



EUGENIUSZ ZAWISZA

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
kiwig@ur.krakow.pl



ANNA FRAN CZAK

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ania_franczak@interia.pl

Wytrzymałość i mrozoodporność stabilizowanych popiołów lotnych

Rozbudowa polskiej sieci dróg i autostrad, pasów startowych na lotniskach powoduje zwiększone zapotrzebowanie na ogromną ilość materiałów kamiennych i ziemnych. Duże zużycie materiałów naturalnych wpływa degradująco na środowisko i walory krajobrazowe; pozyskiwanie, przetwórstwo i transport tych materiałów jest kosztowne i energochłonne [1], [6].

Podobnie wymiana gruntu pociąga za sobą duże nakłady ekonomiczne, gdyż trzeba zaangażować ciężki sprzęt do odspojenia gruntu rodzimego i jego wywiezienia na miejsce odkładu, a następnie przywiezienia i wbudowania odpowiedniego mate-

riatu. Jeżeli istnieje możliwość wykorzystania gruntu rodzimego i poprawienie jego parametrów poprzez ulepszenie (stabilizację spoiwami), należy z takiej możliwości skorzystać. Metoda ta jest powszechnie znana i używana z bardzo dobrym skutkiem do poprawienia właściwości gruntów budowlanych. Najpopularniejszymi spoiwami drogowymi są cement i wapno. Stosuje się także inne materiały o cechach spoiw, które spełniają rolę stabilizatorów. Do materiałów takich należą niektóre popioły lotne i żużel wielkopiecowy granulowany [4], [5], [7].

Budowa dróg jest jednym z czynników powodujących zmiany w środowisku, między innymi poprzez eksploatację zasobów kruszyw naturalnych. Budowa jednego kilometra zwykłej drogi pochłania od 10 do 20 tysięcy metrów sześciennych materiału mineralnego, który można pozyskać z kopalń piasku lub kopalń innych kruszyw. Z drugiej strony przemysł ciężki wytwarza ogromną ilość odpadów, które mogą być wykorzystane w budownictwie drogowym zamiast materiałów naturalnych. Jeśli odpady przemysłowe nie są odpowiednio zagospodarowywane, to wywierają niekorzystny wpływ na środowisko przyrodnicze. Połączenie tych zagadnień jest racjonalne oraz okazuje się opłacalne dla inwestorów [8], [2], [3].

W niniejszym artykule przedstawiona zostanie metodyka i wyniki badań wytrzymałości na ściskanie oraz wskaźnika mrozoodporności wybranego popiołu lotnego niestabilizowanego oraz stabilizowanego cementem lub wapnem, który może być przydatny w budownictwie drogowym.

Charakterystyka badanego materiału

Materiał do badań stanowił popiół pobrany z elektrofiltrów, z czterech pierwszych lejów zsypanych Elektrowni „Skawina”. Głównymi składnikami popiołu są tlenki krzemu i glinu,

stanowiące łącznie około 78%, a w mniejszych ilościach występują tlenki żelaza, wapnia, siarki czy magnezu (tab. 1).

Tabela 1. Skład chemiczny popiołu z Elektrowni „Skawina”

Oznaczony tlenek	Symbol	Zawartość po przepaleniu [%]
Krzemionka	SiO ₂	53,00
Glin	Al ₂ O ₃	24,60
Żelazo	Fe ₂ O ₃	8,07
Wapń	CaO	2,85
Potas	K ₂ O	2,41
Magnez	MgO	2,36
Sód	Na ₂ O	1,66
Tytan	TiO ₂	1,07
Siarka	SO ₃	1,04
Fosfor	P ₂ O ₅	0,24
Mangan	Mn ₃ O ₄	0,15
Bar	BaO	0,08
Stront	SrO	0,03
Strata prażenia	950°C	2,00
Suma	–	99,56
Wilgoć	–	0,05
Części palne	C _{organiczny}	1,64
Węglany	CO ₂	–

Badany materiał sklasyfikowano pod względem geotechnicznym [11] jako pył piaszczysty różnoziarnisty (tab. 2). Gęstość właściwa szkieletu popiołu, oznaczona dla cząstek d < 0,063 mm metodą kolby miarowej w wodzie, wynosiła 2,29 g·cm⁻³. Jest to wartość dość typowa dla popiołów lotnych, przy czym jest ona dużo mniejsza od odpowiedniej wartości dla gruntów mineralnych o zbliżonym uziarnieniu.

