

## **Analiza porównawcza wybranych metod badawczych odporności na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych**

**Andrzej Plewa**

*Zakład Inżynierii Drogowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,  
Politechnika Białostocka, e-mail: a.plewa@pb.edu.pl*

**Streszczenie:** Odporność na działanie wody i mrozu jest jedną z najważniejszych właściwości charakteryzujących parametry techniczne mieszanek mineralno-asfaltowych. Czynniki środowiskowe oddziałujące na nawierzchnie drogową znacząco niekorzystnie wpływają na trwałość poszczególnych warstw konstrukcyjnych drogi. W strefie klimatycznej, w której znajduje się Polska, nawierzchnia jezdni drogowej poddawana jest w ciągu roku między innymi wielokrotnemu nasączeniu wodą, zamrażaniu i odmrażaniu. Bardzo często procesom tym towarzyszy również sól stosowana podczas zimowego utrzymania dróg. Zasadnym staje się więc kontrolowanie MMA pod względem wrażliwości na wspomniane niszczące oddziaływania.

Oznaczenie wodo- oraz mrozoodporności MMA według obowiązujących procedur polega na określeniu zmniejszenia średniej wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek nasyconych wodą do próbek suchych. Dużym problemem metody stosowanej w Polsce jest powtarzalność i odtwarzalność uzyskiwanych rezultatów badań.

W referacie zaprezentowane zostały wyniki badań i analiz odporności na działanie wody i mrozu według wymagań WT-2 2010, AASHTO T 283-89 oraz „metody skandynawskiej”. Badaniom poddano mieszanki mineralno-asfaltowe typu AC 11S oraz AC 16P. Wodoodporność i mrozoodporność mieszanek mineralno-asfaltowych określono za pomocą badań wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) oraz modułów sztywności (IT-CY).

**Słowa kluczowe:** beton asfaltowy, odporność MMA na działanie wody i mrozu, wytrzymałość MMA na rozciąganie pośrednie (ITS), moduł sztywności (IT-CY)MMA

### **1. Wprowadzenie**

Badanie wodo- i mrozoodporności jest ważnym elementem w procesie projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA). Badania i testy symulujące oddziaływanie wody i mrozu (środków odladzających) na strukturę MMA [1,2,3,4,5,6,7,8] pozwalają na scharakteryzowanie stopnia pogorszenia się wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej w wyniku agresywnego działania wody i mrozu podczas procesu eksploatacji warstwy z MMA w konstrukcji nawierzchni drogowej. W rezultacie szkodliwego wpływu wspomnianych czynników może dochodzić do jej uszkodzeń [1,2,3,4,5,7,8]: utraty adhezji asfaltu do kruszywa (jest to częściowe lub całkowite zniszczenie powierzchni połączenia pomiędzy tymi materiałami, zjawisko mające największy wpływ na wytrzymałość mechaniczną MMA oraz szczelność nawierzchni drogowej), utraty kohezji i sztywności cienkiej warstwy asfaltu, pęknięcia nasyconych wodą ziaren kruszywa, odmywania asfaltu z kruszywa (stripping), degradacji mieszanki mineralno-asfaltowej przez zamarzającą w jej wnętrzu wodę, odrywania lepiszcza od kruszywa (bezpośrednią przyczyną tego zjawiska

może być duże zapylenie materiału mineralnego, przepływ wilgotnego powietrza w otwartych MMA oraz woda uwięziona w kapilarach kruszywa), zniszczenie MMA przez ciśnienie porowe (zjawisko zachodzi bardzo często w mieszankach o dużej zawartości wolnych przestrzeni), emulgacji asfaltu (lepszcze w wyniku wydłużonego kontaktu z wodą może emulgować, wytwarzając na powierzchni emulsję wodno-olejową).

Wymienione mechanizmy zniszczenia mogą występować w tym samym czasie i powodować pogorszenie parametrów wytrzymałościowych wykonanych mieszanek mineralno-asfaltowych. Szybkość destrukcji zależy głównie od stopnia adhezji pomiędzy kruszywem i lepiszczem. Widocznymi efektami niedostatecznej odporności nawierzchni na działanie wody, mrozu oraz soli są wykruszenia, ubytki, deformacje, łuszczenie się asfaltu oraz spękania warstwy ścieralnej. Uszkodzenia te mogą być także następstwem nieprawidłowo wykonanego odwodnienia powierzchniowego oraz wgłębego. Prowadzi to głównie do niepożądanego wprowadzenia wody (lub pary wodnej) w głąb konstrukcji drogowej [4,8,9].

