

MOŻLIWOŚCI POPRAWY CECH BETONÓW NA KRUSZYWACH RECYKLINGOWYCH

Jacek Mądrawski

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposoby wykorzystania kruszyw odpadowych w budownictwie. Badania laboratoryjne wykonane na kruszywach recyklingowych wykazały większą nasiąkliwość i porowatość w stosunku do betonów na kruszywach mineralnych. Zastosowanie domieszek upłynniających zmniejsza nasiąkliwość betonu. Badania wykonane na betonach recyklingowych wykazały możliwość wykorzystania kruszyw odpadowych do betonów konstrukcyjnych. Zastosowanie domieszek chemicznych zwiększyło wytrzymałość oraz zmniejszyło nasiąkliwość betonu.

Słowa kluczowe: beton, recykling, kruszywo

WSTĘP

Recykling w rozumieniu ustawy o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku to taki odzysk, który polega na powtórny przetwarzaniu w procesie produkcyjnym substancji lub materiałów zawartych w odpadach w celu uzyskania substancji lub materiałów o przeznaczeniu pierwotnym lub innym. Technikę pozyskania kruszywa recyklingowego opisał w literaturze Jasiczak [1995].

Recykling gruzu budowlanego to skuteczne rozwiązanie problemów zagospodarowania odpadów budowlanych, w którego wyniku uzyskuje się kruszywa uważane za bardzo dobry substytut kruszyw naturalnych. Kruszywo pozyskiwane z rozbieranych budowli wykorzystywane jest w budownictwie: na warstwy nośne, uszczelniające wały przeciwpowodziowe [Moryl i in. 2001], jako materiał do stabilizacji i wzmocnienia gruntu, na podsypki nawierzchni utwardzonych, do budowy dróg lokalnych, jako materiał do podbudowy dróg i autostrad [Jasiczak i Szczeszek 1997], jako kruszywo do betonów konstrukcyjnych. W skład gruzu budowlanego wchodzi: żelbet, beton, cegły, fragmenty murów oraz gruz mieszany. Wyniki badań rozkładu średnich zawartości składowych ma-

teriałów dla badanych podfrakcji kruszyw recyklingowych przedstawiono w literaturze [Klin i in. 2001].

Analizując wyniki oznaczeń jakościowych dla poszczególnych grup frakcji, Klin i inni [2001] stwierdzają ich praktyczne zastosowanie do betonów klas B7,5–B10.

Kruszywa uzyskiwane z recyklingu odpadów budowlanych charakteryzują się dużą niejednorodnością materiałową. W ich składzie występują ziarna o wystarczająco dobrych cechach wytrzymałościowych w aspekcie wymogów technologii betonów, uzyskane z kruszenia betonów konstrukcyjnych, oraz ziarna słabe, z pokruszonych cegieł i zapraw cementowych [Jasiczak i Szczeszek 2001]. W procesie rozbiórki istotnym kosztem jest utylizacja odpadów budowlanych. Wywóz gruzu na wysypisko śmieci jest kosztowny, co potwierdzają dane ze składowiska dla miasta Poznania. Składowanie gruzu ogranicza pojemność składowisk, skracając ich okres eksploatacji. Stosowanie w budownictwie nowych kruszyw, których cena zależy od ich jakości, a także transportu, wpływa na wzrost kosztów.

Ilość elementów i konstrukcji betonowych, które wymagają utylizacji, wzrasta każdego roku. Powstający materiał odpadowy wymaga zagospodarowania w sposób zgodny zarówno z wymogami ochrony środowiska naturalnego, jak i uwarunkowaniami gospodarki rynkowej. Istotnym elementem gospodarki odpadami jest recykling, bardzo ważny zarówno z ekologicznego, ekonomicznego, jak i społecznego punktu widzenia. W Polsce tylko bardzo nielicznym przedsiębiorstwom udało się wejść na rynek z kruszywami wtórnymi, jednak prawie wyłącznie w dziedzinie wykorzystania gruzu betonowego na podbudowy dróg, parkingów lub podkładów pod posadzki.

Jednym z ważniejszych zastosowań dla betonów recyklingowych może być budownictwo hydrotechniczne. Beton hydrotechniczny należy do grupy betonów specjalnych, wyróżniających się w warunkach eksploatacji wodoszczelnością, małą nasiąkliwością, mrozoodpornością, a także odpornością na oddziaływanie chemiczne. Typowe konstrukcje hydrotechniczne to zbiorniki na ciecze, osadniki, jazy, obudowy obrzeży rzek i kanałów, budowle piętrzące i przepustowe.

