

Barbara ZAJĄC, Irena GOŁĘBIEWSKA

e-mail: zajacbar@poczta.onet.pl

Katedra Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

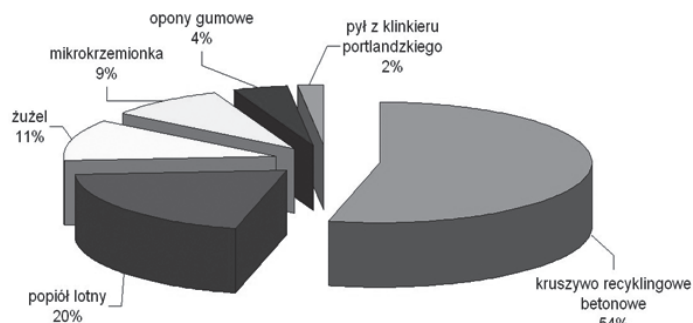
Przyszłość betonu z kruszywem recyklingowym betonowym

Wprowadzenie

Beton jest materiałem kompozytowym, szeroko stosowanym na świecie. Składa się on z wody, cementu i kruszywa. Jednak wydobycie i obróbka surowców niezbędnych do jego produkcji wymagają energii i obciążają środowisko. Z tego powodu zgodnie z ideą rozwoju zrównoważonego wymaga się, aby redukować zużycie surowców, potrzebnych do produkcji betonu poprzez zastąpienie materiałów pierwotnych materiałami wtórnymi (recyklingowymi) lub ubocznymi produktami przemysłowymi (dodatkami).

Do produkcji cementu stosuje się już dość powszechnie produkty uboczne takie jak: pył lotny, żużel wielkopieczowy czy mikrokrzemionkę. W celu ograniczenia zużycia kruszywa naturalnych stosuje się kruszywa recyklingowe, takie jak na przykład – recyklingowe kruszywo betonowe, kruszywo ceglane, szklane, z opon gumowych, itp. Materiały recyklingowe i uboczne produkty przemysłowe torują drogę produkcji betonu zrównoważonego.

Na rys. 1 przedstawiono najczęściej stosowane w USA produkty uboczne i materiały recyklingowe do produkcji betonu. Z rysunku wynika, że najbardziej popularne jest recyklingowe kruszywo betonowe – 54%. Jego koszt jest niski w porównaniu z ceną kruszywa naturalnego a jego dostępność jest duża z powodu koniecznej rozbiórki zużytych budowli i obiektów inżynierskich. Zastosowanie pyłów lotnych wynosi 20%, żużla – 11%, mikrokrzemionki – 9% a opon gumowych – 4% [Bolden i in., 2013].



Rys. 1. Materiały uboczne i recyklingowe stosowane do produkcji betonu [Bolden i in., 2013]

Wysoka jakość betonu z kruszywem recyklingowym betonowym zależy od:

- odpowiedniego przygotowania tego kruszywa,
- odpowiedniego zaprojektowania mieszanki betonowej (optymalny dobór kruszywa, cementu, wody, domieszek, dodatków) i właściwym jej wykonaniem.

Długość życia obiektu betonowego w istotny sposób zależy od sposobu eksploatacji obiektu. Wydłużenie tego etapu życia konstrukcji jest możliwe przez odpowiednie użytkowanie obiektu oraz przez właściwą konserwację, naprawę i renowację. Według najnowszych badań zastosowanie innowacyjnej metody samonaprawy betonu będzie jednym z czynników wydłużającym długość życia obiektu [Ahn i Kishi, 2010]. Ważne jest, aby można na końcu życia obiektu betonowego, po jego demontażu/wyburzeniu, otrzymać recyklingowe kruszywo betonowe, które w całości (bez odpadu niezagospodarowanego) będzie użyte do nowych budowli w pętli zgodnie z koncepcją rozwoju zrównoważonego.

Celem pracy była analiza aktualnych badań światowych dotyczących betonów z kruszywem recyklingowym betonowym, ocena stanu obecnego i perspektyw zastosowania kruszywa recyklingowego betonowego do produkcji betonu w kontekście rozwoju zrównoważonego.