Wrażliwość MMA na działanie wody, mrozu i soli można wyznaczyć za pomocą wielu badań laboratoryjnych symulujących warunki atmosferyczne panujące na drodze. Doświadczenia te pozwalają na określenie sposobu zachowania się mieszanek mineralno-asfaltowych po 10÷15 latach ich eksploatacji. Najbardziej popularne metody oznaczania wrażliwości MMA na czynniki środowiskowe można podzielić na dwie grupy [4]:

- badania, w których niezagęszczona mieszanka mineralno-asfaltowa lub otoczone lepiszczem wybrane frakcje kruszywa poddawane są procesowi nasycania wodą. Odmycie asfaltu z ziaren mieszanki mineralnej jest miarą wrażliwości próbek na działanie czynników atmosferycznych. Badania te nie pozwalają na precyzyjne określenie odporności MMA na działanie wody,
- badania, w których zagęszczona mieszanka mineralno-asfaltowa poddawana jest procesowi kondycjonowania. Zmniejszenie wytrzymałości jest miarą wrażliwości próbek na działanie wody i mrozu. Badania te, w odniesieniu do poprzedniego typu badań, dokładniej odwzorowują wpływ czynników środowiskowych na MMA.

Wymienione grupy badań w warunkach laboratoryjnych mogą symulować zmiany zachodzące w mieszankach mineralno-asfaltowych w wyniku działania wody, temperatury lub innych czynników atmosferycznych. Do najbardziej popularnych aprobat lub metod badawczych odporności MMA na działanie wody i mrozu można zaliczyć: wymagania wg normy PN-EN 12697-12 (na próbkach zagęszczonych z MMA), wymagania wg normy PN-EN 12697-11 (tzw. metoda butelkowa), wymagania wg normy AASHTO T 283-89, metoda skandynawska, oznaczenia wg Załącznika 1 WT-2, metoda wyplukiwania, metoda teksańska, metoda badań na stanowisku ECS (Environmental Conditioning System), metoda ADAP (accelerated durability assessment procedure) [1,2,3,4,5,6,7,8].

W referacie zaprezentowane zostały wyniki badań i analiz odporności na działanie wody i mrozu według wymagań WT-2 2010, AASHTO T 283-89 oraz metody skandynawskiej. Badaniom poddano mieszanki mineralno-asfaltowe typu AC 11S oraz AC 16P. Wodo- i mrozoodporność mieszanek mineralno-asfaltowych określono przez oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie pośrednie pod obciążeniem statycznym (ITS) oraz modułów sztywności pod obciążeniem dynamicznym (IT-CY).

## 2. Przedmiot i zakres badań

Do badań odporności na działanie wody i mrozu wykorzystano mieszanki mineralno-asfaltowe typu beton asfaltowy do warstwy ścieralnej AC 11S z asfaltem wielorodzajowym

35/50 kategorii ruchu KR 5÷6 i beton asfaltowy do warstwy podbudowy AC 16P z asfaltem 35/50 kategorii ruchu KR 5÷6. Mieszanki betonu asfaltowego zaprojektowano zgodnie z wymaganiami WT-2 2010. W procesie projektowania zawartość asfaltu wielorodzajowego 35/50 w AC 11S ustalono jako B=5,8% (zawartość wolnej przestrzeni  $V_m = 2,9\%$ ), natomiast zawartość asfaltu 35/50 w AC 16P ustalono jako B=4,6% (zawartość wolnej przestrzeni  $V_m = 5,3\%$ ).

Z mieszanek mineralno-asfaltowych wykonano po 80 próbek każdej mieszanki. Próbkę zróżnicowano wg metody zagęszczania. Wykonano 40 próbek każdej MMA zagęszczonych w ubijaku Marshalla wg PN-EN 12697-30 (po 35 uderzeń na każdą stronę, średnia zawartość wolnej przestrzeni: AC 11S -  $V_m = 7,1\%$ , AC 16P -  $V_m = 7,7\%$ .) i prasie żyrotowej wg PN-EN 12697-31 (dostosowano ilość obrotów tak, aby średnia zawartość wolnej przestrzeni wynosiła ok.  $V_m = 7,5\%$ ).

Wykonane próbki badawcze każdej MMA (zróżnicowane wg metody zagęszczania) podzielono na 4 serie badawcze: „ZN” – seria próbek (zestaw niekondycjonowany), które nie poddawano procesom wpływu wody i mrozu, „WT-2” – serie próbek, które poddano procedurze wpływu wody i mrozu zgodnie z wymaganiami WT-2 2010, „AASHTO” - serie próbek, które kondycjonowano wg procedury AASHTO T 283-89, „SKAND” - serie próbek, które kondycjonowano wg „metody skandynawskiej” [3]. Podczas procesów kondycjonowania próbek nie stosowano dodatku NaCl oraz nie poddawano MMA wpływom starzenia technologicznego.

Próbki kondycjonowane i niekondycjonowane poddano oznaczeniom modułów sztywności pod obciążeniem dynamicznym (IT-CY) [PN-EN 12697-26] w temperaturze badania 25°C, a następnie wykonano badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie pod obciążeniem statycznym (ITS) również w temperaturze 25°C [PN-EN 12697-23].

### 3. Analiza wyników badań

W pierwszej kolejności uzyskane wyniki badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych typu AC 11S oraz AC 16P, oznaczonych w badaniach wytrzymałości na rozciąganie (ITS) oraz modułów sztywności (IT-CY), próbek niekondycjonowanych i poddanych kondycjonowaniu wg analizowanych metod, poddano testowi istotności wpływu warunków „wejściowych” badania na rezultaty otrzymanych wyników badań. Rozważano, która zmienna „X” (np. metoda zagęszczania próbek) ma istotny wpływ na wynikową właściwość „Y” (wytrzymałość na rozciąganie pośrednie (ITS) lub moduł sztywności (IT-CY)). Poziom istotności  $\alpha_i$  określano z rozkładu F. Na podstawie wyznaczonego poziomu istotności twierdzono o istotności wpływu zmiennej  $x_i$  na parametr  $y_i$  w sposób następujący:

- $\alpha_i \leq 0.01$  – bardzo duży wpływ zmiennej  $x_i$  (BI),
- $0.01 < \alpha_i \leq 0.05$  – istotny wpływ zmiennej  $x_i$  (I),
- $0.05 < \alpha_i \leq 0.10$  – mało istotny wpływ zmiennej  $x_i$  (MI),
- $\alpha_i > 0.10$  – nieistotny wpływ zmiennej  $x_i$  (NI).

Do analizy wpływu warunków wejściowych przyjęto następujący zbiór wielkości charakteryzujących właściwości betonu asfaltowego, parametry lub rodzaj badania ( $x_i$ ):

$X_1$  – maksymalna wielkość uziarnienia betonu asfaltowego,

$X_2$  – metoda zagęszczania próbek AC,

$X_3$  – zawartość wolnej przestrzeni w próbkach z AC:  $V_m$  w AC 11S,  $V_m$  w AC16P,

$X_4$  – metoda kondycjonowania próbek AC: WT-2/AASHTO,

$X_5$  – metoda kondycjonowania próbek AC: WT-2/SKAND,

$X_6$  – wpływ kondycjonowania próbek AC: NK/WT-2, NK/AASHTO, NK/SKAND.

Wielkościami wyjściowymi, których wartości stanowiły wyniki pomiarów właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych, zależnych od ustalonych wartości wielkości wejściowych, były następujące zmienne ( $y_i$ ):

$Y_1$  – wyniki badań ITS,

$Y_2$  – wyniki badań IT-CY.

Wyniki testu istotności wpływu parametrów wejściowych na badane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawiono w tab.1.

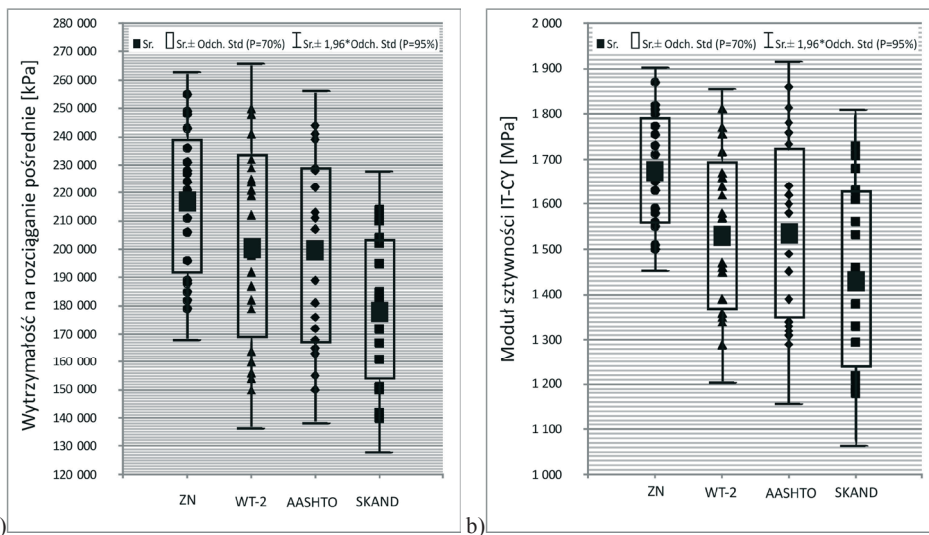
Tabela 1. Istotności wpływu parametrów charakteryzujących warunki wejściowe badania na rezultaty otrzymanych wyników badań ITS i IT-CY

Parametry wejściowe badania	$Y_1$ – wyniki badań ITS	$Y_2$ – wyniki badań IT-CY
$X_1$ – maksymalna wielkość uziarnienia betonu asfaltowego	BI	BI
$X_2$ – metoda zagęszczania próbek AC	MI	NI
$X_3$ – zawartość wolnej przestrzeni w próbkach z MMA: $V_m$ w AC 11S, $V_m$ w AC16P	NI	NI
$X_4$ – metoda kondycjonowania próbek AC: WT-2/AASHTO	MI	NI
$X_5$ – metoda kondycjonowania próbek AC: WT-2/SKAND	BI	BI
$X_6$ – wpływ kondycjonowania próbek AC: NK/WT-2, NK/AASHTO, NK/SKAND	BI	BI

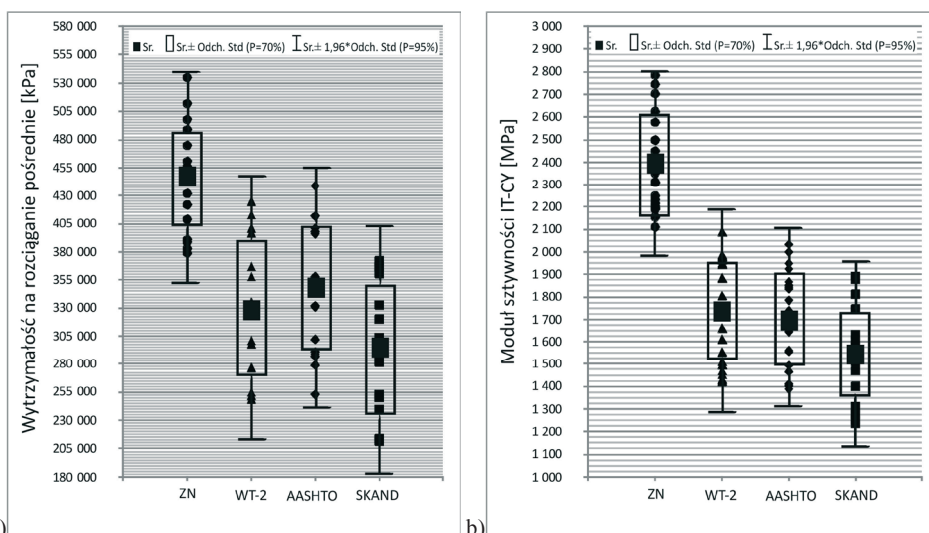
Analizując wyniki testu istotności wpływu parametrów charakteryzujących warunki wejściowe badania na rezultaty badań wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) i wyników oznaczeń modułów sztywności (IT-CY) (tab. 1) należy stwierdzić, że bardzo istotny wpływ (BI) mają: maksymalna wielkość uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej, kondycjonowanie próbek wg metody WT-2 w odniesieniu do kondycjonowania próbek wg metody skandynawskiej oraz wpływ działania wody i mrozu na próbki betonu asfaltowego. Natomiast nieistotny lub mało istotny wpływ mają: metoda zagęszczania próbek, zawartość wolnej przestrzeni w próbkach betonu asfaltowego (analizowano zawartość wolnej przestrzeni w jednym rodzaju mieszanki betonu asfaltowego AC 11S lub AC 16P) oraz kondycjonowanie próbek wg metody WT-2 w odniesieniu do kondycjonowania próbek wg metody AASHTO.