Naturalną przeszkodą wykorzystania w tej dziedzinie budownictwa betonów wykonanych na kruszywie recyklingowym są jego wady dotyczące szczelności, mrozoodporności, nasiąkliwości i skurczu. Parametry te można znacznie poprawić poprzez zabiegi technologiczne. Możliwość uzyskania betonu hydrotechnicznego na bazie kruszyw recyklingowych wymaga uszlachetnienia kruszywa np. środkami hydrofobizującymi lub przez modyfikację mieszanki betonowej domieszkami chemicznymi [Mądrawski 2002].

W chwili obecnej głównym sposobem zagospodarowania kruszywa recyklingowego jest stosowanie go na podbudowy dróg. Tylko niewielka ilość powstającego w Polsce materiału rozbiórkowego może być w ten sposób wykorzystywana. Znaczna jego część jest bezpowrotnie tracona poprzez wywożenie go na składowiska odpadów. W ten sposób zwiększają się znacznie koszty rozbiórki zdekapitalizowanych obiektów budowlanych (dochodzą koszty transportu i składowania), przy jednoczesnej stracie miejsca zajętego przez te odpady. Główną przyczyną takiej działalności jest brak możliwości właściwego wykorzystania kruszywa recyklingowego do produkcji pełnowartościowego betonu konstrukcyjnego. Uzyskiwane cechy fizyczne betonów recyklingowych, a w szczególności duża nasiąkliwość i związana z tym mniejsza mrozoodporność nie spełniają wymagań normowych dla betonów konstrukcyjnych.

Podstawowym celem podjętych badań było poszukiwanie takich rozwiązań technologicznych, które pozwoliłyby wyeliminować te niekorzystne cechy i parametry betonów recyklingowych. Umożliwi to pełniejsze wykorzystanie kruszyw recyklingowych i w znacznym stopniu ograniczy ich wywóz na składowiska, co będzie miało wpływ na racjonalne kształtowanie otaczającego środowiska.

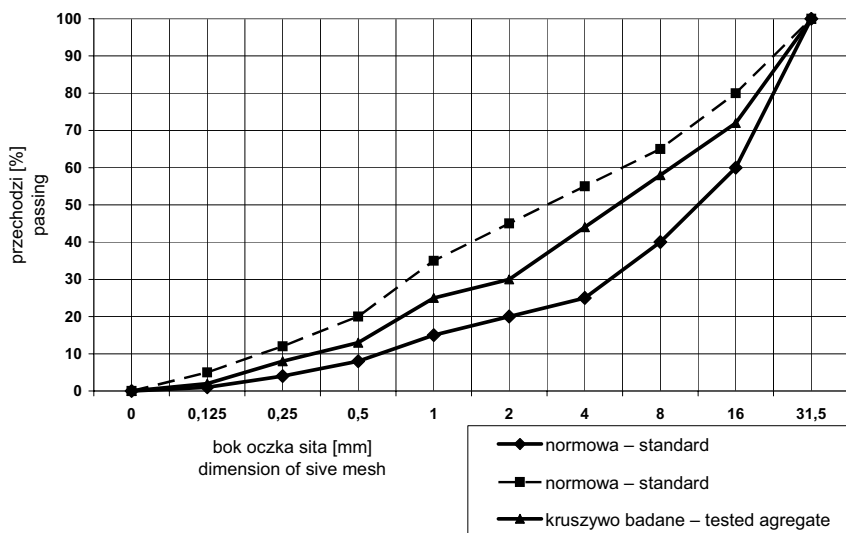
Jakość betonu wykonanego na kruszywie recyklingowym pod wieloma względami odbiega od jakości betonu na kruszywie naturalnym. Większa nasiąkliwość, porowatość, gorsza urabialność wyznaczają drogę poszukiwań optymalnego składu mieszanki betonowej, stosowania dodatków i domieszek dostępnych na rynku w celu poprawy cech betonu.

METODYKA

Przedstawione w pracy badania wykonano w Laboratorium Betonowym Katedry Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Poznaniu. Do badań wytypowano dwie odmiany kruszyw recyklingowych różniących się składem i pochodzeniem:

- kruszywo recyklingowe mieszane, pobrane z jednej z poznańskich kruszarni w stanie naturalnym z frakcji 0/31,5 mm,
- kruszywo recyklingowe z frakcji 0/31,5 mm, otrzymane z rozkruszonych betonowych kostek brukowych uznanych na etapie produkcji za niespełniające wymogów.