Właściwości kruszywa recyklingowego betonowego

Właściwości fizyczno-mechaniczne kruszywa recyklingowego betonowego (KRB) zależą od charakterystyki kruszywa wejściowego, którego źródłem może być kilka betonów rozbiórkowych. W tym przypadku, takie kruszywo recyklingowe będzie miało większą różnorodność jakościowo-materiałową niż kruszywo recyklingowe, którego źródłem jest tylko jeden beton rozbiórkowy. Kluczowym parametrem kruszywa betonowego jest jego gęstość, która jest niższa niż kruszywa naturalnego i która ma wpływ na dużą absorpcję wody przez KRB, mniejszą wytrzymałość i mniejszą odporność na cykliczne zamrażanie/odmrażanie tego kruszywa [Ahn i Kishi, 2010].

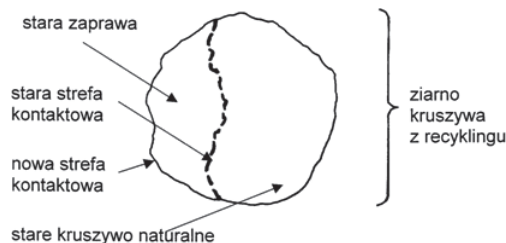
W betonowym kruszywem recyklingowym 30÷60% starej zaprawy przylega do ziaren kruszywa naturalnego (wejściowego), a jej ilość zależy od wielkości ziaren i rodzaju kruszywa.

Beton jest wielofazowym, niejednorodnym kompozytem. Składa się z następujących stref:

- *makrostruktury* – systemu składającego się z zaprawy i kruszywa grubego,
- *mikrostruktury* – stwardniałego zaczynu cementowego,
- *strefy kontaktowej* – między kruszywem i zaczynem cementowym.

Strefa kontaktowa jest miejscem krytycznym w betonie i wiele właściwości betonu jako kompozytu (szczególnie trwałość) zależy od właściwości tej strefy – jej jakości i grubości.

Struktura betonu z kruszywem recyklingowym betonowym (KRB) jest bardziej skomplikowana niż betonu z kruszywem naturalnym (KN). Beton z KRB ma dwie strefy kontaktowe. Jedną – między KRB i zaczynem cementowym (nowa strefa kontaktowa) i drugą – między KN i starą zaprawą (stara strefa kontaktowa) (Rys. 2).



Rys. 2. Strefy kontaktowe w betonie z kruszywem recyklingowym betonowym [Jevtić i in., 2012]

Strefa kontaktowa wg badań stanowi 20÷40% całkowitej objętości matrycy cementowej. Zaprawa w strefie kontaktowej jest porowata i popękana, co wpływa niekorzystnie na właściwości betonu z KRB, szczególnie na wytrzymałość betonu na ściskanie. Pory i pęknięcia w zaprawie strefy kontaktowej przyczyniają się do wzrostu zapotrzebowania na wodę to znaczy, że ma miejsce wzrost absorpcji wody przez KRB (woda jest pobierana ze świeżego zaczynu cementowego). Jakość strefy kontaktowej zależy przede wszystkim od jakości kruszywa, rodzaju połączeń chemicznych i metod dojrzewania betonu [Jevtić i in., 2012].

Właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu z kruszywem recyklingowym betonowym

Kruszywo recyklingowe betonowe ma istotny wpływ na właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu. Jakość betonu z kruszywem recyklingowym zależy od:

- wytrzymałości początkowej betonowego odpadu budowlanego,
- zawartości kruszywa recyklingowego w betonie,

- zawartości zaprawy pozostającej w kruszywie recyklingowym po procesie oczyszczenia,
- uziarnienia i zawartości materiału drobnego (frakcje < 4 mm) w KRB.

Na podstawie badań literaturowych stwierdzono, że:

Gęstość

Gęstość mieszanki betonowej z kruszywem naturalnym (KN) wynosi około 2400 kg/m³, a z kruszywem recyklingowym betonowym (KRB) - średnio 2250 kg/m³ (zależnie od zawartości KRB), bez względu na rodzaj cementu. Niższa gęstość mieszanki betonowej z KRB wynika z mniejszego ciężaru właściwego KRB oraz z większej zawartości powietrza w betonie z KRB [Rao i in., 2007].

