

Wskaźnik piaskowy jako ocena przydatności mieszanek niezwiązanych do warstw nawierzchni drogowych

Sand equivalent as an evaluation of unbound mixtures suitability for road pavement layers



Dariusz Dobrucki

mgr inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Zakład Dróg i lotnisk

dariusz.dobrucki@pwr.edu.pl



Łukasz Skotnicki

dr inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Zakład Dróg i lotnisk

lukasz.skotnicki@pwr.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono przegląd metod oceny wskaźnika piaskowego mieszanek mineralnych, przeznaczonych do stosowania na niezwiązane warstwy podbudowy nawierzchni drogowych. Z uwagi na występowanie różnych metod badawczych oraz kryteriów oceny przydatności tych materiałów, wskazano na potrzebę opracowania ujednoczonego sposobu oceny wskaźnika piaskowego dla kruszyw i mieszanek niezwiązanych w warunkach Polskich. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych, w zakresie wskaźnika piaskowego wraz z analizami wskaźnika nośności CBR, wybrano obiektywną metodę oceny wskaźnika piaskowego oraz zaproponowano jego wartości graniczne.

Słowa kluczowe: Wskaźnik piaskowy; Mieszanka niezwiązana; Warstwa podbudowy

Abstract: In the article a review of sand equivalent evaluation methods of mineral mixtures for unbound road pavement layers was shown. Considering that there are various test methods and different evaluation criterions of these materials suitability, the need to develop unified sand equivalent method for aggregates and unbound mixtures in Poland was pointed. The objective method and limiting values of sand equivalent test were suggested. It was done based on laboratory examinations coupled with California bearing ratio tests.

Keywords: Sand equivalent; Unbound mixture; Base layer

Warstwy z kruszyw niezwiązanych są bardzo często wykonywane na polskich drogach. Ocena przydatności mieszanek do wykonania takich warstw oparta jest o wiele różnych kryteriów, między innymi o „wskaźnik piaskowy”. Wymagania dla tego parametru są różne w zależności od przepisów, na które można się powołać. Według normy PN-S-06102:1997 [1] mieszanka mineralna przeznaczona na podbudowę niezwiązaną, stabilizowaną mechanicznie, powinna charakteryzować się wskaźnikiem piaskowym w granicach $30 \div 70\%$. Zgodnie z „WT-4 Wymagania Techniczne” [2] aby możliwe było wykonanie warstwy nawierzchni drogowej z mieszanki kruszywa niezwiązanego, minimalna wartość wskaźnika piaskowego powinna wynosić: dla podłoża wzmocnionego 35%, dla podbudowy pomocniczej 40% a dla podbudowy zasadniczej 45%.

Takie same wartości podano w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” [3] Specyfikacja techniczna [4], opracowana przez GDDiK, obniża minimalną wartość wskaźnika piaskowego do 35% dla podbudów przeznaczonych pod ruch większy od średniego i 30% dla innych warstw.

Być może rozbieżności w kryteriach stosowanych dla wskaźnika piaskowego wynikają z prób dostosowywania przepisów do zmieniających się norm, opisujących sposób wyznaczania tego parametru. Przez prawie 40 lat wskaźnik piaskowy wyznaczany był na podstawie normy branżowej [5] z 1964 roku. W roku 2001 wprowadzono nową normę europejską PN-EN 933-8 [6], która w latach 2012 i 2015 była modyfikowana [7, 8]. We wszystkich przywołanych normach sposób oznaczenia wskaźnika piaskowego pozostaje taki sam.

Zmienia się jednak sposób przygotowania próbki do badania. Praktyka laboratoryjna pokazuje, że przygotowanie próbek ma zdecydowany wpływ na wynik końcowy badania.