Skład kruszywa dobrano odpowiednio w celu uzyskania optymalnego stosu okruchowego, dla którego krzywa uziarnienia przedstawiona jest na rysunku 1.



Rys. 1. Krzywa uziarnienia kruszywa recyklingowego użytego do betonu

Fig. 1. Size distribution curve of recycling aggregate

Badanie nasiąkliwości wykonano na seriach o liczebności 7 próbek o masie 3000 g kruszywa suchego, umieszczonych na sitach zanurzonych w wodzie przez 24 godziny. Skład ziarnowy dla kruszyw recyklingowych zbadano na trzech próbach o masie analitycznej pojedynczej próbki 3000 g, przy użyciu zestawu sit normowych, na wstrząsarce, zgodnie z normą PN-91/B-06714/15.

Kruszywo impregnowane było środkiem o właściwościach hydrofobizujących o nazwie Asolin WS. Nasycanie kruszywa odbywało się poprzez natryskiwanie pod ciśnieniem kruszywa znajdującego się w urządzeniu mieszającym. Zapewniło to równomierne nasycenie powierzchni. Dawkę preparatu przyjęto w ilości 1% w stosunku do masy kruszywa recyklingowego.

Mieszanki projektowano metodą trzech równań, zakładając klasę betonu B20 o konsystencji plastycznej K3.

W mieszankach 2, 3, 6 zastosowano domieszkę upłynniającą trzeciej generacji o nazwie Remicrete (FM). Umożliwia ona łatwe upłynnienie mieszanki betonowej przy niewielkim wskaźniku w/c . Domieszka dodawana była do wody zarobowej w ilości 0,9% w stosunku do masy cementu.

Program badań zakładał wykonanie 7 serii zarobów opracowanych według receptur podanych w tabeli 1.

Badanie wytrzymałości betonu wykonano w prasie hydraulicznej na kostkach sześciennych $150 \times 150 \times 150$ mm po 28 dniach. Badanie nasiąkliwości przeprowadzono na kostkach sześciennych $100 \times 100 \times 100$ mm.

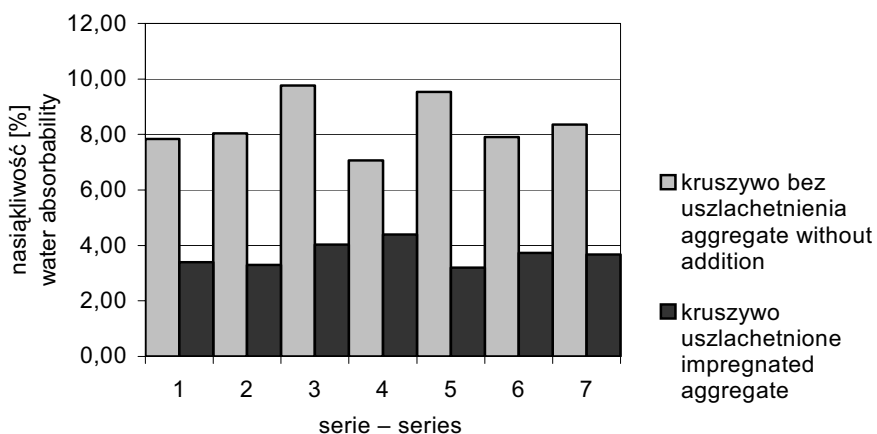
Tabela 1. Receptury laboratoryjne mieszanek betonowych

Table 1. Laboratory recipes of concrete mixes

Składniki – Assumptions [kg · m ⁻³]	Serie – Series						
	1	2	3	4	5	6	7
Cement CEM I 32,5 R	300	300	300	300	256	292	293
Cement CEM I 32,5 R							
Woda efektywna Effective water	121	100	180	180	143	130	162
Kruszywo recyklingowe mieszane Recycled aggregates	1794	1794	1206	1206	0	0	0
Kruszywo recyklingowe betonowe Recycled concrete aggregates	0	0	0	0	1689	756	756
Piasek naturalny Natural sand	0	0	575	575	0	1003	1003
Domieszka Asolin WS Addition Asolin WS	0	0	0	12,6	0	0	7,56
Superplastyfikator Remicrete FM Super plasticizer Remicrete FM	0	2,7	2,7	0	0	1,75	0
w/c	0,4	0,3	0,6	0,6	0,56	0,44	0,56

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań kruszyw recyklingowych potwierdziły gorsze właściwości w porównaniu z kruszywami mineralnymi (rys. 2).