Tabela 2. Podstawowe właściwości fizyczne popiołów z Elektrowni „Skawina”

Parametr	Wartość	
	Zakres	Średnia
Zawartość frakcji [%]:		
– piaszkowej 2 ÷ 0,05 mm	20,72–31,35	26,035
– pyłowej 0,05 ÷ 0,002 mm	61,39–71,79	66,59
– ilowej < 0,002 mm	7,25–7,49	7,37
Nazwa wg PN-86/B-02480	Pył/pył piaszczysty	Pył
Wskaźnik różnoziarnistości [–]	7,9–8,8	8,4
Wilgotność optymalna [%]	25,5–27,2	26,4
Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu [g·cm ⁻³]	1,26–1,275	1,265
Gęstość właściwa szkieletu [g·cm ⁻³]	2,290–2,293	2,290

Maksymalną gęstość objętościową szkieletu i wilgotność optymalną określono w aparacie Proctora przy standardowej energii zagęszczania $0,59 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$. Wilgotność optymalna wynosiła ponad 26%, a maksymalna gęstość objętościowa szkieletu około $1,27 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Metodyka badań

Do stabilizacji popiołu zastosowano dwa rodzaje spoiwa hydraulicznego: cement portlandzki klasy 32,5 R i wapno hydratyzowane. Dodatek obydwu rodzajów stabilizatora wynosił 3, 6 i 10% w stosunku do suchej masy popiołu i przyjęto go na podstawie wymagań określonych w normach PN-S-96012:1997 [9] i PN-S-96011:1998 [10].

Tabela 3. Pielęgnacja próbek do badań wytrzymałości na ściskanie

Wytrzymałość na ściskanie	Stabilizator		Pielęgnacja próbek
	rodzaj	dobrytek [%]	
R_0	cement wapno	0	Próbki po uformowaniu (tego samego dnia) zostały poddane wytrzymałości na ściskanie
		3	
		6	
		10	
R_7	cement wapno	0	3 doby w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem, po czym przez 1 dobę zanurzone w 1 cm wody, a przez następne 3 doby zanurzone całkowicie w wodzie
		3	
		6	
		10	
R_{14}	cement wapno	0	7 dób w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem, po czym całkowite zanurzenie próbek w wodzie w temperaturze pokojowej na 7 dób
		3	
		6	
		10	
R_{28}	cement wapno	0	14 dób w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem, po czym całkowite zanurzenie próbek w wodzie w temperaturze pokojowej na 14 dób
		3	
		6	
		10	
R_{28}^{z-o}	cement wapno	0	13 dób w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem, po czym całkowite zanurzenie na 1 dobę, a następnie w ciągu kolejnych 14 dni poddane cyklem ¹⁾ zamrażania i odmrażania
		3	
		6	
		10	
R_{42}	cement wapno	0	28 dób w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem, po czym całkowite zanurzenie próbek w wodzie w temperaturze pokojowej na 14 dób
		3	
		6	
		10	

¹⁾ jeden cykl to 8-godzinne zamrażanie w temperaturze -23°C i 16-godzinne odmrażanie w wodzie w temperaturze pokojowej,

$R_0, R_7, R_{14}, R_{28}, R_{42}$ – wytrzymałość na ściskanie próbek po 0, 7, 14, 28 i 42 dobach pielęgnacji,

R_{28}^{z-o} – wytrzymałość ściskanie próbek po 28 dobach pielęgnacji poddanych 14 cyklom zamrażania i odmrażania,

$$n = \frac{R_{28}^{z-o}}{R_{28}} - \text{wskaźnik mrozoodporności.}$$

Do oznaczenia wytrzymałości na ściskanie przygotowano próbki o średnicy i wysokości po 8 cm, zagęszczane w aparacie Proctora standardową energią zagęszczania $0,59 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$. Wskaźnik zgęszczenia próbek wynosił od 0,99 do 1,01, a wilgotność wynosiła około 24–28% i była zbliżona do wilgotności optymalnej danej mieszanki (tab. 2 i 4). Przygotowano po 3 próbki popiołu bez dodatku stabilizatora i po 3 próbki popiołu stabilizowanego cementem lub wapnem, łącznie 105, które poddano pielęgnacji według opisu podanego w tabeli 3.

Wytrzymałość na ściskanie oznaczono bezpośrednio po uformowaniu próbek oraz po 7, 14, 28 i 42 dobach pielęgnacji przy użyciu prasy aparatury do oznaczania kalifornijskiego wskaźnika nośności CBR (Tritech 100), produkcji angielskiej firmy *Wykehman Farrance International*.