Podobne rozbieżności w ocenie wskaźnika piaskowego występują również w pracach zagranicznych placówek badawczych. Wartości minimalne wskaźnika piaskowego, w zależności od kraju i stosowanych norm szczegółowych są różne [9]. W tabeli nr 1 przedstawiono zalecane wartości wskaźnika piaskowego stosowane w Grecji, USA, oraz Francji. Różnice dotyczą także sposobu przygotowania próbek laboratoryjnych. Wymagania Greckie nawiązują do badania próbki o uziarnieniu 0/2 natomiast w USA stosowana jest ocena wskaźnika piaskowego dla próbki o uziarnieniu 0/4,76 (sito nr 4) [10, 11].

Różne oceny i sposoby badania wskaźnika piaskowego wskazują na konieczność opracowania ujednoczonego sposobu oceny tego parametru dla kruszyw i mieszanek niezwiązanych w warunkach Polskich.

Tab. 1. Zalecane wartości wskaźnika piaskowego w Grecji, USA i Francji [9]

Kruszywo przeznaczone do:	Specyfikacje greckie	ASTM 2940, ASTM 3515 (USA)	Specyfikacje francuskie
Niezwiązane podbudowy zasadnicze	≥ 50	≥ 35	≥ 40 lub ≥ 50 lub $\geq 60^*$
Niezwiązane podbudowy pomocnicze	≥ 40	≥ 35 (≥ 30)	

*W zależności od rodzaju (kodu) mieszanki mineralnej – odpowiednio kod C, lub B lub A.

Przygotowanie próbek do wyznaczenia wskaźnika piaskowego

Norma BN-64/8931-01 [5] nakazuje przesianie badanego gruntu lub kruszywa przez sito o oczku kwadratowym # 4 mm. W czasie wykonywania przesiewu próbka powinna posiadać niewielką wilgotność aby uniknąć strat cząstek drobnych. Do oznaczenia wskaźnika piaskowego wykorzystuje się frakcję 0/4. Wynik przeprowadzonego badania opisuje się symbolem WP.

Zgodnie z normą PN-EN 933-8:2001 [6] badanie wskaźnika piaskowego należy przeprowadzić na próbce kruszywa o uziarnieniu 0/2 mm odsianej z mieszanki mineralnej przy wilgotności mniejszej niż 2%. Podając wynik badania należy użyć symbolu SE. Załącznik A do normy dopuszcza badanie na frakcji 0/4 mm, należy wtedy wynik badania opisać symbolem SE₄.

Norma PN-EN 933-8:2012 [7] wprowadza zdecydowaną zmianę. Po odsianiu frakcji 0/2 należy wyznaczyć zawartość frakcji pylastej w próbce. Jeżeli zawartość frakcji pylastej jest mniejsza niż 10% badanie przeprowadza się bez korekty składu. Jeżeli zawartość frakcji pylastej jest większa od 10% to należy skorygować skład próbki do badań tak aby zawartość frakcji pylastej była równa 10%. Wyznaczony w ten sposób wskaźnik piaskowy należy opisać symbolem SE(10). Załącznik A do normy dopuszcza badanie na próbce o uziarnieniu 0/4 mm. Nie koryguje się wtedy składu próbki pod względem zawartości frakcji pylastej, a uzyskany w trakcie badania wynik opisuje się symbolem SE₄.

Norma PN-EN 933-8:2015 [8] pozostawia taki sam sposób przygotowania próbki o frakcji 0/2 jak w normie z 2012 roku. Zmieniony został załącznik A, w którym dopuszcza się badanie na frakcji 0/4, ale analogicznie jak przy frakcji 0/2 należy korygować skład przy zawartości frakcji pylastej większej od 10%. Ciekawy jest fakt, że dla tak wyznaczonego wskaźnika piaskowego pozostawiono symbol SE₄, co

Tab. 2. Próbki do badań wskaźnika piaskowego według różnych norm

Nr normy	Badana frakcja	
	0/2 mm	0/4 mm
BN-64/8931-01	-	bez korekty
PN-EN 933-8:2001	bez korekty	bez korekty
PN-EN 933-8:2012	bez korekty	korekta zawartości frakcji pylastej
PN-EN 933-8:2015	korekta zawartości frakcji pylastej	korekta zawartości frakcji pylastej

może wprowadzać w błąd analizującego wynik badania, jeżeli nie zwróci uwagi na rok wydania normy według której badanie wykonano.