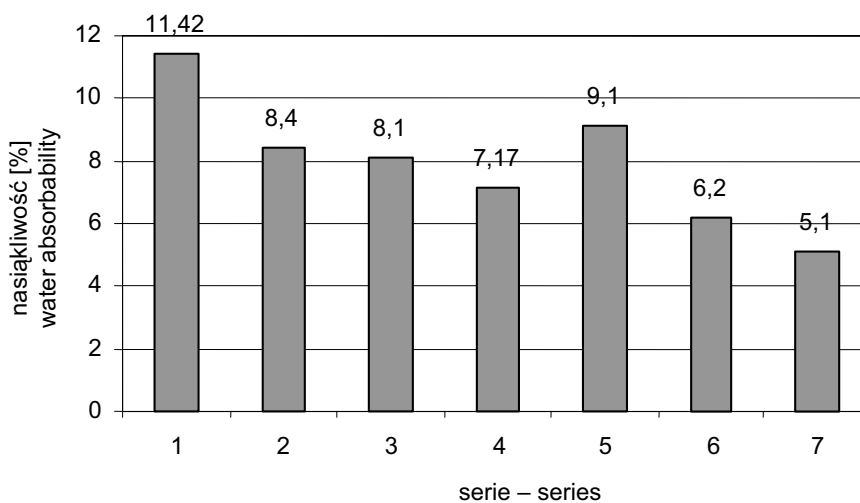


Rys. 2. Porównanie nasiąkliwości kruszyw

Fig. 2. Comparison of aggregate water absorbability

Nasiąkliwość kruszywa otrzymanego ze skruszonego gruzu wynosiła średnio 8,36 %. Po uszlachetnieniu badanego kruszywa środkiem hydrofobizującym nasiąkliwość zmniejszyła się do 3,68%.

Betony wykonane z kruszywa recyklingowego, impregnowanego Asolonem WS, charakteryzowały się mniejszą nasiąkliwością (rys. 3) w porównaniu z betonem na czystym kruszywie recyklingowym.

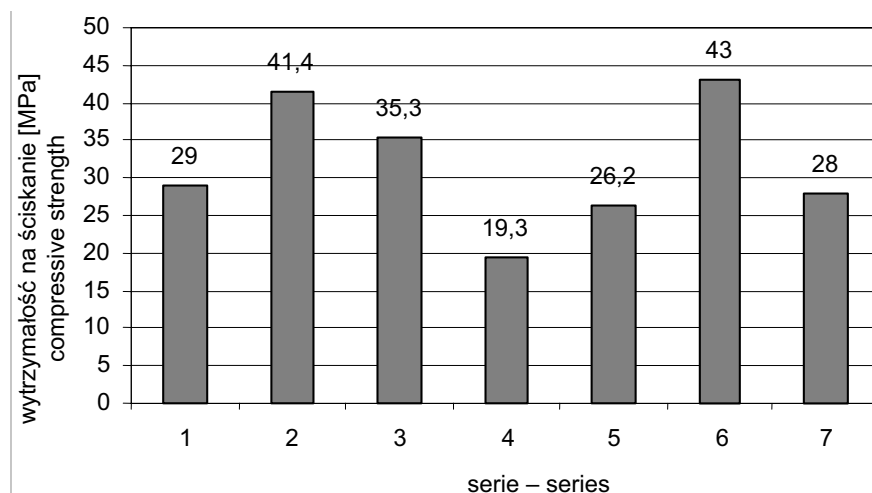


Rys. 3. Wyniki badania nasiąkliwości dla betonów

Fig. 3. Results of water absorbability tests for concretes

Zastosowanie środka hydrofobizującego wpływa pozytywnie na zmniejszenie nasiąkliwości kruszywa recyklingowego, co w konsekwencji poprawia właściwości betonu wykonanego z kruszywa impregnowanego Asolinem WS. Beton recyklingowy, w którym zastąpiono frakcje drobne kruszywem mineralnym, uzyskał nasiąkliwość 5%. Uzyskanie takich parametrów betonów recyklingowych umożliwi szersze wykorzystanie kruszyw recyklingowych w budownictwie.

Wytrzymałość betonu na kruszywie recyklingowym modyfikowanym środkiem hydrofobowym była mniejsza od pozostałych serii (rys. 4). Wyraźny wzrost wytrzymałości obserwujemy w betonach serii 2 oraz 6. Jest to efekt zastosowania superplastyfikatora.



