



ALEKSANDER WIDUCH

Wapeco Sp. z o.o.,
widuch@wapeco.eu



MICHAŁ CWIAKAŁA

Wapeco Sp. z o.o.
m.cwiakala@wapeco.eu



JOANNA
KORZENIOWSKA

Akademia Górniczo-
Hutnicza, Kraków
joasiat6@poczta.fm



CEZARY KRASZEWSKI

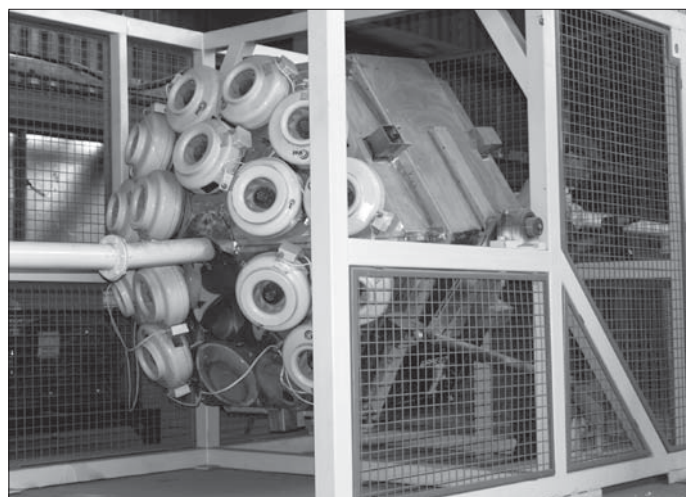
Instytut Badawczy
Dróg i Mostów
ckraszewski@ibdim.edu.pl

Możliwości zagospodarowania popiołów lotnych z węgla brunatnego w drogownictwie

Rozwinięty przemysł energetyczny przyczynia się do powstawania coraz większych ilości ubocznych produktów spalania (m.in. w postaci popiołów lotnych powstających ze spalania węgla w elektrowniach i elektrociepłowniach), których utylizacja jest kłopotliwa ze względu na brak dogodnych lokalizacji składowisk oraz ich negatywny wpływ na stan środowiska naturalnego. Dlatego ważnym celem polityki ekologicznej naszego państwa powinna być troska o efektywne zagospodarowanie odpadów energetycznych [5]. Jednym ze sposobów wykorzystania popiołów lotnych jest ich zastosowanie w budownictwie drogowym, jako składnika hydraulicznego, spoiwa drogowego do ulepszania podłoża gruntowego [6], [11].

Wykorzystanie popiołu lotnego, jako wartościowego materiału, wiąże się z poszukiwaniem procesów, które zapewnią uzyskanie materiału o wyższej jakości niż dotychczas stosowany – nie zawierający popiołu lotnego [11]. Popioły lotne z węgla brunatnego Okręgu Konińskiego (Elektrowni Pątnów), są popiołami siarczanowo-wapniowymi (nazywanymi również wysokowapniowymi-samowiązującymi), charakteryzują się właściwościami wiążącymi (hydraulicznymi oraz pucolanowymi) i wysoką zawartością CaO, w tym CaO wolnego [7], [8]. W celu zwiększenia parametrów wiążących tych popiołów przeprowadzono badania nad wdrażaniem nowatorskiej technologii magnetycznego modyfikowania, urządzeniem Wapeco (fot. 1), popiołu lotnego ze spalania węgla brunatnego.