Podsumowując możliwe są cztery warianty przygotowania próbki do wyznaczenia wskaźnika piaskowego. Próbka może mieć uziarnienie 0/2 lub 0/4 mm i w obu przypadkach może być to próbka ze skorygowaną zawartością frakcji pylastej lub bez korekty. Zestawienie metod przygotowania próbek przedstawiono w tabeli 2.

Badania laboratoryjne

Przeprowadzenie badań zgodnie z normami z 2001 i 2015 roku umożliwi porównanie wszystkich cztery metod przygotowania próbki do badania wskaźnika piaskowego. Poszerzenie zakresu badań o wskaźnik nośności CBR dla mieszanek o różnym wskaźniku piaskowym, umożliwi ocenę stosowanych kryteriów przydatności mieszanek do wykonania warstw niezwiązanych.

Wskaźniki piaskowe według norm z 2001 i 2015 roku

Do badań wybrano melafir o uziarnieniu 0/31,5 mm. Mieszanek mineralną podzielono na wąskie frakcje w celu bardzo dokładnego kontrolowania składu każdej badanej mieszanki. Jako optymalną przyjęto mieszanek, której krzywa uziarnienia znajduje się w połowie pola wyznaczonego przez graniczne krzywe uziarnienia dla podbudów pomocniczych, zgodnie z wy-

maganiem WT-4 [2]. Następnie zmieniało proporcje pomiędzy frakcjami 0/0,063 i 0,063/2 mm. Ostatecznie przygotowano sześć mieszanek, których krzywe uziarnienia przedstawiono na rysunku 1. Wyniki badań wskaźnika piaskowego dla różnych zawartości frakcji pylastej i przy różnym sposobie przygotowaniu próbki pokazano na rysunku 2.

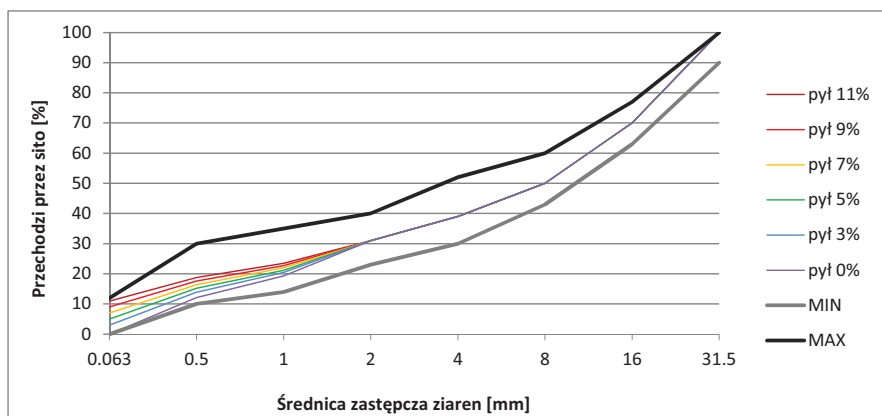
W efekcie badań przeprowadzonych zgodnie z normą z 2015 roku stwierdzono, że wszystkie mieszanki charakteryzują się wskaźnikami piaskowymi większymi od 50%. W związku z tym spełniają wymagania WT-4 i mogą być wykorzystane do wykonania podbudowy pomocniczej i zasadniczej. Kryterium, które dopuszcza wszystkie mieszanki, bez względu na zawartość frakcji pylastej, przestaje być miarodajne.

Przygotowując próbki do badań zgodnie z normą z 2001 roku tylko dla mieszanek o zawartości frakcji pylastej 0% i 3% uzyskano wskaźniki piaskowe większe od 40%. W związku z tym pozostałe mieszanki nie powinny być stosowane ani do podbudów pomocniczych ani do podbudów zasadniczych. W tym przypadku powstaje pytanie: czy graniczne wartości wskaźnika piaskowego - 40% i 45% (zawarte w [2]), nie są zbyt rygorystyczne?

Wskaźniki piaskowe wyznaczone dla frakcji 0/2 i 0/4

Do badań wybrano trzy wcześniej zaprojektowane mieszanki mineralne o zawartości frakcji pylastej w ilości 3%, 7% i 11% (rysunek 1). Następnie dla każdej z trzech mieszanek zmieniano proporcje pomiędzy frakcją 2/4 i 4/8 mm. Frakcji 2/4 było od 0% do 17%. Dla mieszanek pozbawionych frakcji 2/4 wskaźnik piaskowy oznaczony na frakcji 0/2 jest równy wskaźnikowi oznaczonemu na frakcji 0/4. Ostatecznie przygotowano 3 x 7 = 21 mieszanek mineralnych, których krzywe uziarnienia przedstawiono na rysunku 3. Dla tak przygotowanych mieszanek badano wskaźniki piaskowe SE₄ zgodnie z normą z 2001 roku. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 4.

Podsumowując ten etap badań należy zauważyć, że maksymalne różnice pomiędzy wartościami wskaźników piaskowych wyniosły odpowiednio:



1. Krzywe uziarnienia mieszank o różnych zawartościach frakcji pylastej i piaskowej oraz krzywe graniczne dla mieszanki mineralnej na podbudowę pomocniczą, zgodnie z WT-4

- dla zawartości frakcji pylastej 3%

$$SE_{4\max} - SE_{4\min} = 72\% - 54\% = 18\%$$

- dla zawartości frakcji pylastej 7%

$$SE_{4\max} - SE_{4\min} = 42\% - 26\% = 16\%$$

- dla zawartości frakcji pylastej 11%

$$SE_{4\max} - SE_{4\min} = 27\% - 18\% = 9\%$$

Zważywszy na fakt, że najniższy punkt w każdej z trzech serii przedstawia sytuację w której $SE_4 = SE$ [6] oznacza, że różnice wartości przy oznaczaniu wskaźników piaskowych dla frakcji 0/2 i 0/4 mm mogą dochodzić do 20% (różnica pomiędzy wartościami wyznaczonymi w procentach).

Zagęszczalność i nośność mieszank mineralnych

Z punktu widzenia trwałości konstrukcji nawierzchni drogowej, oprócz analiz wskaźnika piaskowego dla podbudów drogowych istotna jest również ich zagęszczalność i nośność. Parametrem opisującym te cechy jest wskaźnik nośności CBR. Jest on ściśle powiązany z uziarnieniem danej mieszanki a więc również ze wskaźnikiem piaskowym.

Minimalne wartości wskaźnika piaskowego, podawane w różnych przepisach, wahają się w granicach 30% ÷ 45%. Aby ocenić, która z tych wartości jest prawidłowa, postanowiono poszukać związku pomiędzy wskaźnikiem piaskowym i nośnością mieszanki.

Dla każdej z sześciu mieszank, opisanych w poprzednim punkcie, wykonano badanie Proctora [12] a następnie wyznaczono wskaźnik nośności CBR [13]. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 3.