Rys. 4. Wyniki badania wytrzymałości dla betonów

Fig. 4. Results of compressive strength tests for concretes

Zastosowanie domieszki uplastyczniającej w ilości 0,9% masy cementu poprawiło urabialność mieszanki betonowej przy jednoczesnym zredukowaniu wody efektywnej o 20%. Mieszanki te wykazały mniejszy stopień ciekłości w stosunku do serii porównawczych, jednak beton charakteryzował się większą wytrzymałością na ściskanie oraz mniejszą nasiąkliwością.

DYSKUSJA

Nasiąkliwość jest wadą betonów, więc im mniejsze wartości tej cechy, tym lepiej osiągnęto zamierzony cel. Betony bez domieszki oznaczone symbolami 1 i 5 miały dużą nasiąkliwość – 11,42 oraz 9,1%. Takie betony nie mogą być stosowane jako hydrotechniczne. Betony modyfikowane domieszką Remicrete (FM), oznaczone symbolami 2, 3, 6 miały mniejszą nasiąkliwość – od 8,4 do 5,1%. Zmniejszenie nasiąkliwości betonu w wyniku zastosowanej modyfikacji jest ważnym osiągnięciem, które w perspektywie daje możliwości wykorzystania tych betonów w budownictwie hydrotechnicznym.

Recykling stosowany na dużą skalę będzie ograniczał ilości odpadów i kłopotów z ich składowaniem.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Recykling gruzu prowadzony w sposób kontrolowany, ze szczególnym uwzględnieniem sortowania odpadów budowlanych według materiałów, będzie źródłem pozyskania kruszyw budowlanych.

Szerokie i prawie bez ograniczeń stosowanie w budownictwie kruszyw recyklingowych będzie bez wątpienia elementem wpływającym na odpowiednie kształtowanie środowiska, w którym żyjemy. Dla przyszłych pokoleń zostaną zachowane złoża kruszyw naturalnych, zmniejszy się obszar bezpowrotnie tracony zajmowany przez wysypiska śmieci, a materiały raz użyte do budowy będą cyklicznie poddawane procesowi recyklingu.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Wymiana kruszywa recyklingowego drobnego na kruszywo naturalne poprawia urabialność mieszanki betonowej i zmniejsza nasiąkliwość betonu.
2. Impregnowanie kruszywa środkami hydrofobizującymi oraz modyfikacja domieszkami chemicznymi powoduje zmniejszenie nasiąkliwości betonów i umożliwia wykorzystanie ich w wielu dziedzinach budownictwa.

PIŚMIENNICTWO

- Jasiczak J., 1995. Recyklingowe kruszywa z gruzu betonowego jako pełnowartościowy materiał budowlany. Materiały międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami, Poznań.
- Jasiczak J., Szczeszek M., 1997. Zastosowanie recyklingowych kruszyw betonowych przy budowie nawierzchni autostrady A-12. II Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami, 25–28.05, Poznań (11-352/97 DS) publikacja nr 1.
- Jasiczak J., Szczeszek M., 2001. Beton cementowy na kruszywie recyklingowym w budownictwie drogowym. Materiały sympozjum „Beton w inżynierii komunikacyjnej”, Poznań, styczeń, 115–124.
- Klin S., Kilian W., Świerzek R., 2001. Optymalizacja technologii betonu do warstw podbudów drogowych klasy B10 na bazie kruszyw z recyklingu odpadów budowlanych. Sympozjum Naukowe „Wykorzystanie odpadów budowlanych i przemysłowych w inżynierii lądowej i rekultywacji”. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Konferencje XXXII, 29–38.
- Mądravski J., 2002. Gruz budowlany jako cenny substytut kruszyw mineralnych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 23.
- Moryl A., Molski T., Kiwacz T., 2001. Wykorzystanie materiałów z przeróbki odpadów budowlanych do budowy wałów przeciwpowodziowych rzek Odry i Ślęzy. Sympozjum Naukowe „Wykorzystanie odpadów budowlanych i przemysłowych w inżynierii lądowej i rekultywacji”. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Konferencje XXXII, 39–50.
- Stebnicka I., 1996. Domieszki do betonu. Poradnik. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa.

ABILITY OF IMPROVING CONCRETE, BASED ON RECYCLED AGGREGATES, FEATURES

Abstract. The paper presents the possibilities of use of waste aggregates in civil engineering. Laboratory tests made on recycling aggregates pointed to their higher values of water absorbability and porosity in comparison to those parameters referring to ordinary aggregates. Hydrophobic additives made the water absorbability of aggregate lower. Preliminary studies carried out on recycling aggregate concretes pointed to the possibility of recycling aggregate use for constructional concretes. Chemical additives used for concrete increased its strength and decreased its water absorbability.

Key words: concrete, recycling, aggregates

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.02.2007