W urządzeniu Wapeco (zwanym też aktywatorem magnetycznym Wapeco), na skutek działania wirującego pola elektromagnetycznego, zachodzi proces uszlachetniania popiołów lotnych [3]. W wyniku mielenia popiołów lotnych (z węgla brunatnego) w obecności wirującego pola elektromagnetycznego następuje uwolnienie pewnych



Fot. 1. Urządzenie Wapeco do magnetycznej aktywacji popiołów lotnych z węgla brunatnego [2] i [12]

związków fizykochemicznych pochodzących z tego popiołu oraz uzyskanie pożądanych właściwości reaktywnych: zwiększonej powierzchni aktywnej (właściwej) i lepszych właściwości hydrauliczno-pucolanowych [4]. Właściwości te są bardzo istotne podczas projektowania hydraulicznych spoiw drogowych. Ukierunkowanie badań na modyfikowanie odpadów elektrownianych w postaci popiołów lotnych z węgla brunatnego – z wykorzystaniem aktywatora magnetycznego Wapeco oraz wprowadzanie ich na rynek budownictwa drogowego w postaci hydraulicznego spoiwa drogowego – stanowi cenne rozwiązanie umożliwiające szerokie wdrożenie ubocznych produktów spalania, które równocześnie jest korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego [1], [2].

Skuteczność zastosowania spoiwa hydraulicznego do ulepszania podłoża gruntowego ustala się m.in. w oparciu o badanie wskaźnika nośności (CBR) mieszanek gruntowo-spoiwowych, co zostanie przedstawione w niniejszym artykule.

Materiały i metody badań

Do przeprowadzenia badań użyto popiołów lotnych z Okręgu Konińskiego – Elektrowni Pątnów. Ze względu na miejsce wydobywania węgla, stosowanego w energetyce, wyróżnić można trzy grupy popiołów [8] – tabela 1.

Popiół lotny wykorzystany do badań należy do grupy III – jest to popiół siarczanowo-wapniowy powstający w kotłach

Tabela 1. Rodzaje popiołów lotnych ze względu na miejsce wydobycia węgla [8]

Grupa	Rodzaj popiołu	Rodzaj węgla
I	Popiół lotny glinowo-krzemianowy	Węgiel kamienny
II	Popiół lotny krzemianowo-glinowy	Węgiel brunatny starszego pochodzenia (Okręg Turoszowski)
III	Popiół lotny siarczanowo-wapniowy	Węgiel brunatny młodszego pochodzenia (Okręg Koniński)

Tabela 2. Skład chemiczny popiołu lotnego z Elektrowni Pątnów

Składnik	Zawartość [% (m/m)]
Strata prażenia	0,11
Zawartość SO ₃	11,05
Zawartość Cl ⁻	0,002
Zawartość SiO ₂	33,28
Zawartość Al ₂ O ₃	3,55
Zawartość Fe ₂ O ₃	7,64
Zawartość MgO	6,86
Zawartość Na ₂ O	0,24
Zawartość K ₂ O	0,28
Zawartość wolnego CaO	8,71
Zawartość reaktywnego CaO	31,26
Zawartość reaktywnego SiO ₂	9,25

pyłowych, w których temperatura spalania wynosi ok. 1100°C. Wyróżnia się on brakiem zawartości chlorków oraz śladowym występowaniem tlenków Na₂O i K₂O. Jego podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany, tlenki wapna i siarczany, wyrażone jako SiO₂, Al₂O₃, CaO i SO₃, charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi. Popiół ten jako materiał hydrauliczny wykazuje zdolność wiązania i twardnienia w obecności wody, natomiast jako materiał pucolanowy, wiąże i twardnieje w obecności wody na skutek zmieszania z wapnem [CaO lub Ca(OH)²], tworząc stabilne i trwałe struktury. Skład chemiczny popiołu lotnego z węgla brunatnego Elektrowni Pątnów przedstawia tabela 2.

W celu uzyskania jeszcze lepszych parametrów fizykochemicznych popiołu lotnego z węgla brunatnego, zanim przeprowadzono właściwe badania, popioły te zostały poddane procesowi modyfikacji z zastosowaniem technologii aktywowania magnetycznego w urządzeniu Wapeco [2]. Głównym elementem urządzenia jest wzbudnik wirującego pola elektromagnetycznego oraz umieszczona w jego osi rura, stanowiąca komorę roboczą. Komora ta wypełniona jest popiołem lotnym oraz mielnikami ferromagnetycznymi. Na skutek wielu zderzeń (m.in. między mielnikami a kawałkami materiału mielonego i między mielnikami a ścianą komory roboczej), którym towarzyszy duża prędkość – zachodzi wydajny proces mielenia. Jego efektem

jest uzyskanie pyłu o znacznie lepszych właściwościach reaktywnych w porównaniu z materiałem wyjściowym.

Uzyskany w ten sposób aktywowany popiół lotny z węgla brunatnego (jako składnik główny) stanowi wraz z cementem hydrauliczne spoiwo drogowe, które może być wykorzystywane do ulepszania podłoża gruntowego w formie mieszanek gruntowo-spoiwowych. W recepturze mieszanki gruntowo-spoiwowej oprócz spoiwa drogowego znajduje się także woda, (dzięki której zachodzi reakcja hydrauliczna i pucolanowa, powodująca twardnienie mieszanki), oraz grunt naturalny.

Do wykonania mieszanek gruntowo-spoiwowych użyto dwóch rodzajów hydraulicznego spoiwa drogowego (o klasie wytrzymałości 3–5 MPa oraz 5–12,5 MPa) w proporcjach od 4 do 10% w stosunku do całkowitej masy szkieletu gruntowego. Szkielet ten stanowiły grunty naturalne niespoiste (sympkie), średnio spoiste i mało spoiste – różniące się zasadniczo wskaźnikiem różnoziarnistości, zawartością frakcji żwirowej, piaskowej, pyłowej oraz ilowej. Uziarnienie poszczególnych rodzajów gruntów zilustrowano w tabeli 3.

Badania mieszanek gruntowo-spoiwowych polegały na wyznaczeniu wskaźnika nośności (CBR) bezpośrednio po zagęszczeniu próbek oraz na określeniu przyrostu wskaźnika nośności po 7 dniach pielęgnacji próbek (w tym 4 doby próbki nasycano wodą). Do wykonania mieszanek gruntowo-spoiwowych użyto kolejno 4, 6, 8, 10% dodatku spoiwa hydraulicznego. Gotową mieszankę o wilgotności optymalnej wsypywano do formy walcowej (o średnicy wynoszącej 15 cm) i zagęszczano dynamicznie metodą Proctora – zgodnie z normą [10] w trzech warstwach energią 0,59 J na 1 cm³ mieszanki. Próbkę do badań nośności przebadano zgodnie z załącznikiem A normy [11].

W celu określenia *n*-krotnego przyrostu wskaźnika nośności mieszanek gruntowo-spoiwowych, przeprowadzono także badania nośności (bezpośrednio po zagęszczeniu oraz po 4 dobach moczenia w wodzie) wszystkich rodzajów gruntów bez dodatku spoiwa drogowego. Badania nośności gruntów (bez dodatku spoiwa) stanowiły punkt odniesienia w stosunku do badań nośności mieszanek gruntowo-spoiwowych.

Tabela 3. Uziarnienie gruntów użytych do badań

Rodzaj gruntu		Wskaźnik różnoziarnistości [-]	Frakcja żwirowa [%]	Frakcja piaskowa [%]	Frakcja pyłowa [%]	Frakcja ilowa [%]
Niespoiste (sympkie)	Pospółka (Po)	U=6,3	f _z =22,08	f _p =72,92	f _m =3,50	f _i =1,50
	Piasek średni (Pś)	U=1,8	f _z =1,38	f _p =98,12	f _m =0,50	f _i =0
Średnio spoiste	Glina (G)	U=26,1	f _z =0	f _p =38,99	f _m =49,00	f _i =12,00
Mało spoiste	Pospółka gliniasta (Pog)	U=131,6	f _z =13,25	f _p =59,35	f _m =21,70	f _i =5,70
	Piasek gliniasty (Pg)	U=51,1	f _z =0,83	f _p =74,47	f _m =19,90	f _i =4,80

Wyniki badań

Nośność gruntów jest podstawowym parametrem decydującym o trwałości konstrukcji drogowej, zależnym m.in. od rodzaju gruntu, układu jego warstw, stopnia zagęszczenia (lub plastyczności).

Zbiornicze zestawienie wyników badań maksymalnego wskaźnika nośności (CBR) mieszanek gruntowo-spoiwowych, uwzględniające:

- pięć rodzajów gruntów (pospółkę, piasek średni, glinę, pospółkę gliniastą, piasek gliniasty),
 - dwa rodzaje hydraulicznego spoiwa drogowego (o klasie wytrzymałości 3–5 MPa oraz 5–12,5 MPa),
 - różny dodatek spoiwa w stosunku do całkowitej masy objętościowej szkieletu gruntowego (4, 6, 8 i 10%),
- oraz badania bezpośrednio po zagęszczeniu i po 7 dniach pielęgnacji (w tym po 4 dniach moczenia w wodzie), przedstawia tabela 4.

Aby uzyskać możliwość określenia *n*-krotnego przyrostu wskaźnika nośności i porównania otrzymanych wyników badań, wykonano także badania wskaźnika nośności wszystkich rodzajów gruntów bez dodatku spoiwa drogowego – bezpośrednio po zagęszczeniu oraz po 4 dobach moczenia w wodzie (tabela 5).

W celu zinterpretowania wyników przeprowadzonych badań posłużono się wykresami *n*-krotnego przyrostu wskaźnika nośności poszczególnych gruntów, przy użyciu hydraulicznych spoiw drogowych o klasie wytrzymałości 3–5 MPa oraz 5–12,5 MPa w proporcjach:

- 4% dodatku spoiwa (rys. 1),
- 6% dodatku spoiwa (rys. 2),
- 8% dodatku spoiwa (rys. 3),
- oraz 10% dodatku spoiwa (rys. 4),

w stosunku do całkowitej masy szkieletu gruntowego.

Przeprowadzone badania pozwoliły ustalić, iż najlepsze rezultaty wskaźnika nośności otrzymano w przypadku gruntów średnio i mało spoiwistych, a więc gruntów o dużej zawartości frakcji pyłowej i ilowej (rys. 1–4). Innymi słowy, w gruntach takich jak: piaski gliniaste, pospółki gliniaste oraz gliny – do-

Tabela 5. Zestawienie wyników wskaźnika nośności (CBR) gruntów bez dodatku spoiwa drogowego

Rodzaj gruntu	Metoda badania	Maksymalny wskaźnik nośności (CBR) [%]
Pospółka	Bezpośrednio po zagęszczeniu	35
	Po 4 dniach moczenia w wodzie	24
Piasek średni	Bezpośrednio po zagęszczeniu	23
	Po 4 dniach moczenia w wodzie	21
Gлина	Bezpośrednio po zagęszczeniu	11
	Po 4 dniach moczenia w wodzie	1
Pospółka gliniasta	Bezpośrednio po zagęszczeniu	13
	Po 4 dniach moczenia w wodzie	4
Piasek gliniasty	Bezpośrednio po zagęszczeniu	15
	Po 4 dniach moczenia w wodzie	4

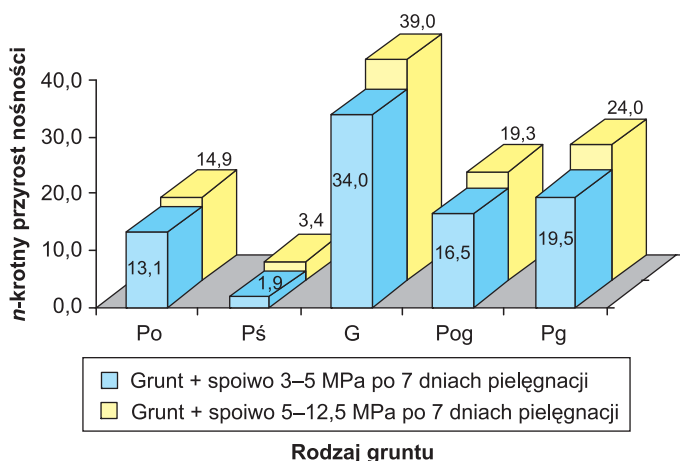
datek spoiwa hydraulicznego z udziałem popiołów lotnych z węgla brunatnego (o klasie wytrzymałości 3–5 MPa oraz 5–12,5 MPa) powoduje zwiększenie wskaźnika nośności odpowiednio:

- od 19,5 do 34 razy – mieszanki gruntu z 4% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 3–5 MPa – rys. 1,
- od 24 do 39 razy – mieszanki gruntu z 4% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 5–12,5 MPa – rys. 1,
- od 28,3 do 53 razy – mieszanki gruntu z 6% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 3–5 MPa – rys. 2,
- od 34 do 61 razy – mieszanki gruntu z 6% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 5–12,5 MPa – rys. 2,
- od 46,3 do 65 razy – mieszanki gruntu z 8% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 3–5 MPa – rys. 3,
- od 50 do 71 razy – mieszanki gruntu z 8% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 5–12,5 MPa – rys. 3,
- od 53,3 do 72 razy – mieszanki gruntu z 10% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 3–5 MPa – rys. 4,

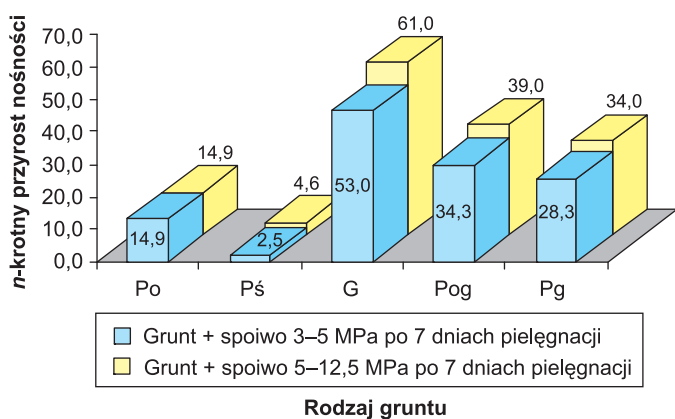
Tabela 4. Zestawienie wyników badań maksymalnego wskaźnika nośności (CBR)

Rodzaj gruntu	Metoda badania	Maksymalny wskaźnik nośności (CBR) [%]							
		Hydrauliczne spoiwo o klasie wytrzymałości 3–5 MPa				Hydrauliczne spoiwo o klasie wytrzymałości 5–12,5 MPa			
		Dodatek spoiwa [% (m/m)]				Dodatek spoiwa [% (m/m)]			
		4	6	8	10	4	6	8	10
Pospółka	Bezpośrednio po zagęszczeniu	61	78	57	87	60	78	81	84
	Po 7 dniach pielęgnacji, w tym 4 dni moczenia w wodzie	315	358	358	358	358	358	358	358
Piasek średni	Bezpośrednio po zagęszczeniu	15	19	16	21	17	18	21	21
	Po 7 dniach pielęgnacji, w tym 4 dni moczenia w wodzie	40	52	69	102	72	96	134	205
Gлина	Bezpośrednio po zagęszczeniu	17	16	18	19	17	16	17	14
	Po 7 dniach pielęgnacji, w tym 4 dni moczenia w wodzie	34	53	65	72	39	61	71	76
Pospółka gliniasta	Bezpośrednio po zagęszczeniu	11	10	13	18	12	14	14	13
	Po 7 dniach pielęgnacji, w tym 4 dni moczenia w wodzie	66	137	157	165	77	156	188	251
Piasek gliniasty	Bezpośrednio po zagęszczeniu	13	15	16	13	14	14	13	11
	Po 7 dniach pielęgnacji, w tym 4 dni moczenia w wodzie	78	113	185	213	96	136	200	240

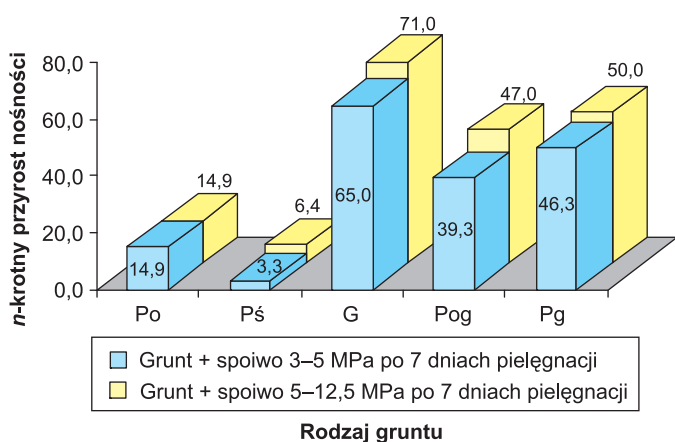
- od 60 do 76 razy – mieszanki gruntu z 10% dodatkiem spoiwa hydraulicznego o klasie wytrzymałości 5–12,5 MPa – rys. 4.



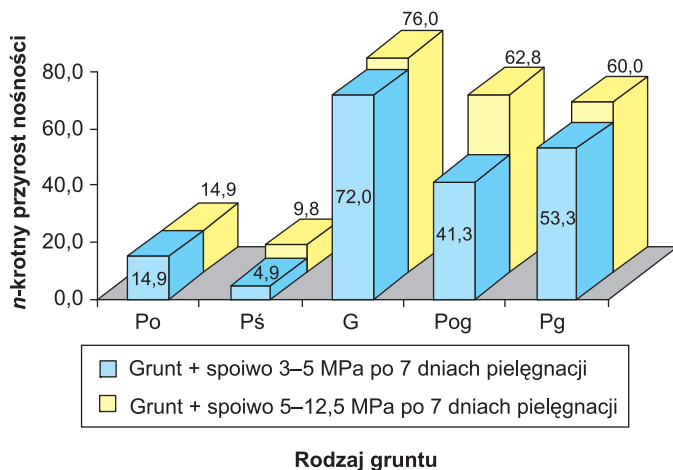
Rys. 1. *N-krotny przyrost nośności poszczególnych gruntów ulepszonych 4% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3–5 i 5–12,5 MPa*



Rys. 2. *N-krotny przyrost nośności poszczególnych gruntów ulepszonych 6% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3–5 i 5–12,5 MPa*



Rys. 3. *N-krotny przyrost nośności poszczególnych gruntów ulepszonych 8% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3–5 i 5–12,5 MPa*



Rys. 4. *N-krotny przyrost nośności poszczególnych gruntów ulepszonych 10% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3–5 i 5–12,5 MPa*

Stąd też wniosek, iż grunty (o dużej zawartości frakcji pyłowej i ilowej), które w drogownictwie uważane były za nieprzydatne, po ulepszeniu ich spoiwami hydraulicznymi mającymi w składzie aktywowane popioły lotne z węgla brunatnego, mogą być wykorzystywane do budowy konstrukcji drogowych – w tym nasypów bądź nawet podbudów drogowych [1], [3], [12].

Wnioski

Autorzy niniejszego artykułu, na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wartości wskaźnika nośności (CBR) mieszanek gruntowo-spoiwowych, w których głównym składnikiem spoiwa hydraulicznego były aktywowane popioły lotne z węgla brunatnego, sformuowali następujące wnioski.

1. Zastosowanie w odpowiednich proporcjach drogowych spoiw hydraulicznych z aktywowanym popiołem lotnym z węgla brunatnego Elektrowni Pątnów do mieszanek gruntowo-spoiwowych (z udziałem 5 charakterystycznych gruntów) spełnia wymagania normy [11] pod kątem nośności – co pozwala na zastosowanie tych mieszanek do wykonywania nasypów drogowych w budownictwie komunikacyjnym.

2. Popioły lotne z węgla brunatnego, modyfikowane za pomocą aktywatora magnetycznego Wapeco, użyte jako główny składnik spoiwa hydraulicznego, korzystnie wpływają na podwyższenie parametrów mechanicznych mieszanek gruntowo-spoiwowych.

3. Wykorzystanie aktywowanego popiołu lotnego z węgla brunatnego do wytwarzania hydraulicznych spoiw drogowych, przyczynia się do przemysłowego zagospodarowania ubocznych produktów spalania i zastosowania ich w budownictwie do ulepszania gruntów.

Duże zapotrzebowanie na wysokiej jakości materiały kruszywowe spełniające kryteria zawarte w normach, jak również rosnące ceny cementu są przyczyną poszukiwań materiałów alternatywnych – do takich z pewnością zaliczyć można hydrauliczne spoiwa drogowe na bazie popiołów lotnych z węgla brunatnego Elektrowni Pątnów, stosowane do mieszanek gruntowo-spoiwowych.

Bibliografia

- [1] Aprobata techniczna: *Hydrauliczne spoiwo drogowe Wapeco I*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa, 2009, Nr AT/2009-03-2510
- [2] Cwiąkała M., Kmiołek B.: *Method for producing hydraulic binding agent in a form of activated fly ash, activated fly ash, hydraulic binding agent, sulphur or cement concrete, mineral-asphalt mixture and application of the activated fly ash*, Zgłoszenie patentowe, Europejski Urząd Patentowy, Warszawa, 2008, Nr EP 08173125.9
- [3] Cwiąkała M., Szymańska J., Sosiński R., Nowak W.: *Aktywowanie popiołów lotnych z węgla brunatnego Elektrowni Pątnów w młynie elektromagnetycznym*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, Wydawnictwo PAN, Częstochowa, 2008, T. II, Nr 4
- [4] Kołodziejczyk U., Cwiąkała M., Widuch A., Halbiniak J., Rojna A.: *Podbudowa drogi. Podbudowy z gruntów lub kruszyw stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Wskazówki do projektowania spoiwa hydraulicznego oraz mieszanek gruntowo-spoiwowych z wykorzystaniem ubocznych produktów spalania*, Warunki techniczne wykonania i odbioru dróg i mostów – Poradnik kierownika budowy i inspektora nadzoru, Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa, 2009
- [5] Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M.: *Energetyka a ochrona środowiska*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1997
- [6] Kraszewski C., Dreger M.: *Wykorzystanie odpadów przemysłowych w budownictwie drogowym*, Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna SITK „Estetyka i ochrona środowiska w drogownictwie”, Nałęczów, 2005
- [7] Kraszewski C., Pachowski J., Szczygielski T.: *Badanie przydatności popiołów z El. Pątnów w drogownictwie*, Seminarium techniczne „Popioły w drogownictwie”, Licheń Stary, 2003
- [8] Pachowski J.: *Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym*, WKiŁ, Warszawa, 1976
- [9] PN-B-04481: *Grunty Budowlane. Badania próbek gruntu*, PKN, Warszawa, 1988
- [10] PN-EN 13286-2: *Mieszanki mineralne niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym Część 2: Metody badań dla ustalonej laboratoryjnie gęstości i wilgotności – Zagęszczanie aparatem Proctora*.
- [11] PN-S-02205: *Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania*, PKN, Warszawa, 1998
- [12] Widuch A., Cwiąkała M.: *Wykorzystanie popiołów lotnych z węgla brunatnego w budownictwie komunikacyjnym*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, Oficyna Wydawnicza UZ, Zielona Góra, 2010, Nr 137 ■



SŁAWOMIR KARAS

Politechnika Lubelska
s.karas@pollub.pl



TOMASZ DUL

Politechnika Lubelska
tomekdul@wp.pl

O porównywaniu efektów obciążeń mostów drogowych wg PN-85/S-10030 i PN-EN-1991-2

Eurokod 1 PN-EN 1991-2 [18] ma status Polskiej Normy od września 2003 r. Od momentu opublikowania go po polsku zastępuje Polską Normę PN-85/S-10030 [19]. W [18] można wyróżnić kilka działów, które miejscami są od siebie niezależne. Mamy więc, podobnie jak w [19], obciążenia mostów drogowych i kolejowych. W przypadku mostów drogowych jako podstawowe oddziaływanie występuje obciążenie statyczne zawierające nadwyżkę dynamiczną. W przypadku mostów kolejowych wyraźnie oddzielono statykę, a właściwie quasi statykę, od dynamiki. Mamy tu zatem kolejne dwa działy statykę i dynamikę jako podstawowe

obszary projektowania. Istnieje między nimi powiązanie polegające na konieczności wystąpienia zbieżności między wynikami statycznymi $\Phi \cdot LM71$ lub $\Phi \cdot SW/0$ bądź $\Phi \cdot SW/2$, a wynikami analiz dynamicznych obejmujących oddziaływania modeli pociągów rzeczywistych (RT) z grup HSLM. W grupie dynamiki mamy też dział dotyczący oszacowania efektów zmęczenia za pomocą tzw. pociągów zmęczeniowych. W obciążeniach kolejowych podobieństwa do normy [19] występują w definiowaniu pociągu LM71 i jednego ze współczynników dynamicznych, tj. współczynnika Φ_2 .

Wprowadzono współczynniki dostosowawcze, przy czym nazwa jest mylna, o ile kojarzymy logicznie treść słów z ich zastosowaniem. W części dotyczącej mostów kolejowych odpo-

wiadający współczynniki dostosowawczemu współczynnik nazywa się klasyfikującym, tj. dostosowującym do klasy obciążeń kolejowych. Pomijając niefortunność wyrazu *klasyfikujący*, powinien on być także zastosowany zamiast *dostosowawczy*, tak by ujedynolnić tekst normy lub odwrotnie.

Mamy w przypadku LM1 współczynniki dostosowawcze α_{Qi} , α_{qi} a przy LM2 współczynniki β_{Qi} oraz β_{qi} . Czytamy w normie: „Wartość współczynników dostosowawczych α_{Qi} , α_{qi} , i α_{qr} należy dobierać w zależności od przewidywanego ruchu oraz w zależności od klasy drogi. W razie braku określenia współczynnika należy je przyjmować za równe jedności”. Tu wprowadzono dolne ograniczenia: $\alpha_{Qi} \geq 0,8$ oraz $\alpha_{qi} \geq 1,0$.

Odnotujemy też niespójność tekstu normy [18], w której współczynniki dostosowawcze nie są w rzeczywistości wprowadzone we wzorach na kombinację obciążeń. Można by było uzupełnić w załączniku A2 do [20] opis w kombinacji np. następująco:

$$E_d = \text{extr} \left\{ \begin{array}{l} \left(\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \right) + (\gamma_P P) + (\gamma_{Q,1} \psi_{0,1}(\alpha_{Q1}; \alpha_{q1}) Q_{k,1}) + \\ + \left(\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i}(\alpha_{Qi}; \alpha_{qi}) Q_{k,i} \right) \\ \left(\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} \right) + (\gamma_P P) + (\gamma_{Q,1}(\alpha_{Q1}; \alpha_{q1}) Q_{k,1}) + \\ + \left(\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i}(\alpha_{Qi}; \alpha_{qi}) Q_{k,i} \right) \end{array} \right. \quad (1)$$

który jednoznacznie wprowadza sklasyfikowane wartości obciążeń charakterystycznych.