Zgodnie z wymaganiami [1,2,3,4] na podbudowę zasadniczą nadają się mieszanki o wskaźniku nośności większym od 80% a na podbudowę pomocniczą większym od 60%. Oznacza to, że mieszanka o zawartości frakcji pylastej 0% może być zastosowana tylko na podbudowę pomocniczą. Pozostałe mieszanki o zawartości frakcji pylastej 3 ÷ 11% spełniły wymagania jak dla podbudowy zasadniczej. Analiza wyników pozwala stwierdzić, że przy zawartości frakcji pylastej w ilości 7% ($SE_{4,2001} = 40\%$) uzyskano najwyższe gęstości objętościowe szkieletu i najwyższe wskaźniki nośności. Nośności mieszank o zawartości frakcji pylastej mniejszej od 3% ($SE_{4,2001} > 61\%$) są prawie dwukrotnie mniejsze od nośności mieszank o zawartości frakcji pylastej 5 ÷ 9% ($SE_{4,2001} = 40\% \div 24\%$).

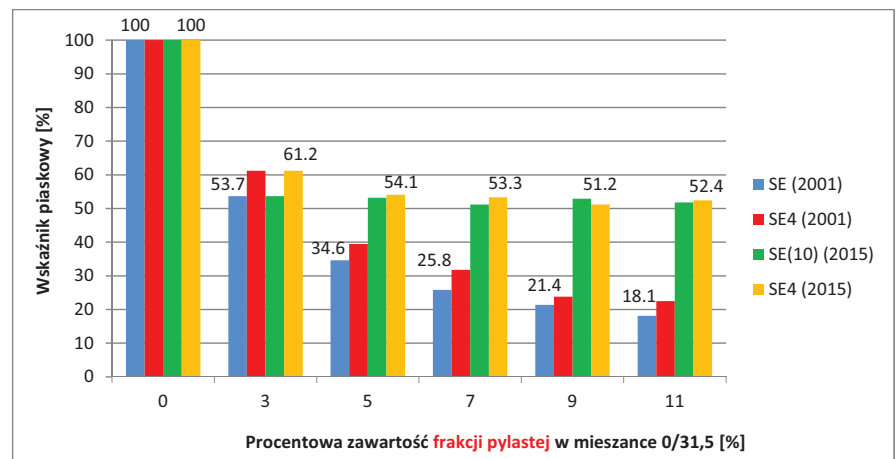
Wzajemną zależność wskaźników nośności CBR i piaskowego przedstawiono na rysunku 5. Z sześciu analizowanych mieszank tylko jedna o zawartości frakcji

pylastej 3%, spełniła wszystkie wymagania jak dla podbudowy zasadniczej zgodnie z wymaganiami WT-4. Kryteria zapisane w OST [4] spełniły dwie mieszanki, o zawartości frakcji pylastej 3% i 5%. Zgodnie z normą z 1997 roku [1] do wykonania podbudowy zasadniczej można zastosować trzy z badanych mieszank, o zawartości frakcji pylastej 3%, 5% i 7%.

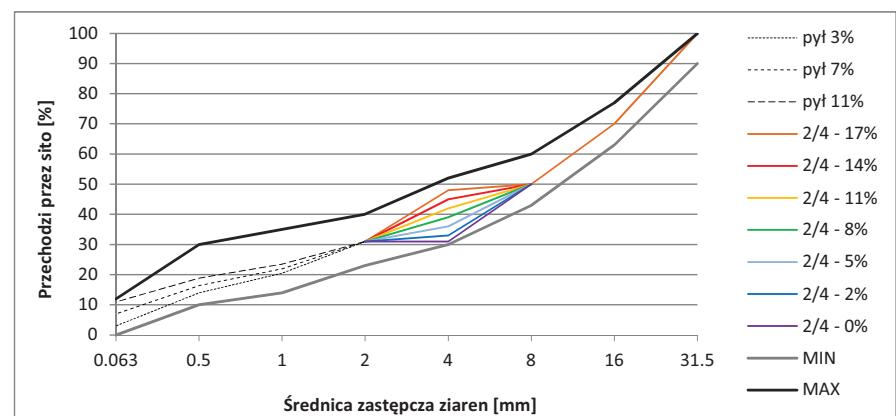
Z badań wynika, że podczas przygotowywania próbek laboratoryjnych z zastosowaniem odsiewania frakcji pylastej

– metoda $SE_{4(2015)}$, bez względu na rzeczywistą zawartość frakcji pylastej w mieszance, uzyskuje się zbliżone wartości wskaźnik piaskowego. Wynika stąd, że taka ocena nie jest miarodajna i nie powinna być stosowana do oceny przydatności mieszank do zastosowania w nawierzchniach drogowych.