Oznaczono również wytrzymałość na ściskanie próbek stabilizowanych obydwoma rodzajami spoiwa po 14 dobach pielęgnacji i po 14 cyklach zamrażania – odmrażania (razem 28 dób), na podstawie której obliczono wskaźnik mrozoodporności. Badania wykonano w trzech powtórzeniach (po 3 próbki z popiołu i z każdej mieszanki, razem 21 próbek), a z ich wyników obliczono wartość średnią do dalszych analiz.

Wyniki badań i ich analiza

Zagęszczalność

Wilgotność optymalna samego popiołu wynosiła 26,40%, natomiast wraz ze zwiększaniem dodatku cementu do 10% zmniejszyła się do 23,60% (tab. 4). Wraz ze zwiększaniem dodatku wapna wilgotność optymalna początkowo wzrastała do 27,80% (przy 6% dodatku wapna), a następnie zmalała do 25,60% (przy 10% dodatku wapna).

Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu samego popiołu wynosiła $1,265 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Wraz ze wzrostem procentowego dodatku cementu zwiększyła się do $1,29 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (przy 10% dodatku), natomiast wraz ze wzrostem dodatku wapna zmalała do $1,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (przy 6% dodatku) (tab. 4).

Tabela 4. Parametry zagęszczalności mieszanek popiołu z dodatkiem stabilizatora

Dodatek spoiwa [%]		Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Wilgotność optymalna [%]
Cement	0	1,265	26,40
	3	1,26	26,20
	6	1,27	26,00
	10	1,29	23,55
Wapno	3	1,23	27,00
	6	1,22	27,80
	10	1,23	25,55

Wytrzymałość na ściskanie

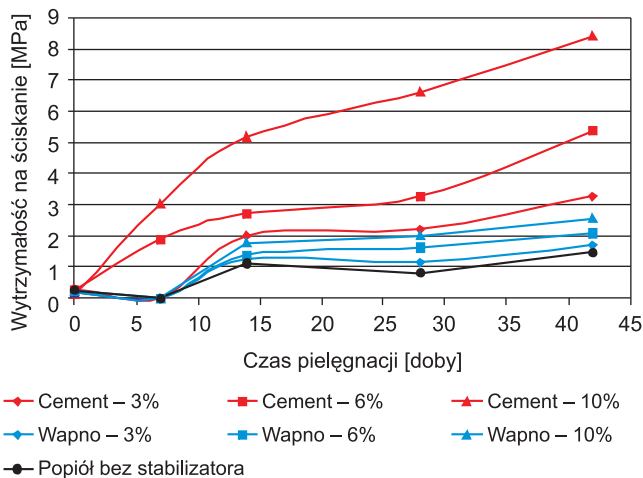
Próbki popiołu niestabilizowanego wykazały ogólnie niedużą wytrzymałość, natomiast próbki popiołu stabilizowanego cementem odznaczały się znacznie większą wytrzymałością na ściskanie niż próbki stabilizowane wapnem, przy czym

była ona zależna od czasu pielęgnacji i dodatku stabilizatora (tab. 5, rys. 1) i tak:

- popiół niestabilizowany wykazał wzrost wytrzymałości na ściskanie od 0,26 do 1,48 MPa wraz z wydłużaniem okresu pielęgnacji od 0 do 42 dób. Wytrzymałość na ściskanie próbek po 42 dobach pielęgnacji była 5,5 razy większa od próbek badanych bezpośrednio po uformowaniu,

Tabela 5. Wartości wytrzymałości na ściskanie popiołu niestabilizowanego oraz stabilizowanego cementem lub wapnem

Wytrzymałość na ściskanie [MPa]			
Czas	Dodatek spoiwa [%]	Cement	Wapno
R ₀	0	0,26	
	3	0,32	0,19
	6	0,29	0,19
	10	0,12	0,25
R ₇	0	-	
	3	0	0
	6	1,9	0
	10	3,03	0
R ₁₄	0	1,13	
	3	2,03	1,28
	6	2,73	1,4
	10	5,19	1,81
R ₂₈	0	0,81	
	3	2,24	1,18
	6	3,28	1,63
	10	6,61	2,01
R ₂₈ ^{z-o}	0	0,03	
	3	0,81	0,30
	6	1,93	0,29
	10	4,59	0,27
R ₄₂	0	1,48	
	3	3,27	1,7
	6	5,38	2,11
	10	8,43	2,57