Urabialność

KRB ma większą wodożądność (ilość wody w dm³, jaką należy dodać do 1 kg suchego kruszywa danej frakcji by uzyskać żadaną konsystencję) niż KN, ze względu na przylegającą zaprawę. Z tego powodu wymagane jest zwiększenie ilości cementu i wody. W celu zminimalizowania dodatkowej ilości cementu należy stosować domieszki – plastyfikatory [CCANZ Technical Report, 2011]. Urabialność jest mniejsza, przy tej samej ilości wody, szczególnie gdy poziom wymiany kruszywa przekracza 50% [Rao i in., 2007]. Jedną z metod poprawy urabialności jest uprzednie nasycenie kruszywa recyklingowego wodą. Zaleca się utrzymywać KRB co najmniej przez 24 godziny w stanie wilgotnym [CCANZ Technical Report, 2011].

Podstawowe właściwości betonu stwardniałego z kruszywem recyklingowym betonowym opisano poniżej. Przedstawione wyniki badań odniesiono do betonu z kruszywem naturalnym.

Wytrzymałość betonu na ściskanie

- Z badań przeprowadzonych z KRB (100% zamiany) wykonanym z płyt żelbetowych o wytrzymałości (20, 40, 60) MPa wynika, że: wytrzymałość betonu na ściskanie była niższa o (15÷40)% [CCANZ Technical Report, 2011].
- Wytrzymałość betonu na ściskanie z KRB (grubym – 50 i 100%) w wieku (1, 4, 7, 28 i 90) dni była niższa niż betonu kontrolnego z KN (bez dodatków). Ta różnica została częściowo zrekompensowana przez zastosowanie dodatków: 10% mikrokrzemionki (MK), 15% metakaolinu (sztuczna pucolana otrzymywana w procesie kalcynacji glin kaolinitowych w temperaturze 70÷80⁰C), 30% popiołów lotnych (PL), 55% żużła wielkopieczowego (ŻW) [Kou i in., 2011].
- W przypadku 100% zamiany kruszywa KN na KRB – redukcja wytrzymałości wyniosła 12÷25%; a w przypadku zamiany KN na KRB w ilości mniejszej niż 20% – nastąpił nieznaczny spadek wytrzymałości, około 5% [Li, 2008].

Wytrzymałość betonu na zginanie i rozciąganie

- Wytrzymałość betonu na zginanie przy 100% zamianie KN grubego na KRB grube była taka sama lub mniejsza o 10%, a w przypadku zamiany również KN drobnego – KRB drobnym - redukcja wytrzymałości wynosiła około 20% [CCANZ Technical Report, 2011].
- Wytrzymałość na rozciąganie i zginanie: gdy 100% KN zostało zastąpione przez KRB, wytrzymałość na rozciąganie spadła o 12÷31% (a nawet do 40%); w przypadku zamiany tylko 20% KN kruszywem KRB - wpływ był pomijalnie mały. W przypadku wytrzymałości na zginanie wpływ ilości zamienianego KN na KRB był nieznaczny i wynosił 0÷6% [Li, 2008].
- Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu z KN i KRB oraz z MK i MEK była wyższa niż odpowiedniego betonu kontrolnego (bez dodatków) dla każdego badanego wieku, podczas gdy zastosowane PL i ŻW obniżyły wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu [Kou i in., 2011].

Moduł sprężystości

- W przypadku 100% zamiany KN na KRB spadek modułu sprężystości wyniósł od 6÷33% [Ahn i Kishi, 2010],
- Moduł sprężystości spadał proporcjonalnie do stopnia zamiany KN na KRB. Przy 100% zamianie kruszywa na KR spadek modułu wyniósł 45% [Li, 2008].

Skurcz i pęcznienie

- Przy 100% zamianie KN grubego na KRB, skurcz był wyższy o 20÷50%, a w przypadku 100% zamiany KN grubego i drobnego na KRB skurcz był wyższy o 70÷100% [CCANZ Technical Report, 2011].
- Pęcznienie było większe o 30÷60%, w zależności od stopnia zamiany KN na KRB [CCANZ Technical Report, 2011].
- Skurcz – większy o 50% w przypadku 100% zamiany kruszywa KN na KRB [Li, 2008].
- Skurcz betonu z KN i KR oraz z MK i MeK był większy, a w przypadku PL i ŻW skurcz był mniejszy w stosunku do betonu kontrolnego (bez dodatków) [Li, 2008].