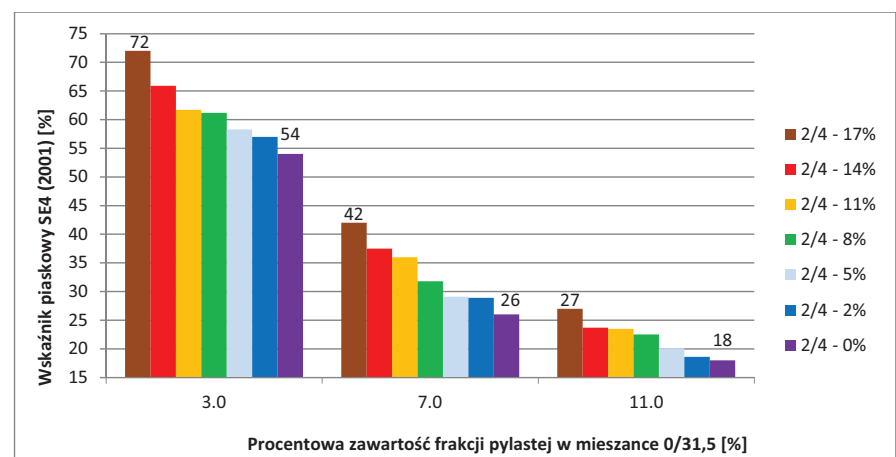
Zdaniem autorów, wskaźnik piaskowy wyznaczony na próbkach o uziarnieniu 0/4 mm bez korekty ich składu jest najbardziej obiektywnym sposobem wyzna-



2. Wskaźniki piaskowe dla różnych zawartości frakcji pylastej w mieszance mineralnej



3. Krzywe uziarnienia mieszank o różnej zawartości frakcji pylastej i frakcji 2/4 oraz krzywe graniczne dla mieszanki mineralnej na podbudowę pomocniczą, zgodnie z WT-4



4. Wskaźniki piaskowe SE4 dla różnych zawartości frakcji pylastej i różnej zawartości frakcji 2/4

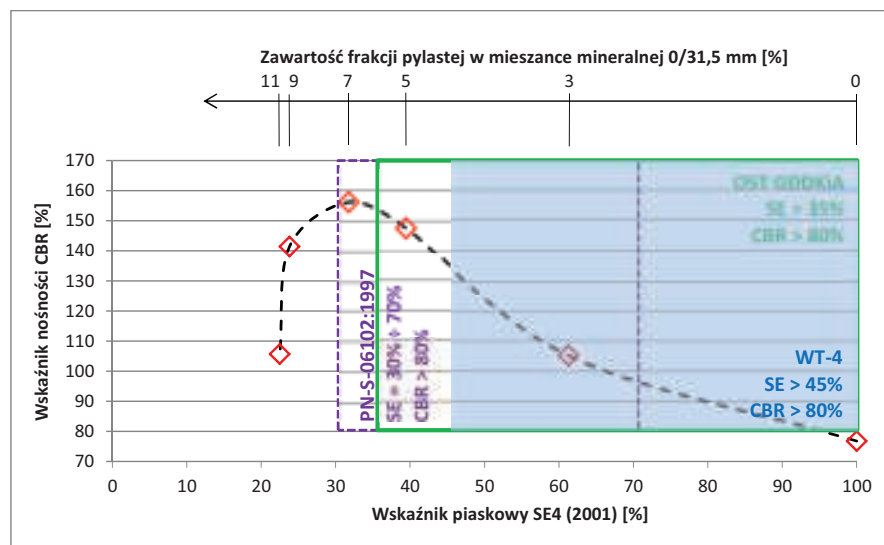
Tab. 3. Zestawienie wyników badań dla mieszanek mineralnych