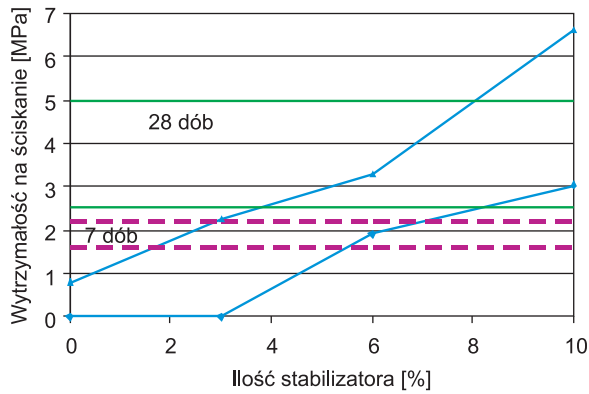
Rys.1. Wytrzymałość na ściskanie popiołu w zależności od czasu pielęgnacji oraz rodzaju i dodatku spoiwa

- 3% dodatek cementu do popiołu spowodował wzrost wytrzymałości na ściskanie od 0,32 do 3,27 MPa, a taki sam dodatek wapna – od 0,19 do 1,70 MPa wraz z wydłużeniem okresu pielęgnacji od 0 do 42 dób. Wynika z tego, że próbki stabilizowane cementem uzyskały wytrzymałość około 1,7-krotnie większą po 0 dobach pielęgnacji, 1,5-krotnie większą po 14 dobach pielęgnacji, a 1,9-krotnie większą po 28 i 42 dobach pielęgnacji niż próbki stabilizowane wapnem,
- próbki z 6% dodatkiem cementu wykazały wytrzymałości na ściskanie większe niż próbki z takim samym dodatkiem wapna: 1,5-krotnie po 0 dobach, 1,9-krotnie po 7 i 14 dobach, 2-krotnie po 28 dobach i 2,5-krotnie po 42 dobach pielęgnacji,
- próbki z 10% dodatkiem cementu wykazały około 2-krotnie mniejszą wytrzymałość na ściskanie po 0 dobach pielęgnacji w porównaniu do próbek z takim samym dodatkiem wapna. Natomiast po n-dobach pielęgnacji próbki stabilizowane cementem wykazały dużo większą wytrzymałość niż próbki stabilizowane wapnem: 3-krotnie po 7, 2,8-krotnie po 14 oraz 3,2-krotnie po 28 i 42 dobach pielęgnacji. Powyższe wyniki świadczą o tym, iż wraz z wydłużaniem czasu pielęgnacji różnice między wytrzymałością popiołu stabilizowanego obydwoma rodzajami spoiwa znacznie się zwiększały.

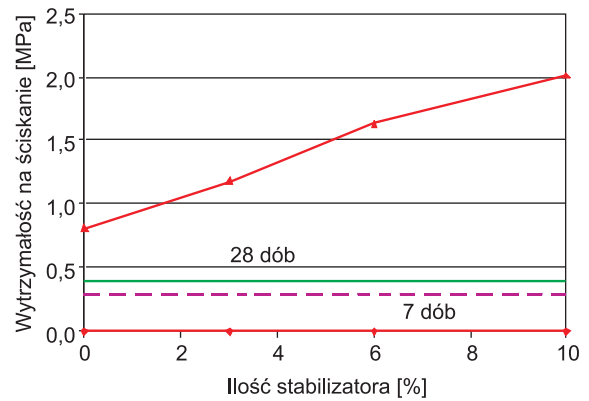
Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie wykazały przydatność mieszanki popiołu stabilizowanego cementem lub wapnem do celów drogowych. Norma PN-S-96012:1997 „Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem” [9] wymaga, żeby wytrzymałość na ściskanie po 7 dobach warstwy podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowej wynosiła co najmniej 1,6 MPa, a po 28 dobach co najmniej 2,5 MPa. Warunek ten spełnia popiół z dodatkiem 6 i 10% cementu (rys. 2). Wymagania dotyczące górnej części warstwy ulepszonego podłoża wynoszą: co najmniej 1,0 MPa po 7 dobach pielęgnacji i co najmniej 1,5 MPa po 28 dobach. Wymagania te spełnia popiół z dodatkiem 6 i 10% cementu. Wymagania dotyczące dolnej części ulepszonego podłoża (co najmniej 0,5 MPa po 28 dobach pielęgnacji) spełnia popiół z 3, 6 i 10% dodatkiem cementu.