Na podstawie wyników analiz testu istotności ustalono, że do dalszych analiz uzyskanych wyników badań nie różnicowano rezultatów badań ze względu na metodę zagęszczania próbek (prasa żyratorowa, ubijak Marshalla).

Wyniki badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych typu AC 11S oraz AC 16P oznaczonych w badaniach wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) oraz badaniach modułów sztywności (IT-CY), próbek niekondycjonowanych i poddanych kondycjonowaniu wg wymagań WT-2, AASHTO T 283-89 i „metody skandynawskiej”, przedstawiono na rys. 1 i rys. 2.



Rys. 1. Wyniki badań: a) wytrzymałość na rozciąganie (ITS); b) modułów sztywności (IT-CY), próbek z betonu asfaltowego AC 11S wiel. 35/50 niekondycjonowanych oraz poddanych kondycjonowaniu wg wymagań WT-2, AASHTO T 283-89 i „metody skandynawskiej”



Rys. 2. Wyniki badań: a) wytrzymałość na rozciąganie (ITS); b) modułów sztywności (IT-CY), próbek z betonu asfaltowego AC 16P 35/50 niekondycjonowanych oraz poddanych kondycjonowaniu wg wymagań WT-2, AASHTO T 283-89 i „metody skandynawskiej”

Zestawienie wyników badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek AC 11S i AC 16P, zróżnicowanych ze względu na metodę kondycjonowania oraz metodę badania, przedstawiono w tab. 2 i tab. 3.

Tabela 2. Zestawienie wyników badań odporności na działanie wody i mrozu próbek z mieszanki AC 11S wiel.35/50 niekondycjonowanych oraz poddanych kondycjonowaniu wg wymagań WT-2, AASHTO T 283-89 i „metody skandynawskiej”

AC 11S wiel.35/50				
Metoda kondycjonowania:	Średnia [MPa]	Odp. na działanie wody i mrozu (ITSR, IT-CY R)	Szerokość przedziału ufności P=95% ( $\bar{s}r \pm (1,96 * \text{odch. st.}/\bar{s}r)$ )	Procent il. wyników uzyskanych w przedz. ( $\bar{s}r \pm 10\% * \bar{s}r$ )
Badania ITS				
ZN	216	-	22%	55%
WT-2	201	93,1%	32%	25%
AASHTO	198	91,5%	30%	30%
SKAND	178	82,5%	28%	30%
Badania IT-CY				
ZN	1678	-	14%	90%
WT-2	1541	91,8%	20%	60%
AASHTO	1548	92,3%	24%	40%
SKAND	1430	85,3%	28%	40%

Tabela 3. Zestawienie wyników badań odporności na działanie wody i mrozu próbek z mieszanki AC 16P 35/50 niekondycjonowanych oraz poddanych kondycjonowaniu wg wymagań WT-2, AASHTO T 283-89 i „metody skandynawskiej”

AC 16P 35/50				
Metoda kondycjonowania:	Średnia [MPa]	Odp. na działanie wody i mrozu (ITSR, IT-CY R)	Szerokość przedziału ufności P=95% ( $\bar{s}r \pm (1,96 * \text{odch. st.}/\bar{s}r)$ )	Procent il. wyników uzyskanych w przedz. ( $\bar{s}r \pm 10\% * \bar{s}r$ )
Badania ITS				
ZN	446	-	25%	35%
WT-2	328	73,6%	28%	30%
AASHTO	341	76,5%	38%	15%
SKAND	294	65,9%	29%	20%
Badania IT-CY				
ZN	2391	-	19%	70%
WT-2	1740	72,8%	23%	35%
AASHTO	1708	71,4%	20%	55%
SKAND	1544	64,6%	27%	50%

