt naturalny [5]. Jednymi z najpopularniejszych modyfikatorów są plastomery, które charakteryzują się większym udziałem odkształcenia trwałego od elastomerów i zwiększoną sztywnością w wysokiej temperaturze, w porównaniu do asfaltu bazowego. Nie poprawiają właściwości niskotemperaturowych lepizsza [2].

W badaniach wykorzystano dwa plastomery do modyfikacji lepizsza drogowego 50/70, kopolimer etylen z akrylanem butylu (EBA) oraz kopolimeru etylenu z dodatkiem bitumu (ECB).

Kopolimer etylenu z akrylanem butylu (EBA) powszechnie znajduje zastosowanie do produkcji folii budowlanych oraz ogrodniczych, klejów termoplastycznych, modyfikatorów barwiących do tworzyw sztucznych. Poprzez swoje właściwości związane z niską temperaturą zeszklenia oraz dobrymi właściwościami w niskich temperaturach zastosowanie znajduje również w modyfikacji tworzyw sztucznych oraz lepizszy asfaltowych.

Kopolimer etylenu z dodatkiem bitumu (ECB) powszechnie zastosowanie znajduje w produkcji modyfikowanych pap bitumicznych, wodoodpornych membran oraz przy produkcji pokryć dachowych. Ze względu na zastosowanie dodatku specjalnego bitumu sięgającego do 50% można go łatwo wymieszać z asfaltem.

W artykule przedstawiono wyniki badań modyfikacji asfaltu drogowego z zastosowaniem polimerów ECB oraz EBA dokonując oceny jakości takiego asfaltu pod względem podstawowych parametrów.

2. Plan badań i metodologia

W badaniach jako materiał wyjściowy zastosowano asfalt drogowych 50/70. Jako modyfikatorów użyto polimerów EBA oraz ECB w ilościach 2%, 4% i 6% tworząc sześć asfaltów modyfikowanych:

- asfalt 50/70, oznaczony jako „A”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 2% EBA, oznaczony jako „B”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 4% EBA, oznaczony jako „C”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 6% EBA, oznaczony jako „D”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 2% ECB, oznaczony jako „E”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 4% ECB, oznaczony jako „F”,
- asfalt modyfikowany 50/70 + 6% ECB, oznaczony jako „G”.

W celu określenia wpływu zastosowanego modyfikatora oraz jego ilość na właściwości asfaltu drogowego 50/70 wykonano następujące badania:

- penetracja w temperaturze 25°C, zgodnie z PN-EN 1426,
- temperatura mięknięcia według metody pierścienia i kuli, zgodnie z PN-EN 1427,
- ciągliwość w 25°C, zgodnie z PN85/C-04132,
- temperatura łamliwości wg Fraassa, zgodnie z PN-EN 12593.

W celu uzupełnienia analizy obliczono na podstawie wyników oznaczenia penetracji w temperaturze 25°C, temperatury mięknięcia oraz temperatury łamliwości wartości indeksu penetracji PI oraz temperaturowy zakres plastyczności TZP korzystając ze wzorów 1 oraz 2 [3, 5]:

3. Wyniki badań

3.1. Penetracja

Zmiany penetracji w zależności od ilości oraz rodzaju użytego modyfikatora przedstawiono na rysunku 1.

Analizując wyniki badań można stwierdzić, iż polimer EBA powoduje zmniejszenie penetracji lepiszcza „A” z $55 \cdot 10^{-1}$ mm do $28 \cdot 10^{-1}$ mm dla asfaltu „D”. Dodanie modyfikatora ECB również powoduje zmniejszenie się wartości penetracji, dla asfaltu „G” $33 \cdot 10^{-1}$ mm.

3.2. Temperatura mięknięcia

Zmiany temperatury mięknięcia w zależności od ilości oraz rodzaju użytego modyfikatora przedstawiono na rysunku 2.

Wpływ obu modyfikatorów zauważalny jest również w wynikach badania temperatury mięknięcia. Wraz ze wzrostem ilości stosowanego modyfikatora następuje zmiana wartości temperatury mięknięcia z 49°C dla „A” do odpowiednio dla lepiszcza „D” 75°C oraz „G” 65°C.

Przebieg zmian obu parametrów (penetracji oraz temperatury mięknięcia) świadczy o tym, iż zastosowanie EBA oraz ECB powoduje zwiększenie się twardości asfaltu w stosunku do lepiszcza bazowego, a zarazem zmniejszenie podatności na rozmiękanie, deformacje oraz zniszczenia nawierzchni wywołane wysokimi temperaturami.

3.3. Ciągliwość

Modyfikacja badanych asfaltów polimerami w sposób widoczny wpłynęła na zmniejszenie ich ciągliwości oraz wzrost rejestrowanej siły. Modyfikacja polimerem EBA w wielkości 2% spowodowała ponad dwukrotny spadek tego parametru. Badanie wyższych koncentracji tego środka wykazało zależność spadku ciągliwości o 50% na każde kolejne 2% polimeru.

Modyfikator ECB w stężeniu 2% ma mniejszy wpływ na badany parametr (spadek ciągliwości niemal o połowę). Największy efekt w stosunku do ilości użytego środka obserwuje się dla zawartości 4% polimeru, kiedy to zmierzona wartość ciągliwości wynosi 239 mm (dla asfaltu niemodyfikowanego – 1370 mm).

3.4. Temperatura łamliwości według Fraassa

Wyniki oznaczenia temperatury łamliwości według Fraassa przedstawiono na rysunku 3. Na podstawie badania można stwierdzić, iż zastosowanie obu dodatków w nieznaczny sposób wpływa na podniesienie wartości temperatury łamliwości. Zmiana tego parametru nie jest jednak aż tak duża, aby można było uznać, iż EBA oraz ECB wpływają negatywnie na spękania nawierzchni w niskich temperaturach.

3.5. Indeks penetracji i temperaturowy zakres plastyczności

Obliczone według wzoru (1) i (2) wartości indeksu penetracji oraz temperaturowy zakres plastyczności asfaltu 50/70 modyfikowanego EBA oraz ECB przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Porównując wyniki otrzymane z obliczenia indeksu penetracji PI można stwierdzić, iż dodatek EBA oraz ECB wpływa na zmiany wrażliwości temperaturowej. Dla asfaltu „C” oraz „D” wartość indeksu penetracji przekracza 2, co jest wynikiem zdecydowanie niekorzystnym. Dla pozostałych lepkości wartość wskaźnika przyjmuje korzystne wartości w przedziale -1 do $+1$ (zalecane $-0,5$ do $+1$) [4]. Dla modyfikacji ECB indeks penetracji przyjmuje korzystne wartości dla wszystkich zastosowanych koncentracji modyfikatora.

Analizując temperaturowy zakres plastyczności TZP można stwierdzić, iż wraz ze wzrostem zawartości dodatków modyfikujących zwiększa się zakres temperatur, w których asfalt zachowuje właściwości lepkosprężyste. Dla asfaltu bazowego „A” TZP wynosi 65°C , dla maksymalnych zawartości modyfikatora wartości wynoszą odpowiednio „D” 86°C oraz „G” 77°C .

4. Wnioski

Na podstawie wykonanych badań asfaltu drogowego 50/70 z dodatkiem EBA oraz ECB można sformułować następujące wnioski:

- w każdym z zastosowanych wariantów ilościowych zastosowanie modyfikatorów EBA oraz ECB powoduje zmniejszenie penetracji w stosunku do asfaltu wyjściowego 50/70 przy jednoczesnym zwiększeniu wartości temperatury mięknienia;
- zastosowanie EBA oraz ECB nie wywiera znaczącego wpływu na wartość temperatury łamliwości asfaltu, co zgodne jest z założonym działaniem plastomeru;
- zastosowanie obu środków ma duży wpływ na ciągliwość badanego asfaltu. Już dodatek 2% polimerów skutkuje bardzo znaczącą zmianą tego parametru;

Badane modyfikacje asfaltów wpływają na ich podatność na działanie temperatury. Dodatek 2% obu polimerów powoduje spełnienie wymagań w zakresie indeksu penetracji. Wraz ze wzrostem zawartości modyfikatorów zwiększa się zakres, w którym badane asfalty zachowują właściwości lepkosprężyste.