Norma PN-S-96011:1998 „Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych” [10] wymaga, aby wytrzymałość na ściskanie materiału stabilizowanego na podbudowę pomocniczą dróg o ruchu bardzo lekkim wynosiła co najmniej 0,5 MPa po 7 dobach i co najmniej 0,7 MPa po 28 dobach pielęgnacji. W odniesieniu do górnej warstwy ulepszonego podłoża drogi (do 1,0 m poniżej niwelety drogi) norma wymaga, aby wytrzymałość na ściskanie wynosiła co najmniej 0,3 MPa po 7 dobach i co najmniej 0,4 MPa po 28 dobach pielęgnacji. Do wstępnego ulepszenia gruntów przeznaczonych do dalszej stabilizacji lub na dolne warstwy ulepszonego podłoża (poniżej 1,0 m od niwelety drogi) norma wymaga, aby wytrzymałość na ściskanie po 7 dobach pielęgnacji wynosiła co najmniej 0,2 MPa. Wymagania te spełnia popiół stabilizowany 3, 6 i 10% dodatkiem wapna (rys. 3) – po 14 i 28 dobach pielęgnacji. Wymagania dotyczące wytrzymałości po 7 dobach pielęgnacji nie zostały spełnione. Wydaje się jednak, że stwierdzony istotny wzrost wytrzymałości po 14, 28 i 42 dobach pielęgnacji wskazuje na możliwość zastosowania popiołu stabilizowanego 6 i 10% dodatkiem wapna do ww. celów.

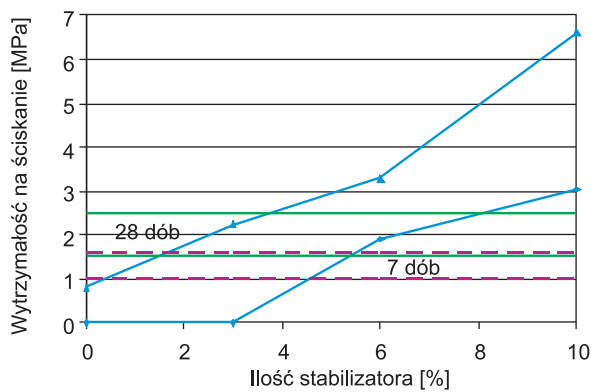
a) podbudowa zasadnicza



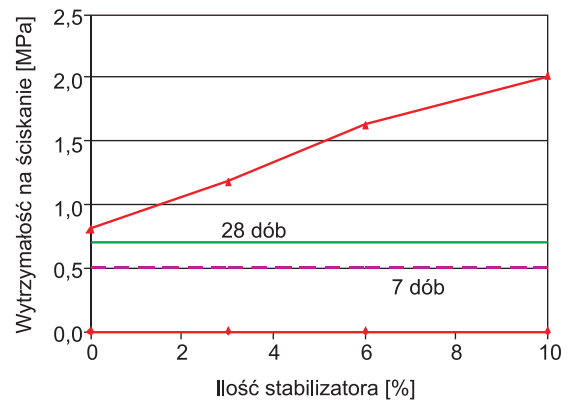
a) górna warstwa ulepszonego podłoża



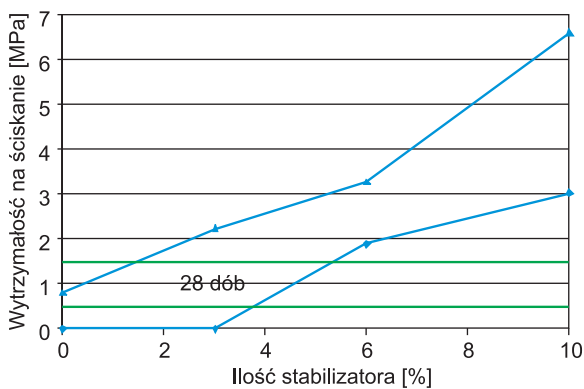
b) górna część ulepszonego podłoża



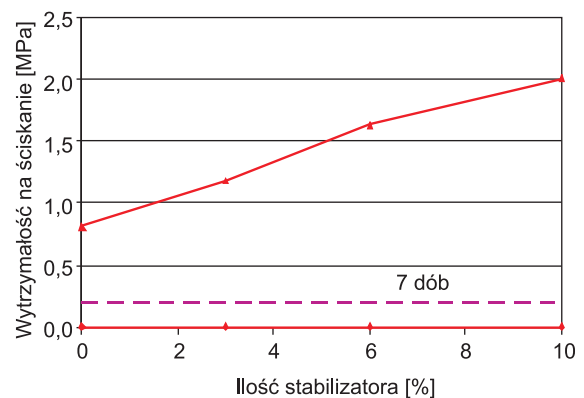
b) podbudowa pomocnicza dróg o ruchu bardzo lekkim