Na podstawie wyników badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek AC 11S i AC 16P (tab. 2 i tab. 3), należy stwierdzić, że uzyskano bardzo zbliżone wyniki odporności dla próbek poddanych kondycjonowaniu wg metod WT-2 i AASHTO. Maksymalna różnica uzyskanych wyników zawiera się w granicach 3%. Metoda skandynawska, w odniesieniu do dwóch pozostałych metod wpływa bardziej destrukcyjnie na kondycjonowane wg tej procedury próbki z MMA. Próbki poddane działaniu wody i mrozu wg metody skandynawskiej wykazały mniejsze wartości odporności o ok. 10% dla AC 11S i 8% dla AC 16P analizując wartości wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) oraz o ok. 7% dla AC 11S i AC 16P analizując modułów sztywności (IT-CY) w odniesieniu do rezultatów badań uzyskanych dla próbek kondycjonowanych wg procedur WT-2 i AASHTO.

Statystyczna analiza wyników badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek AC 11S i AC 16P (tab. 2 i tab. 3) dowiodła, że korzystniejszą metodą określania odporności MMA na działanie wody i mrozu jest oznaczanie odporności na podstawie badań modułów sztywności IT-CY. Dowodzą tego przedstawione w tab. 2 i tab. 3 szerokości przedziałów poziomów ufności P=95% ( $\bar{s}r \pm (1,96 * \text{odch. st.}/\bar{s}r)$ ) uzyskanych rezultatów badań oraz

procentowa ilość wyników oznaczeń zawierających się w przedziale ( $\bar{s}r \pm 10\% * \bar{s}r$ ). Procentowa szerokość przedziału ufności  $P=95\%$  mówi o tym, że im mniejsza jest jej wartość procentowa, tym mniejsze są rozrzuty wyników badań (wyniki oznaczeń są bliżej skupione przy wartości średniej). Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) oznaczone dla mieszanki AC 11S (tab. 2) wykazały, że szerokości przedziałów ufności  $P=95\%$  zawierają się w granicach od 22% (zestaw niekondycjonowany) do 32% (kondycjonowanie wg metody WT-2), natomiast oznaczenia modułów sztywności (IT-CY), zawierają się w przedziale od 14% (zestaw niekondycjonowany) do 28% (kondycjonowanie wg metody skandynawskiej). Podobnie przedstawia się sytuacja oznaczeń uzyskanych dla mieszanki AC 16P (tab. 3): oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) zawierają się w wartościach od 25% (zestaw niekondycjonowany) do 38% (kondycjonowanie wg metody AASHTO), natomiast oznaczenia modułów sztywności (IT-CY), zawierają się w granicach od 19% (zestaw niekondycjonowany) do 27% (kondycjonowanie wg metody skandynawskiej). Należy zaznaczyć, że wpływ na uzyskane rozrzuty wyników badań ma maksymalne uziarnienie mieszanki mineralno-asfaltowej – większe rozrzuty wyników badań uzyskano dla mieszanki AC 16P. Postawiony powyżej wniosek potwierdza analiza ilości wyników oznaczeń zawierających się w przedziale ( $\bar{s}r \pm 10\% * \bar{s}r$ ). Największe wartości (tab. 2: mieszanka AC 11S, zestaw niekondycjonowany) uzyskano dla oznaczeń modułów sztywności (IT-CY) - 90% wyników zawiera się w przedziale, rozciąganie pośrednie (ITS) – 55% wyników zawierających się w przedziale. Najmniejsze wartości uzyskane dla oznaczeń modułów sztywności (IT-CY) - 35% wyników zawiera się w przedziale (tab. 3: mieszanka AC 16P, zestaw kondycjonowany wg metody WT-2), dla rozciągania pośredniego (ITS) – 15% wyników zawierających się w przedziale (tab. 3: mieszanka AC 16P, zestaw kondycjonowany wg metody AASHTO).