Trwałość

- Przy zamianie do 30% KN na KRB nie stwierdzono redukcji mrozoodporności, nasiąkliwości i przesiąkliwości [CCANZ Technical Report, 2011].
 - Głębokość karbonatyzacji zmniejszała się w miarę wzrostu zawartości KRB [CCANZ Technical Report, 2011].
 - Absorpcja wody rosła znacząco, gdy procent zamiany KN na KRB przekroczył 30% [CCANZ Technical Report 2011].
 - Odporność na wnikanie jonów chlorkowych malała wraz ze wzrostem stopnia zamiany KN na KRB [CCANZ Technical Report, 2011].
- Przy liczbie 25÷50 cykli zamrażania/odmrażania, bez względu na procent zamiany KN na KRB, spadek wytrzymałości na ściskanie wynosił około 25% a masy około 5%. Ze wzrostem liczby cykli do 200, wskaźniki spadku masy i dynamicznego modułu sprężystości betonu z KRB były mniejsze niż dla betonu zwykłego. W przypadku zamiany 60% KN na KRB, głębokość karbonatyzacji wzrosła o 62%. Odporność na karbonatyzację można poprawić przez zastosowanie żużla wielkopieczowego lub popiołów lotnych [Li, 2008].

Perspektywy stosowania betonu z kruszywem recyklingowym betonowym

Ciągle wzrastająca produkcja betonu, związana z wysoką emisją CO₂ oraz znacznym zużyciem zasobów naturalnych, przyczyniła się w ostatnich latach do intensyfikacji stosowania w budownictwie idei rozwoju zrównoważonego. Według tej idei na wszystkich etapach cyklu życia obiektu budowlanego, obok aspektów ekonomicznych i społecznych rozważa się również aspekt środowiskowy. Budownictwo zrównoważone to materiały i technologie przyjazne środowisku, tzn. oszczędzające zasoby naturalne, energię, redukujące emisję CO₂, chroniące środowisko poprzez: poprawę technologii produkcji cementu oraz stosowanie materiałów odpadowych do jego produkcji, recykling betonu i innych materiałów budowlanych oraz ponowne ich zastosowanie. Beton zrównoważony, proekologiczny wg koncepcji rozwoju zrównoważonego to tworzywo trwałe, przyjazne środowisku i ludziom, o odpowiedniej jakości, przy produkcji którego zastosowano minimalną ilość surowców naturalnych i minimalną ilość energii [Zajac i Gołębiewska, 2012]. Ponadto beton zrównoważony to beton, który ma dużą zdolność akumulacji ciepła, jest wykonany z materiałów recyklingowych, z materiałów miejscowych i całkowicie nadający się do recyklingu.

W koncepcji rozwoju zrównoważonego szczególnie ważne jest ograniczenie zużycia energii i wykorzystanie zasobów naturalnych zgodnie z zasadą 4R (Reduce-Reuse-Recover-Recycle) [Bromberek, 2014], czyli:

- zredukować zużycie materiałów i energii,
- użyć ponownie produkt wydłużając długość jego życia,
- przetworzyć produkt odzyskując część surowców, co wpływa na zmniejszenie zapotrzebowania na te surowce,
- odzyskać materiały z produktu poddanego recyklingowi, co może przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii i surowców naturalnych.

Jak już wcześniej wspomniano, recykling betonu, ze względu na ogromne ilości generowanych odpadów budowlanych, w tym betonowych, ma znaczący udział w zrównoważonym rozwoju budownictwa. Celem prowadzonych na świecie badań jest zapewnienie cyrkulacji be-

tonu w pętli, tzn. takie przetworzenie i zagospodarowanie betonu odpadowego, że w całości wróci on do obiegu, tworząc nową budowlę i przyczyniając się do zmniejszenia wydobycia surowców naturalnych, i redukcji powierzchni potrzebnej na wysypiska [Weil i in., 2006].

Aktualnie kruszywa recyklingowe betonowe są stosowane do betonów konstrukcyjnych bardzo ostrożnie – przy stosowaniu zamiany tylko frakcji grubej kruszywa naturalnego na frakcję grubą kruszywa recyklingowego i przy zachowaniu w 100% piasku naturalnego. Z tego rodzaju kruszyw otrzymuje się betony średniej wytrzymałości i nie są one entuzjastycznie stosowane przez wykonawców ze względu na konieczność zużycia większej ilości cementu w stosunku do betonu tej samej klasy na kruszywie naturalnym.

