

Ewa OŁDAKOWSKA*
Politechnika Białostocka

BETON CEMENTOWY MODYFIKOWANY ROZDROBNIONYMI ODPADAMI GUMOWYMI

Streszczenie. Wyeksploatowane opony samochodowe stanowią ogromny problem ekologiczny i ekonomiczny w skali światowej. Duże zainteresowanie wzbudza możliwość wykorzystania tego materiału odpadowego do modyfikacji betonu cementowego, chudego betonu i stabilizacji gruntu cementem. Dzięki temu otrzymujemy wartościowy materiał przeznaczony do wielu zastosowań w budownictwie ogólnym i drogowym.

W artykule przedstawiono wyniki wstępnych badań eksperymentalnych przeprowadzonych dla oceny skutków dodania do betonu różnej ilości miazgi i granulatu gumowego, pochodzącego ze zużytych opon samochodowych. Rozdrobniona guma użyta jako drobne lub grube kruszywo poprawia niektóre właściwości betonu w stosunku do betonu wyjściowego.

CEMENT CONCRETE MODIFIED BY FRAGMENTED RUBBER WASTE

Summary. Exploited vehicle tires are a great ecological and economic problem for the whole world. There is great interest in utilization of this waste material for cement and lean concrete modification and also for cement ground stabilizing. It gives us valuable material, designed for many uses in civil and road building industry.

The article presents the results of preliminary experimental research, made for evaluation of adding to concrete various amounts of rubber fines and granulate, made from exploited vehicle tires. Fragmented rubber used as a fine or coarse aggregate improves some concrete properties in relation with initial concrete.

1. Wstęp

Wprowadzenie w Unii Europejskiej zakazu składowania całych zużytych opon samochodowych od 1 lipca 2003 roku i rozdrobnionych od 1 lipca 2006 roku zmusza Polskę

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Piotr Radziszewski, prof. Politechniki Białostockiej

do energicznych działań nad zagospodarowaniem tysięcy zużytych opon samochodowych (według szacunkowych danych około 180 tysięcy ton).

Zużyte opony stanowią największą grupę poeksploatacyjnych wyrobów gumowych, a ich skład i budowa (są to kompozyty zawierające poza gumą włókno, a w niektórych przypadkach także stal) utrudniają recykling. Z tego powodu ta ogromna masa materiału odpadowego trafia obecnie na legalne bądź dzikie wysypiska.

Jednym ze sposobów przekształcenia tych zapasów w wartościowy materiał jest wykorzystanie gumy do produkcji betonów cementowych, a w budownictwie drogowym do wykonywania podbudów z chudego betonu oraz podbudów z gruntu stabilizowanego cementem. Beton zwykły przenosi obciążenia do momentu, gdy są one niższe od wytrzymałości na ściskanie. Wprowadzenie gumy do betonu wpływa na poprawę elastyczności i taki beton nie niszczy się w sposób nagły; gdy obciążenia osiągają wytrzymałość betonu, pojawiają się wstępne uszkodzenia, ale beton z dodatkiem gumy nadal może przenosić obciążenia.

Artykuł opisuje wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych dla oceny skutków dodania różnej ilości miazgi i granulatu gumowego do betonów cementowych.

2. Skład betonu cementowego zastosowanego do badań

Przedmiotem badań były betony drobnoziarniste. Przy projektowaniu mieszanek betonowych zachowano jednakową plastyczną konsystencję. Próbkę betonową wykonano przy zastosowaniu cementu portlandzkiego CEM I 32.5. Jako kruszywo stosowano mieszaninę piasku rzecznoego i kruszywa grubego naturalnego o uziarnieniu do 8 mm. Udział procentowy poszczególnych frakcji kruszywa przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Udział procentowy poszczególnych frakcji kruszywa

Frakcja [mm]	0 - 0,125	0,125 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 1,00	1,00 - 2,00	2,00 - 4,00	4,00 - 8,00
Zawartość frakcji [%]	0,576	4,528	17,200	11,936	5,104	30,656	30,656
Suma frakcji [%]	0,576	5,104	22,304	34,240	39,344	70,00	100,00

Składnikiem modyfikującym były rozdrobnione mechanicznie opony samochodowe wyprodukowane w Krośnie Odrzańskim. Stosowano miął gumowy o wielkości cząstek 0,2 - 1,00 mm oraz granulaty o wielkości cząstek 1,0 - 10,0 mm, które wprowadzono do zarobu poprzez zmniejszenie zawartości kruszywa (uwzględniając objętość zamienianych materiałów).

Badania przeprowadzono na próbkach wykonanych według receptur przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2

Skład mieszanek betonowych

Mieszanka betonowa B 0							
Cement [kg/m ³]	Piasek 0 - 2 mm [kg/m ³]	Piasek 0 - 2 mm [kg/m ³] zastąpiony miałem gumowym 0 - 2 mm (objętościowo)	Żwir 2 - 4 mm [kg/m ³]	Żwir 2 - 4 mm [kg/m ³] zastąpiony granulatem gumowym 2 - 4 mm (objętościowo)	Żwir 4 - 8 mm [kg/m ³]	Woda [kg/m ³]	Stosunek W/C
300	798	-	599	-	599	150	
Mieszanka betonowa B 1							
300	718	80	599	-	599	150	0,5
300	638	160	599	-	599	150	0,5
300	558	240	599	-	599	150	0,5
Mieszanka betonowa B 2							
300	798	-	539	60	599	150	0,5
300	798	-	479	120	599	150	0,5
300	798	-	419	180	599	150	0,5

Przygotowano różne serie mieszanek betonowych. Symbolem B0 oznaczono mieszanki betonowe, zawierające wyłącznie naturalne kruszywo żwirowo - piaskowe. Symbolem B1 oznaczono mieszanki betonowe, zawierające miął gumowy w ilości 10%, 20% i 30%. Natomiast symbol B2 zarezerwowano dla mieszanek z granulatem gumowym (o zawartości 10%, 20% i 30%). Zawartość cementu w mieszankach była stała i wynosiła 300 kg/m³. Zachowano także stały skład granulometryczny kruszywa.