c) część dolna ulepszonego podłoża



c) wstępne ulepszenie lub dolne warstwy ulepszonego podłoża



- 1) podbudowa zasadnicza nawierzchni drogowej dla ruchu kategorii KR 1; podbudowa pomocnicza dla ruchu od KR 2 do KR 6
- 2) dla warstwy o grubości ≥ 10 cm i ruchu kategorii KR 5 i KR 6 lub dla warstwy ulepszenia słabego podłoża z gruntów wątpliwych oraz wysadzinowych
- 3) dla konstrukcji nawierzchni posadowionej na podłożu z gruntów wrażliwych na działanie wody i mrozu

wyniki badań:

— 7 dób — 28 dób

wymagania normy PN-S-96012:1997 [9]

— 7 dób — 28 dób

Rys. 2. Wykres zależności wytrzymałości na ściskanie popiołu od procentowej zawartości cementu na tle wymagań normowych

wyniki badań:

— 7 dób — 28 dób

wymagania normy PN-S-96011:1998 [10]

— 7 dób — 28 dób

Rys. 3. Wykres zależności wytrzymałości na ściskanie popiołu od procentowej zawartości wapna na tle wymagań normowych

Wskaźnik mrozoodporności

Próbki popiołu stabilizowanego cementem i poddane cykлом zamrażania – odmrażania odznaczały się znacznie większą wytrzymałością na ściskanie niż próbki stabilizowane wapnem (tab. 5). Największą wartość wytrzymałości uzyskano przy 10% dodatku cementu (4,59 MPa), a najniższą wartość (0,03 MPa) dla próbek bez dodatku stabilizatora. Dodatek 3% cementu pozwolił uzyskać 2,7-krotnie wyższą wytrzymałość na ściskanie niż z takim samym dodatkiem wapna, a dodatek 6% cementu – 6,5-krotnie większą niż z takim samym dodatkiem wapna, natomiast dodatek 10% cementu aż 17-krotnie większą niż z takim samym dodatkiem wapna.

Wartość wskaźnika mrozoodporności próbek bez dodatku stabilizatora wynosiła zaledwie 0,04, natomiast próbek stabilizowanych cementem zwiększała się wraz ze zwiększaniem dodatku spoiwa – od 0,36 przy 3% do 0,69 przy 10% dodatku cementu (tab. 6).

Tabela 6. Wartości wskaźnika mrozoodporności popiołu stabilizowanego cementem na tle wymagań normowych

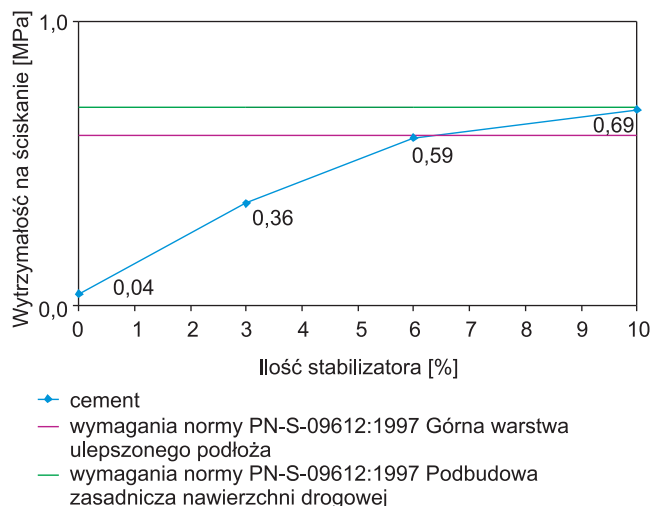
Zawartość stabilizatora [%]	Wskaźnik mrozoodporności [-]	Wymagania normy PN-S-96012:1997 [9]		
		Podbudowa zasadnicza	Górna część ulepszonego podłoża	Dolna część ulepszonego podłoża
0	0,04	0,7	0,6	0,6
3	0,36			
6	0,59			
10	0,69			

Wartości wskaźnika mrozoodporności próbek stabilizowanych wapnem malały wraz z procentowym dodatkiem stabilizatora – od 0,25 przy 3% dodatku do 0,13 przy 10% dodatku wapna (tab. 7).