Kruszywo recyklingowe betonowe otrzymywane z odpadu rozbiórkowego jest zanieczyszczone i niejednorodne. Aby poprawić jego jakość, między innymi przez eliminowanie zanieczyszczeń, należałoby wprowadzić na budowie sortowanie mineralnych materiałów budowlanych. Będzie to możliwe dzięki selektywnej rozbiórce budowli oraz przez wprowadzenie takich urządzeń produkcyjnych, które będą mogły separować różne frakcje mineralne na podstawie ich małej różnicy gęstości. Ten proces będzie jednak drogi [Weil i in., 2006].

Ponadto w celu poprawienia właściwości kruszywa recyklingowego (charakteryzującego się dużą absorpcją wody z powodu zaprawy przylegającej do ziaren kruszywa pierwotnego) prowadzone są badania dotyczące różnych metod usuwania zaprawy przylegającej do ziaren kruszywa (z defektami takimi jak pęknięcia, pory i pustki powietrzne) między innymi za pomocą młynów kulowych, kruszarek udarowych lub/i granulatorów. Badania te dotyczą głównie kruszywa drobnego, które rzadko jest stosowane do betonu z powodu pogarszania wszystkich cech betonu [Ogawa i Nawa, 2012].

Im drobniejsze jest kruszywo, tym wyższy procent zawartości zaczynu, a jego nadmierna zawartość powoduje wysoką absorpcję wody przez kruszywo recyklingowe, złą urabialność mieszanki betonowej i zmniejszenie opadu stożka. Prowadzone są zatem badania, które mają na celu poprawę cech betonu z tym kruszywem drobnym za pomocą dodatków, np. pyłów lotnych, czy żużla stalowego zastępującego kruszywo grube [Anastasiou i in., 2014]. Takie dodatki poprawiają właściwości betonu z kruszywem drobnym, ale otrzymane betony ze względu na gorsze cechy fizykomechaniczne niż betony bez recyklingowego kruszywa drobnego nadają się tylko do stosowania jako betony niekonstrukcyjne i nie podlegające oddziaływaniu chlorków.

Ponadto ważne jest, aby przy stosowaniu kruszyw recyklingowych betonowych do betonów konstrukcyjnych badać w nich koncentrację jonów chlorkowych i siarczanowych (związanych z zaczynem przylegającym do kruszywa pierwotnego) oraz historię życia betonu wejściowego. Badanie zawartości jonów chlorkowych i siarczanowych w KRB jest ważne ze względu na ich negatywny wpływ na trwałość betonu a szczególnie na możliwość korozji zbrojenia w elementach żelbetonowych. Poza tym migracja chlorków, sorpcja wody oraz karbonatyzacja betonu jest tym większa im większy jest procent zamiany piasku naturalnego na drobne kruszywo recyklingowe [Evangelista i de Brito, 2010]. Chlorki i siarczany można usunąć z kruszyw recyklingowych przez ich moczenie w wodzie [Debieb i in., 2010].

Podsumowując można stwierdzić, że jakość betonu z kruszywem recyklingowym betonowym jest zdeterminowana właściwościami KRB, a techniczne problemy stwarzają: wysoka zawartość zaczynu cementowego/zaprawy cementowej, słabe strefy kontaktowe między zaczynem cementowym a kruszywem, porowatość i wewnętrzne pęknięcia betonu odpadowego, wysoki poziom chlorków i siarczanów, nieodpowiednie uziarnienie, niejednorodność jakościowo-materiałowa kruszywa.

Zatem w celu uzyskania betonu z KRB o właściwościach zbliżonych do betonu z kruszywem naturalnym należałoby usunąć wyżej wymienione wady kruszywa recyklingowego. Z analizy literatury światowej wynika, że jedynie zaawansowane technologie recyklingu betonu, polegające na usuwaniu zaczynu i zaprawy z ziaren kruszywa pierwotnego w kruszywie recyklingowym mogą zagwarantować wysoką jakość tego kruszywa. Jednak metody te obciążone są wadami, bo są bardzo kosztowne, powodują dodatkową emisję CO₂ i powodują powstanie dużych ilości pyłów, na zagospodarowanie których brak dotąd rozwiązań technologicznych [Zajac i Gołębiowska, 2010].