3. Metodyka i wyniki badań

Badanie właściwości betonu z rozdrobnionymi odpadami gumowymi przeprowadzono w zakresie podstawowych cech, to jest: wytrzymałości na ściskanie oraz wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu.

Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie wykonano na próbkach sześciennych o wymiarach 10 x 10 x 10 cm za pomocą legalizowanej prasy hydraulicznej trójzakresowej o regulowanej szybkości narastania naprężenia (wynosiła ona $0,5 \pm 0,1$ MPa/s). Próbki umieszczono tak, by zapewnić nacisk 100 cm^2 . Zakres pomiarowy siłomierza ustalono na poziomie takim, aby największa siła potrzebna do zniszczenia próbki nie przekraczała 70% pełnego zakresu obciążeń. Wytrzymałość określono jako średnią z trzech pomiarów, uwzględniając współczynnik przeliczeniowy ze względu na wymiary próbek. Oznaczenie wykonano po 28 dniach dojrzewania. Wyniki zawarto w tabeli 3.

Tabela 3

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie f_{c28} [MPa] po 28 dniach dojrzewania

Beton	Wyszczególnienie			
	1	2	3	f_{cm} [MPa]
B 0	34,7	29,9	38,0	34,2
B 1 (10%)	32,7	39,0	35,1	36,7
B 1 (20%)	33,5	35,1	31,2	33,3
B 1 (30%)	28,1	27,4	26,2	27,2
B 2 (10%)	22,5	18,5	27,8	22,9
B 2 (20%)	28,6	31,0	35,3	31,7
B 2 (30%)	32,4	28,9	22,0	27,8

Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonano na beleczkach 4 x 4 x 16 cm i określono jako średnią z sześciu pomiarów. Oznaczenie wykonano po 28 dniach dojrzewania próbek. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu f_{ct} [MPa] po 28 dniach dojrzewania

Beton	Wyszczególnienie						f_{ct} [MPa]
	1	2	3	4	5	6	
B 0	3,8	4,1	3,5	5,0	4,6	4,7	4,3
B 1 (10%)	3,7	4,0	3,9	3,5	3,6	3,9	3,8
B 1 (20%)	3,9	3,4	3,6	3,7	3,7	3,8	3,7
B 1 (30%)	3,5	3,6	3,7	3,7	3,4	3,5	3,6

Wyniki przeprowadzonych badań betonu z naturalnym kruszywem żwirowo – piaskowym oraz betonów modyfikowanych rozdrobnionymi odpadami gumowymi wykazują, że dodatek miazgi i granulatu gumowego nie zawsze wpływa na obniżenie wytrzymałości na ściskanie. Beton modyfikowany 10% miazgi gumowego osiągnął wytrzymałość większą w porównaniu z betonem kontrolnym, a dodatek większej ilości spowodował jedynie nieznaczny spadek wytrzymałości. W przypadku betonów B2 o zawartości 10%, 20% i 30% granulatu gumowego spadek wytrzymałości w stosunku do betonu porównawczego nastąpił w każdym z trzech przypadków. Zastosowanie rozdrobnionych zużytych opon samochodowych do betonów spowodowało również niewielkie obniżenie wytrzymałości na rozciąganie badanej w próbie zginania. Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że zastąpienie w mieszance betonowej kruszywa rozdrobnionymi odpadami gumowymi wpłynęło korzystnie na cechy wytrzymałości betonu i aktualnie przeprowadzana jest dalsza analiza w celu oceny wpływu czasu na wytrzymałość tych betonów.

4. Wnioski końcowe

Przeprowadzone badania i analiza wyników pozwoliła stwierdzić przydatność rozdrobnionych zużytych opon samochodowych do produkcji betonów cementowych i wykorzystanie ich jako substytutu kruszywa naturalnego. Badane betony, przy średniej zawartości 300 kg/m^3 cementu portlandzkiego CEM I 32,5 w betonie, wykazały wytrzymałości odpowiadające betonowi zwykłemu powyżej klasy C 20/25 (dodatek miazgi gumowego) i klasy C 16/20 (dodatek granulatu gumowego). Są to korzystne wyniki, które pozwalają na kontynuację badań modyfikowanych betonów.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego S/IIB/1/05.

LITERATURA

1. Czarnecki L. (praca zbiorowa): Beton według normy PN – EN 206 – 1. Polski Cement, Kraków 2004.

2. Goulias D.G., Ali A.H.: Enhancement of portland cement concrete with tire rubber particles. Proceedings of the Twelfth International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA 1996.
3. Horodecka R., Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., Sybilski D.: Wykorzystanie zużytych opon samochodowych w budownictwie drogowym. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2002.
4. Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P.: Technologia materiałów i nawierzchni drogowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
5. Norma PN – EN 206 – 1.
6. Tantalà M.W., Lepore J.A., Zandi I.: Quasi-elastic behavior of rubber included concrete (RIC) using waste rubber tires. Proceedings of the Twelfth International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, USA 1996.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło