

mgr inż. Paweł Piekarski

dr inż. Łukasz Mroziak

University of Science and Technology in Bydgoszcz

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Practical possibilities of the production and use of light concretes with ground EPS

Summary

One of the target of modern concrete technology is the reduction of raw materials and the use of recycled materials. An example of such material is ground expanded polystyrene (EPS), obtained among others from production of thermal insulation materials. EPS can be used for the production of concrete and mortar. The advantages of such concrete are good thermal and mechanical parameters at relatively low bulk. This article discusses the practical possibilities of using concrete and mortar containing ground EPS in the construction industry. In addition, selected topics in the design of this group of composites were discussed.

Praktyczne możliwości produkcji i stosowania betonów lekkich z użyciem regranulatu EPS

Streszczenie

Rozwój współczesnej technologii betonu ukierunkowany jest na redukcję zużycia zasobów naturalnych na rzecz materiałów proekologicznych, w tym m.in. surowców recyklingowych. Przykładem takiego materiału jest regranulat polistyrenu ekspandowanego (EPS), pozyskiwany m.in. jako odpad z produkcji materiałów termoizolacyjnych. Zaletami betonów zawierających ten surowiec są dobre parametry termiczne i mechaniczne przy stosunkowo niskim ciężarze objętościowym. W niniejszym artykule przedyskutowano praktyczne możliwości stosowania betonów i zapraw z wypełnieniem regranulatu EPS w budownictwie. Ponadto, poddano dyskusji wybrane zagadnienia z zakresu projektowania tej grupy kompozytów.

1. Wprowadzenie

Beton jest kompozytem stosowanym w budownictwie na szeroką skalę. Dynamika rozwoju przemysłu budowlanego pociąga za sobą ciągle modyfikacje składu oraz poprawę parametrów tego materiału. Rezultatem takiego postępowania są betony nowej generacji (np. betony wysokowartościowe, samozagęszczalne, transparentne). Obok poprawy właściwości, rozpatrywany jest również aspekt proekologiczny. Ekonomia zrównoważonego rozwoju stawia współczesnej technologii betonu szereg wymagań. Należy do nich m.in. redukcja emisji gazów cieplarnianych do atmosfery przy produkcji cementu [1]. Osiągnięcie tego celu można zrealizować poprzez zmiany technologii przemysłu, czy stosowania wypełniaczy zmniejszających objętość tradycyjnych składników betonu. Innym wymaganiem ekonomii zrównoważonego rozwoju jest stosowanie materiałów recyklingowych i ubocznych produktów przemysłowych zamiast materiałów pierwotnych [3].

W niniejszym artykule przedstawiono perspektywy zastosowania odpadu w postaci regranulatu polistyrenu ekspandowanego (EPS) do produkcji zapraw i betonów lekkich. Zaprezentowany kompozyt spełnia podstawowe wymagania ekonomii zrównoważonego rozwoju.

2. Charakterystyka betonów lekkich z wykorzystaniem regranulatu EPS

EPS potocznie nazywany jest styropianem, który wytwarza się poprzez spienianie polistyrenu. Uzyskane granulki EPS poddaje się sezonowaniu, a następnie blokowaniu. Gotowe bloki są termicznie rozcinane na mniejsze elementy. W wyniku całego procesu produkcji generowane są odpady styropianowe, które rozdrabnia się do ponownej postaci granulatu (Fot. 1, Fot. 2). Pozyskany regranulat EPS wykorzystuje się powtórnie do produkcji styropianu. Innym źródłem tego typu odpadu są zakłady prefabrykacji, w których wykorzystuje się płyty EPS do budowy form. W przeciwieństwie do zakładów produkujących EPS, w zakładach prefabrykacji takie odpady są często zanieczyszczone pozostałościami klejów lub zapraw. Podobnie jest przy pracach termomodernizacyjnych na placach budów.



Fot. 1 Odpady styropianowe (fot. Paweł Piekarski)

Fot. 2 Rozdrabniacz do styropianu EPS (fot. Paweł Piekarski)

Zanieczyszczony EPS wymaga zatem znalezienia innych rozwiązań wykorzystania. Przykładem może być dodanie wymienionego odpadu do produkcji styrobetonu. Uzyskany kompozyt charakteryzuje się niską gęstością oraz lepszymi parametrami termicznymi w stosunku do zwykłego betonu. Styrobeton powszechnie stosuje się jako materiał niekonstrukcyjny do wylewek podłóg lub stropów.

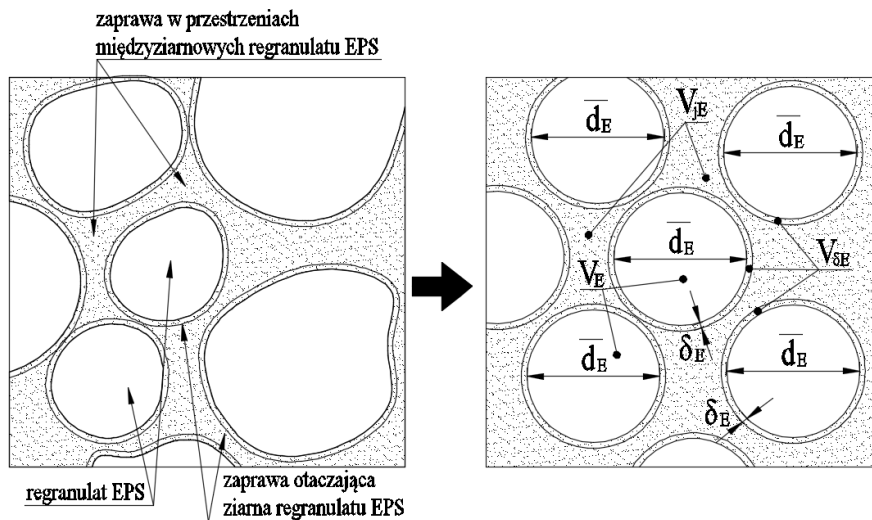


Fot. 3 Mieszanka styrobetonowa (fot. Łukasz Mrozik)

Według autorów, że istnieje także możliwość przemysłowej produkcji betonów konstrukcyjnych z regranulatem EPS. Potwierdzają to przeprowadzone pilotażowe próby produkcyjne w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych. W takim przypadku należy jednak mieć na uwadze istotne problemy technologiczne wynikające z zastosowania odpadowego regranulatu EPS. Dotyczy to przede wszystkim właściwego sposobu i kolejności dozowania

składników, w sposób zapewniający dokładne wymieszanie wszystkich komponentów mieszanki bez jednoczesnej bądź późniejszej ich segregacji. Ryzyko segregacji występuje ponadto podczas transportu pneumatycznego oraz wibracyjnego zagęszczania. W badaniach potwierdzono przydatność niektórych, powszechnie stosowanych domieszek redukujących ilość wody zarobowej na bazie eterów polikarboksylianowych.

Innymi problemami są aspekty pompowalności i urabialności mieszanki betonowej. Przy obecnym stanie wiedzy, najczęściej rozwiązywane są one poprzez eksperymentalne doboru składników. Takie podejście niestety jest często pracochłonne oraz kosztowne. Należy zatem dążyć do opracowania metody projektowania, bazującej na rozważaniach analityczno-doświadczalnych. Pozwoli to na zaprojektowanie i wykonanie betonów o założonej wytrzymałości, przy mniejszym nakładzie pracy i kosztów. Punktem wyjścia do analitycznych rozważań może być przedstawiony uproszczony, trójskładnikowy model makrostruktury (Rys. 1)



Rys. 1 Uproszczony trójskładnikowy model makrostrukturalny betonu z regranulatem EPS

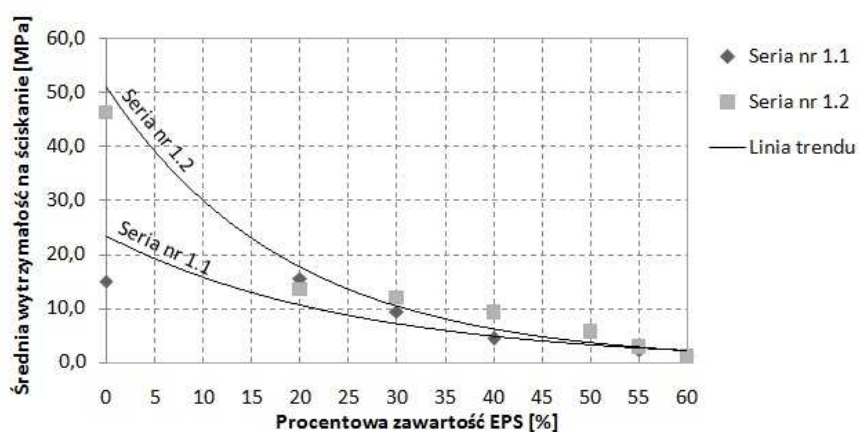
Przedstawiony model opisuje dwa zbliżone do siebie wielkością i kształtem ośrodki ziarniste, wymieszane w odpowiednich, dobranych eksperymentalnie proporcjach. Pierwszym z nich jest kruszywo grube o uziarnieniu zawierającym frakcje od 2 do 16 mm, natomiast drugim regranulat EPS o szacowanej średniej średnicy 4 mm. Przestrzenie międzyziarnowe tak skomponowanego stosu okruszowego wypełnione są zaprawą cementową, która współpracując z kruszywem otoczkowym, przekazuje obciążenia w całym ośrodku.

Zdaniem autorów, powyższe podejście do zagadnienia może stanowić punkt wyjścia do sformułowania zarysu metody projektowania betonów z użyciem regranulatu EPS. Szczegółowa analiza tego zagadnienia będzie podejmowana w dalszych badaniach.

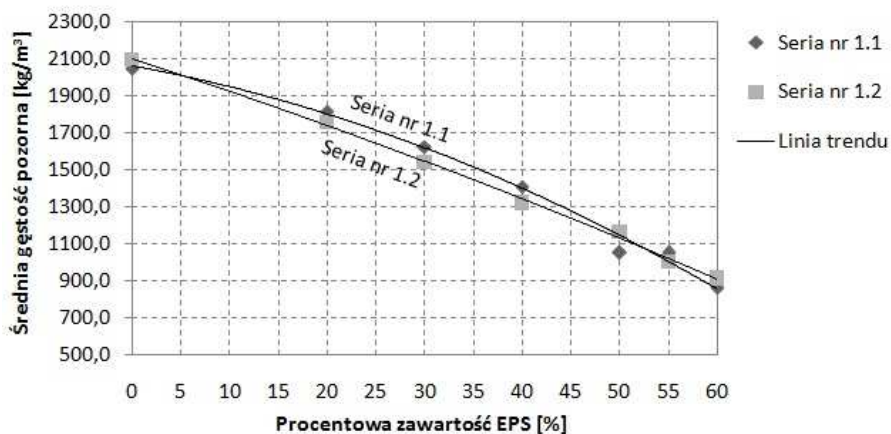
3. Perspektywy zastosowania betonów lekkich z wykorzystaniem regranulatu EPS

W celu dokonania wstępnej oceny praktycznych możliwości produkcji i zastosowania styrobetonu, przeprowadzono badania pilotażowe. Zrealizowano dwie serie badawcze mieszanek betonowych. Zastosowano w nich drobne kruszywo naturalne, regranulat EPS, cement CEM I 42,5 R oraz superplastyfikator na bazie eterów polikarboksylanowych. Przyjęta wartość stosunku wodno-spoiwowego wynosiła 0,35. Zapewniła ona optymalne wykorzystanie domieszki oraz pożądane właściwości reologiczne mieszanki.

Receptury przypisane do pierwszej serii różniły się ilością regranulatu, przy czym zmianę jego objętości rekompensowano ilością naturalnego kruszywa drobnego. Objętość zaczynu była stała we wszystkich mieszankach (masa cementu wynosiła 372 kg/m^3). Receptury z grupy drugiej również charakteryzowały się zmiennym objętościowym udziałem regranulatu, jednak były one rekompensowane objętością zaprawy o stałych proporcjach kruszywa, wody i spoiwa (masa cementu zawierała się w zakresie $297\text{--}743 \text{ kg/m}^3$). Składniki mieszano mechanicznie w mieszarce laboratoryjne, wykonując w pierwszym etapie zaprawę z domieszką superplastyfikatora, a następnie dodając regranulat dozowany objętościowo. Ze zrealizowanych mieszanek wykonano próbki do badań wytrzymałości na ściskanie oraz gęstości pozornej po wysuszeniu. Badania przeprowadzono w 14 dniu dojrzewania. Wyniki przedstawiono na poniższych wykresach.



Rys. 2. Średnia wytrzymałość na ściskanie dwóch serii badawczych styrobetonu



Rys. 3. Gęstość pozorna po wysuszeniu dwóch serii badawczych styrobetonu

Przedstawione na pierwszym wykresie (Rys. 2.) wyniki badania wytrzymałości na ściskanie pokazują wyraźny wpływ udziału objętościowego regranulatu EPS. Mieszanki z największą ilością tego surowca charakteryzowały się najniższą wytrzymałością. Warto zwrócić uwagę na istotną rozbieżność wyników dla poszczególnych serii przy niskich ilościach regranulatu. Wyraźnie niższe wytrzymałości dla serii pierwszej są spowodowane pogorszeniem urabialności spowodowanym podwyższoną ilością kruszywa drobnego. Otrzymane wyniki dostarczają przesłanek do sformułowania tezy mówiącej, że możliwe jest wykonanie konstrukcyjnych betonów lekkich z wykorzystaniem regranulatu EPS. Słuszność tej tezy zostanie zweryfikowana w dalszych badaniach prowadzonych przez autorów.

Drugi z prezentowanych wykresów (Rys. 3.) pokazuje wpływ udziału objętościowego regranulatu na gęstość pozorną betonu po wysuszeniu. Zaobserwowano w przybliżeniu liniowy trend, bez wyraźnych rozbieżności pomiędzy seriami. Uzyskane gęstości pozwalają zakwalifikować analizowane kompozyty do grupy betonów lekkich.

W celu oceny możliwości produkcji w warunkach przemysłowych, przeprowadzono pilotażowe próby produkcyjne. Pomyślnie zrealizowano wybrane receptury, potwierdzając dodatkowo możliwość transportu pneumatycznego. Ze zrealizowanych receptur wykonano testowy fragment ściany monolitycznej przeznaczony do dalszych badań i obserwacji.

4. Podsumowanie

Ekonomia zrównoważonego rozwoju wymusza na współczesnej technologii betonu dokonania radykalnych zmian w projektowaniu i wykonawstwie. Beton powinien być materiałem trwałym, wysokiej jakości, a zarazem przyjazny ludziom i proekologiczny [2]. Ponadto ważnym aspektem

jest również redukcja emisji gazów cieplarnianych do środowiska, oraz stosowanie surowców wtórnych do produkcji.

Beton z użyciem regranulatu EPS spełnia podstawowe założenia ekonomii zrównoważonego rozwoju. Kompozyt przyczynia się do mniejszego zużycia tradycyjnych składników betonu (cement, kruszywo) oraz wykorzystuje surowiec recyklingowy. Dodatkową zaletą materiału jest szerokie zastosowanie w budownictwie, dzięki obszeremu spektrum właściwości (stosunkowo niski ciężar własny, lepszy współczynnik przewodności cieplnej w stosunku do betonów zwykłych).

Należy jednak podkreślić, że przy projektowaniu i wykonywaniu betonów z regranulatem EPS pojawiają się problemy wymagające rozwiązania. Dotyczy to przede wszystkim odpowiedniego doboru ilościowego i jakościowego składników. Do uzyskania tego typu betonów, konieczne jest zastosowanie domieszek uplastyczniających oraz cementu o wyższej jakości.

5. Literatura

- [1] Zając B., Gołębiowska I.: Inż. Ap. Chem, 2014: Możliwość redukcji CO₂ przez zastosowanie betonu zrównoważonego i kruszywa recyklingowego.
- [2] Zając B., Gołębiowska I.: Inż. Ap. Chem, 2014: Przyszłość betonu z kruszywem recyklingowym betonowym.
- [3] Rogal H., 2010: Ekonomia zrównoważonego rozwoju.