Wnioski

Jakość betonu recyklingowego stosowanego w przyszłości powinna być zbliżona do jakości betonu opartego na kruszywie naturalnym. Na podstawie obecnie prowadzonych w świecie badań można się spodziewać, że zostanie to osiągnięte przez:

- uzyskanie kruszywa betonowego wysokiej jakości, o charakterystyce zbliżonej do kruszywa naturalnego i zagospodarowania pyłów powstałych podczas ścierania zaczynu z ziaren kruszywa pierwotnego;
- zastosowanie do betonów konstrukcyjnych kruszywa recyklingowego betonowego, po mniej kosztownych modyfikacjach i przy użyciu różnego rodzaju dodatków (które są odpadami przemysłowymi);
- opracowanie nowych metod projektowania mieszanek betonowych z kruszywem recyklingowym.

Sukces badań prowadzonych zgodnie z tymi propozycjami umożliwiłby recykling betonu w układzie zamkniętym.

LITERATURA

- Anastasiou E., Filikas K.G., Stefanidou M., 2014. Utilization of fine recycled aggregates in concrete with fly ash and steel slag. *Constr. Build. Mater.*, **50**, 154-161. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.3.09.037
- Ahn T-H, Kishi T., 2010. Crack self-healing behavior of cementitious composites incorporating various mineral admixtures. *J. Adv. Concrete Technol.*, **8**, 171-186. DOI: 10.3151/jact.8.171
- Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E., 2013. Utilization of recycled and waste materials in various construction applications. *Am. J. Env. Sci.*, **9**, 14-24. DOI: 10.3844/ajessp.2013.14.24
- Bromberek Z., 2014. Energooszczędność a rozwój miast. *Izolacje* nr 1, 14-18
- CCANZ Technical Report, 2011. *Best practice guide for the use of recycled aggregates in new concrete*. Cement & Concrete Association of New Zealand (09.2014) [http://www.ccanz.org.nz/images/document/Recycled Aggregates in New Concrete.pdf](http://www.ccanz.org.nz/images/document/Recycled%20Aggregates%20in%20New%20Concrete.pdf)
- Debieb F., Courard L., Kenai S., Degeimbre R., 2010. Mechanical and durability properties of concrete using contaminated recycled aggregates. *Cement Concrete Comp.*, **32**, 421-426. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2010.03.004
- Evangelista L., de Brito J., 2010. Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement Concrete Comp.*, **32**, 9-14. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2009.09.005
- Hansen T.C. (Ed.) 1992. *Recycling of demolished concrete and masonry*. Technical Committee 37-DRC Demolition and Reuse of Concrete. Report 6, RILEM (ISBN: 0-419-15820)
- Jevtić D., Zakić D., Savić A., 2012. Achieving sustainability of concrete by recycling of solid waste materials. *Mech. Test. Diagn.*, **1**, nr 2, 22-39
- Kuosa H., 2012. *Reuse of recycled aggregates and other C&D waste*. Research Report VIT-R-05984-12 (09.2014) <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VIT-R-05984-12.pdf>
- Kou S-c., Poon Ch-s., Agrela F., 2011. Comparisons of natural and recycled aggregate concretes prepared with the addition of different mineral admixtures. *Cement Concrete Comp.*, **33**, 788-795. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2011.05.009
- Li X., 2008. Recycling and reuse waste concrete in China. Part 1. Material behavior of recycled aggregate concrete. *Res. Conserv. Recycl.*, **53**, 36-4. DOI: 10.1016/j.resconrec.2008.09.006
- Ogawa H., T.Nawa T., 2012. Improving the Quality of recycled fine aggregate by selective removal of brittle defects. *J. Adv. Technol.*, **10**, 395-410. DOI: 10.3151/jact.10.395
- Rao A., Jha K.N., Misra S., 2007. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Res. Conserv. Recycl.*, **50**, 71-81. DOI: 10.1016/j.resconrec.2006.05.010
- Weil M., Jeske U., Schebek L., 2006. Closed-loop recycling of construction and demolition waste in Germany in view of stricter environmental threshold values. *Waste Management & Research*, **24**, 197-206. DOI: 10.1177/0734242X06063686
- Zajac B., Gołębiowska I., 2010. Nowoczesne metody recyklingu betonu. *Inż. Ap. Chem.*, **49**, nr 5, 136-137
- Zajac B., Gołębiowska I., 2012. Możliwość redukcji CO₂ przez zastosowanie betonu zrównoważonego i kruszywa recyklingowego. *Inż. Ap. Chem.*, **51**, nr 5, 262-263