Badana cecha	Jednostka	Zawartość frakcji pylastej w mieszance mineralnej					
		0%	3%	5%	7%	9%	11%
Przesiew # [mm]							
31,5	[%]	100	100	100	100	100	100
16		70	70	70	70	70	70
8		50	50	50	50	50	50
4		39	39	39	39	39	39
2		31	31	31	31	31	31
1		19,3	20,5	21,2	22	22,7	23,5
0,5		12,1	13,9	15,2	16,4	17,6	18,8
0,063		0	3	5	7	9	11
Wskaźnik piaskowy							
SE (2001)	[%]	100	54	35	26	21	18
SE4 (2001)		100	61	40	32	24	22
SE(10) (2015)		100	54	53	51	53	52
SE4 (2015)		100	61	54	53	51	52
Zagęszczalność							
W_{opt}	[%]	9,6	9,4	8,8	8,3	8,1	8,2
$\rho_{0s,max}$	[g/cm ³]	2,011	2,114	2,142	2,175	2,174	2,163
Wskaźnik nośności							
CBR	[%]	76,8	105,2	147,7	156,2	141,4	105,7

czania tego parametru z uwagi na późniejsze stosowanie danego materiału w warunkach rzeczywistych. W praktyce wykonywania warstwy podbudowy nie ma możliwości ani celu w odsiewaniu frakcji pylastych. Badania laboratoryjne powinny natomiast w maksymalny możliwy sposób odwzorowywać (modelować) pracę warstwy w warunkach rzeczywistych.

Najwyższe nośności uzyskano dla mieszanek zawierających od 5-9% frakcji pylastej. Takie mieszanki charakteryzują się wskaźnikiem piaskowym na poziomie

25-40% dla badania frakcji 0/4mm bez odsiewania frakcji pylastych. Należy zatem stwierdzić, że podczas oceny wskaźnika piaskowego wg $SE_{4(2001)}$, zalecana minimalna wartość tego parametru powinna wynosić ok 30%. Z drugiej strony zbyt duża wartość wskaźnika piaskowego prowadzi do zmniejszenia nośności i osłabienia zagęszczalności danej mieszanki. Dlatego dla analiz frakcji 0/4 bez odsiewania frakcji pylastych wg $SE_{4(2001)}$ maksymalna wartość wskaźnika piaskowego powinna kształtować się na poziomie 70%.



5. Zmiany wskaźnika nośności CBR w zależności od wskaźnika piaskowego $SE_{4(2001)}$ oraz wymagania dla podbudów zasadniczych według różnych przepisów [1,2,4]

Podsumowanie badań

- Dowolna mieszanka mineralna, przebadana zgodnie z normę z 2015 roku [8], spełniała wymagania WT-4 dla podbudowy zasadniczej pod względem wskaźnika piaskowego. Korekta zawartości frakcji pylastej jest niewłaściwym sposobem na przygotowanie próbki do badań wskaźnika piaskowego. Odpylenie próbki badawczej zgodnie z normą [8], prowadzi do zmiany składu ziarnowego materiału i znacznego zawyżenia wyników. Wartości wskaźnika piaskowego będą zawsze powyżej 50% bez względu na zawartość frakcji pylastej w mieszance.
- We wszystkich wytycznych i specyfikacjach technicznych należy jednoznacznie precyzować czy podane kryterium dotyczy badania przeprowadzonego na próbce o uziarnieniu 0/2 mm czy 0/4 mm.
- Ze względu na optymalne zagęszczenie mieszanki mineralnej i jednocześnie najwyższe wskaźniki nośności, zawartość frakcji pylastej powinna być w granicach 5 ÷ 7%. Odpowiada to wskaźnikowi piaskowemu, oznaczonemu na frakcji 0/4 mm, w granicach $SE_4 \approx 30 \div 40\%$.
- Mieszanki mineralne o zbyt małej zawartości frakcji pylastej charakteryzują się niższymi parametrami zagęszczalności i nośności niż mieszanki o optymalnej zawartości tej frakcji. Nie powinno się stosować mieszanek o zawartości frakcji pylastej mniejszej niż 3%. Oznacza to, że do wykonywania warstw nawierzchni należy stosować mieszanki mineralne o wskaźniku piaskowym $SE_4 < 70\%$.
- Do oceny wskaźnika piaskowego powinna być stosowana metoda $SE_{4(2001)}$ na frakcji 0/4mm bez odsiewania frakcji pylastej a odpowiadające jej wartości graniczne wskaźnika piaskowego to min. 30% , max 70%.