#### 4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i ich analiz sformułowano następujące wnioski końcowe:

- Uzyskano bardzo zbliżone wyniki badań odporności na działanie wody i mrozu dla próbek mieszanek AC 11S i AC 16P poddanych kondycjonowaniu wg metod WT-2 i AASHTO. Maksymalna różnica uzyskanych wyników zawiera się w granicach 3%.
- Dla próbek z betonu asfaltowego poddanych działaniu wody i mrozu wg metody skandynawskiej uzyskano niższe wartości odporności od 7% do 10% w odniesieniu do metod WT-2 i AASHTO.
- Statystyczna analiza wyników badań odporności na działanie wody i mrozu mieszanek AC 11S i AC 16P dowiodła, że korzystniejszą metodą określania odporności MMA na działanie wody i mrozu jest oznaczanie odporności na podstawie badań modułów sztywności IT-CY.
- Na podstawie wyników analiz testu istotności ustalono, że bardzo istotny wpływ na rezultaty badań wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (ITS) i wyniki modułów sztywności (IT-CY) mają maksymalna wielkość uziarnienia mieszanki mineralno-asfaltowej oraz metoda kondycjonowania próbek z MMA, natomiast mało istotny wpływ na uzyskane rezultaty oznaczeń ma metoda zagęszczania próbek (prasa żyratorowa, ubijak Marshalla).

## Literatura

- 1 Sybilski D. i inni. Weryfikacja i uaktualnienie metody badawczej wodoodporności z cyklem zamrażania mieszanek mineralno-asfaltowych. IBDIM/GDDKiA, Warszawa 2011 [Dokument elektroniczny].
- 2 Piłat J., Radziszewski P. Kruszywa polodowcowe Polski północno-wschodniej do nawierzchni drogowych. *Drogownictwo*, 7-8/2011, s.226-231.
- 3 Sybilski D., Mechowski T. Ocena trwałości mieszanek mineralno-asfaltowych. *Prace Instytutu Badawczego Dróg i Mostów*, 3-4/1998, 63-107.
- 4 Jaskuła P. Niszczące oddziaływanie wody i mrozu na mieszanki mineralno-asfaltowe – przegląd literatury. *Drogi i Mosty*, 4/2004, s.5-44.
- 5 Judycki J., Jaskuła P. Verification of the criteria for evaluation of water and frost resistance of asphalt concrete, *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 9, 2008, s. 135-162.
- 6 Piłat J., Król J. Ocena adhezji asfaltów modyfikowanych do kruszyw mineralnych. *Magazyn Autostrady*, 10/2010, s.88-92.
- 7 Krajewski M. Odporność próbek mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody. *Nawierzchnie asfaltowe*, 1/2012, s.13-15.
- 8 Iwański M., Chomicz-Kowalska A., Iwański M. M.. Influence of hydrated lime on durability SMA asphalt pavements with quartzite aggregate. *Structure and Environment - 2013*, vol. 5, no. 4, s.5-11, [Dokument elektroniczny].
- 9 Grabowski W., Florkiewicz A. Wzmocnienie i odwodnienie podłoża nawierzchni autostrad. *Drogownictwo*, 12/1999, s.381-385.

## Comparative analysis of selected research methods for resistance to water and frost of asphalt mixtures

Andrzej Plewa

*Division of Road Engineering, Faculty of Civil Engineering and Environmental Engineering,  
Białystok University of Technology, e-mail: a.plewa@pb.edu.pl*

**Abstract:** Resistance to water and frost is one of the most important technical parameters characterizing the properties of asphalt mixtures. Environmental factors adversely affecting road surfaces affect the stability of individual structural layers of the road. In Polish climate zone, the road surface of the road is subjected to the processes of water infiltration, freezing and defrosting. This process is also very often accompanied by the salt used during the winter road maintenance. It is reasonable to control HMA for susceptibility to these devastating impacts. The assessment of water and frost resistance of HMA according to existing procedures consists of determining the decrease of the average indirect tensile strength of samples saturated with water in relation to dry samples. A major problem with the method used in Poland is the repeatability and reproducibility of the results of research. The paper presents the results of research and analysis methods for resistance to water and frost according to the requirements of the WT -2, AASHTO T 283-89 and "Scandinavian method". Asphalt mixtures AC type 11S and 16P AC have been tested. Asphalt mixtures resistance to water was determined by testing modules of indirect tensile strength under static load (ITS ) and the rigidity modulus under load modules (IT - CY).

**Keywords:** asphalt concrete (AC), HMA water and frost resistance, indirect tensile strength of HMA (ITS), rigidity modulus (IT-CY) HMA