Tabela 7. Wartości wskaźnika mrozoodporności popiołu stabilizowanego wapnem na tle wymagań normowych

Zawartość stabilizatora [%]	Wskaźnik mrozoodporności [-]	Wymagania normy PN-S-96011:1998 [10]		
		Górna warstwa ulepszonego podłoża	Podbudowa pomocnicza dróg o ruchu bardzo lekkim	Wstępne ulepszenie lub dolne warstwy ulepszonego podłoża
0	0,04	≥ 3	≥ 5	–
3	0,25			
6	0,18			
10	0,13			

Według normy PN-S-96012:1997 [9] wskaźnik mrozoodporności próbek stabilizowanych cementem nie powinien być mniejszy niż 0,6 w przypadku mieszanek przeznaczonych do górnej i dolnej części ulepszonego podłoża oraz nie mniejszy niż 0,7 do podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowej. Wymagania te spełniają próbki z 6 i 10% dodatkiem cementu (rys. 4).



Rys. 4. Zależność wskaźnika mrozoodporności próbek popiołu od procentowej zawartości cementu na tle wymagań normowych

Norma PN-S-96011:1998 [10], odnosząca się do materiału stabilizowanego wapnem, nie określa minimalnej wartości wskaźnika mrozoodporności. Odporność na zamrażanie i odmrażanie określa liczba cykli, która powinna wynosić co najmniej od 3 do 5. Według tego kryterium wszystkie próbki z dodatkiem wapna spełniają wymagania normy.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wytrzymałości na ściskanie i wskaźnika mrozoodporności popiołów lotnych z Elektrowni „Skawina” stabilizowanych cementem lub wapnem można wyprowadzić następujące wnioski:

1. Popiół pod względem geotechnicznym można sklasyfikować jako pył różnoziarnisty, którego uziarnienie mieści się w strefie uziarnienia gruntów przydatnych do stabilizacji cementem lub wapnem.
2. Popiół bez dodatku stabilizatora wykazał bardzo małą wytrzymałość na ściskanie i mrozoodporność. Popiół ten nie spełnia odnośnych wymagań normowych dotyczących materiałów stosowanych do drogowych warstw konstrukcyjnych.
3. Popiół stabilizowany cementem wykazał dużo większą wytrzymałość na ściskanie i mrozoodporność niż popiół stabilizowany wapnem, przy czym była ona zależna od dodatku spoiwa:
 - popiół z 3% dodatkiem spoiwa nie spełnia wymagań normowych [9], dotyczących wytrzymałości na ściskanie i wskaźnika mrozoodporności ani do podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowej, ani do górnej części warstwy ulepszonego podłoża. Spełnia natomiast wymagania dla dolnej części ulepszonego podłoża.
 - popiół z dodatkiem 6 i 10% spoiwa spełnia wymagania normowe dotyczące wytrzymałości na ściskanie i wskaźnika mrozoodporności do podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowej oraz do górnej części warstwy ulepszonego podłoża.
4. Popiół stabilizowany wapnem wykazał wytrzymałości na ściskanie i mrozoodporności zależne od procentowego dodatku spoiwa:

- popiół z 3% dodatkiem spoiwa nie spełnia wymagań normowych [10] dotyczących wytrzymałości na ściskanie ani do podbudowy pomocniczej nawierzchni drogowej, ani do górnej i dolnej warstwy ulepszonego podłoża,
- popiół z dodatkiem 6 i 10% spoiwa spełnia wymagania normowe dotyczące wytrzymałości na ściskanie po 14 i 28 dobach pielęgnacji oraz mrozoodporności do podbudowy pomocniczej oraz do górnej i dolnej warstwy ulepszonego podłoża.

5. Stosowanie popiołów lotnych do celów budownictwa drogowego stanowi formę utylizacji odpadów poenergetycznych. Wpływa to korzystnie na środowisko przyrodnicze poprzez zmniejszanie ilości odpadów kierowanych na składowiska.

Bibliografia

- [1] Coufal R. i Szczygielski T., *Gospodarcze wykorzystanie w budownictwie ubocznych produktów spalania węgla kamiennego w elektrowniach*. Materiały VI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Energetyka Polska w aspekcie integracji z Unią Europejską „Popioły z energetyki”. Wyd. Ekotech Sp. z o.o. Szczecin, 1999, 95–101
- [2] Dulewski J., *Ustawa o odpadach a wykorzystanie przemysłowe odpadów w górnictwie podziemnym*. Materiały IV Konferencji „Problemy zagospodarowania odpadów mineralnych”. KGHM Polska Miedź S.A., Lubin, Agencja Budowy i Eksploatacji Auto-