Wnioski

Przeprowadzone badania laboratoryjne dają podstawę do stwierdzenia iż stosowanie odpylania kruszywa w badaniu WP jest niewłaściwym postępowaniem. Na podstawie wykonanego cyklu badań zaproponowano ujednoczoną ocenę kruszywa i mieszanek mineralnych pod kątem wskaźnika piaskowego. Badania wykonywane metodą $SE_{4(2001)}$ dają obiektywne wyniki skorelowane z zagęszczalnością i nośnością analizowanych materiałów. Podczas analiz opracowano nowe kryteria oceny wskaźnika piaskowego $SE_{4(2001)}$. Wyniki badań są obiecujące a

dalsze rozszerzenie zakresu badań, np. o analizy kruszyw z innych kamieniołomów, powinno potwierdzić zaobserwowane zależności.

Zdaniem autorów artykułu, najrozsądniejsze wydaje się rozwiązanie przyjęte w normie PN-S-06102:1997 [1]. Wskaźnik piaskowy dla mieszanek mineralnych, przeznaczonych na warstwy niezwiązane, należy badać na frakcji 0/4 bez korygowania zawartości frakcji pylastej. Kruszywa lub mieszanki bez względu na rodzaj warstwy, do której mają być zastosowane powinny charakteryzować się minimalną wartością wskaźnika piaskowego nie mniejszą niż 30%. Powinna być również określona maksymalna wartość wskaźnika, a zaproponowana w normie [1] wartość 70% jest rozsądną. ◀

Materiały źródłowe

[1] PN-S-06102:1997 Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie.

- [2] Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych. WT-4 2010. Wymagania Techniczne. Załącznik Nr 3 do Zarządzenia Nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010r.
- [3] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014r.
- [4] Ogólne Specyfikacje Techniczne (OST). Warstwy konstrukcyjne nawierzchni z mieszanek kruszyw niezwiązanych zagęszczanych mechanicznie - 2014 r. GDDKiA
- [5] BN-64/8931-01 Drogi samochodowe. Oznaczenie wskaźnika piaskowego
- [6] PN-EN 933-8:2001 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.
- [7] PN-EN 933-8:2012 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.
- [8] PN-EN 933-8:2015 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena

zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.

- [9] A. NIKOLAIDES, E. MANTHOS, M. SARAFIDOU, "Sand equivalent and methylene blue value of aggregates for highway engineering", Foundations of civil and environmental engineering, No. 10, 2007
- [10] Department of Transportation Division of Engineering Services, "Method of test for sand equivalent", California Test 217, June 2008
- [11] Texas Department of Transportation, Construction Division, "Test Procedure for sand equivalent test, TEX-203-F", Texas, January 2016
- [12] PN-EN 13286-2:2010 Mieszanki niezwiązane i związane hydraulicznie. Metody badań laboratoryjnych gęstości na sucho i zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proctora.
- [13] PN-EN 13286-47:2012 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności, natychmiastowego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego.

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAC

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łążany
58-130 Żarów