- strad, Warszawa, Agencja Gospodarki Odpadami „AGOS” S.A., Katowice, Wista, 1998.
- [3] Goszcz A., *Problemy podziemnego składowania odpadów*. Materiały IV Konferencji „Problemy zagospodarowania odpadów mineralnych”. KGHM Polska Miedź S.A., Lubin, Agencja Budowy i Eksploatacji Autostrad, Warszawa, Agencja Gospodarki Odpadami „AGOS” S.A., Katowice, Wista, 1998
- [4] Jarema-Suchorowska S., *Megapar – mieszanka spoiwa z udziałem ubocznych produktów spalania dla budownictwa drogowego*. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”. Zakopane, Wyd. Ekotech Sp. z o.o. Szczecin, 2004, s. 49–64
- [5] Kraszewski C. i Dreger M., *Popioły lotne w świetle dotychczasowych norm PN oraz nowoczesnych norm PN-EN w budownictwie drogowym – analizy porównawcze właściwości wybranych popiołów lotnych w Polsce*. Materiały XIII Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”. Kraków, Wyd. Ekotech Sp. z o.o. Szczecin, 2006, s. 79–92
- [6] Nowakowska-Moryl J., *Inżynieria leśna. Gruntonawstwo drogowe. Projektowanie dróg*. Wydawnictwo AR w Krakowie, 1996
- [7] Pachowski J., *Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1976
- [8] Zając A., Kanafek J., Fałat K., Starnawski G., *Czy budowa dróg może być elementem zrównoważonego rozwoju?* Materiały XII Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki”. Sopot, Wyd. Ekotech Sp. z o.o. Szczecin, 2005, s. 251–255
- [9] PN-S-96012:1997. Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoża z gruntu stabilizowanego cementem
- [10] PN-S-96011:1998. Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych
- [11] PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów

Informacje prasowe

Dobry rok dla świętokrzyskich dróg krajowych – podsumowanie 2009 roku

Rok 2009 był dla świętokrzyskich dróg krajowych rekordowy pod wieloma względami. Duże inwestycje prowadzone były przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Kielcach na odcinkach o łącznej długości 35 kilometrów, a nawierzchnia wyremontowana została na fragmentach dróg o łącznej długości około stu kilometrów. Dla porównania – w 2008 r. jedna duża inwestycja prowadzona była na odcinku 10 km, a remonty na odcinkach o długości około 50 km.

Wielkie budowy

W październiku 2009 r. zakończyła się budowa węzła Kielce Północ. Inwestycja u zbiegu drogi ekspresowej S-7 Warszawa – Kielce – Kraków i drogi krajowej 73 Kielce – Busko – Tarnów prowadzona na odcinku 10 km trwała dwa lata i kosztowała 227 mln złotych. Jest to największa i najdroższa w regionie świętokrzyskim zakończona inwestycja drogowa ostatnich lat. Również w 2009 r. ruszyła budowa 17-kilometrowego odcinka drogi ekspresowej S-7 Skarżysko – Występa. Inwestycja kosztuje ponad 643 mln złotych i potrwa do końca tego roku.

Kolejna rozpoczęta w ubiegłym roku inwestycja to most w Sandomierzu w ciągu drogi krajowej 77 Lipnik – Stalowa

Wola. Koszt budowy, która zakończy się na początku 2011 r., to 80 mln złotych. W 2009 r. ruszyła również budowa Wylotu Wschodniego z Kielc drogi ekspresowej S-74 za 285 mln złotych. Inwestycja potrwa jeszcze dwa lata. Jej długość to ponad 7 km.

Ogółem w roku 2009 kielecki oddział GDDKiA realizował równolegle cztery wielkie inwestycje o łącznej wartości około 1,3 mld złotych. Na przestrzeni ubiegłego roku wydatkowano na te przedsięwzięcia blisko 500 mln złotych.

Remonty nawierzchni

Rekordowo dużo, bo około 172 mln złotych wydanych zostało w ubiegłym roku na remonty nawierzchni. To dwukrotnie więcej niż w roku 2008. Z te pieniądze udało się wymienić nawierzchnię na odcinkach o łącznej długości około stu kilometrów, głównie na drogach 42 Końskie – Skarżysko – Starachowice i 79 Warszawa – Sandomierz – Kraków, które od lat czekały na remont. Przy okazji powstały nowe chodniki, przejścia dla pieszych, wymieniono oznakowanie, zamontowano urządzenia dla poprawy bezpieczeństwa ruchu w ramach programu „Drogi Zaufania”.

Opracowała Małgorzata Pawelec