

dr hab. inż. Maria Wesołowska, prof. UTP<sup>1)</sup>  
 dr inż. Łukasz Mrozik<sup>1)</sup>, mgr inż. Jarosław Gajewski<sup>1)</sup>  
 mgr inż. Agnieszka Grzybowska<sup>1)</sup>,  
 mgr inż. Paweł Piekarski<sup>1)</sup>, dr inż. Paula Szczepaniak<sup>1)</sup>  
 mgr inż. Jerzy Janicki<sup>2)</sup>

# Prefabrykaty ściennie z kompozytów styrobetonowych – od idei do prototypu

DOI: 10.15199/33.2018.12.10

Aktualne trendy w rozwoju budownictwa kubaturowego wyznaczają producentom materiałów budowlanych nową perspektywę, w której, aby przetrwać globalną rywalizację, należy sięgać po niekonwencjonalne rozwiązania. Główne wymagania rynku to skrócenie czasu budowy i zmniejszenie kosztów z jednoczesnym spełnieniem określonych prawem standardów dotyczących bezpieczeństwa, oszczędności energii i komfortu użytkowania. Współczesne budownictwo musi również, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, dbać o rozsądne gospodarowanie odpadami budowlanymi. Obecnie duży problem stanowią odpady styropianowe (EPS). Ze względu na wielkogabarytowość i różny kształt, mały ciężar objętościowy, duże koszty transportu i niewielkie koszty produkcji, powszechnie panuje opinia o braku zasadności racjonalnego zagospodarowania EPS. Niestety z powodu utrudnionej biodegradacji przechowywanie tych odpadów na składowiskach jest mało efektywne, zaś ich spalanie emituje znaczącą ilość dwutlenku węgla do środowiska.

## Idea nowego prefabrykatu

Grupa naukowców z Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, pod kierownictwem **dr hab. inż. Marii Wesołowskiej, prof. UTP**, podjęła się opracowania technologii prefabrykowanych, wielkoblokowych elementów ściennych do budowy pasywnych budynków mieszkalnych. Zlecającym była firma EKOBUD z Grudziądza. Wymagano, aby w przypadku nowego rozwiązania:

<sup>1)</sup> Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

<sup>2)</sup> EKOBUD Grudziądz

<sup>\*</sup> Adres do korespondencji: Maria.Wesolowska@utp.edu.pl

- prefabrykaty miały odpowiednią wytrzymałość i gwarantowały spełnienie wymagań dotyczących budownictwa pasywnego;

- elementy prefabrykowane były łatwe w montażu i gwarantowały prawidłową realizację obiektu nawet przez słabo wykwalifikowanych robotników;

- zapewniona była modułowość prefabrykatów i swoboda w kształtowaniu przestrzeni użytkowej.

W celu wyróżnienia nowego prefabrykatu, na tle innych rozwiązań oferowanych na rynku, zdecydowano się na zastosowanie nietypowego, w przypadku elementów nośnych, materiału, jakim jest styrobeton wykonany na bazie odpadów poprodukcyjnych z polistyrenu ekspandowanego (EPS) [1]. W artykule przedstawiono wybrane elementy nowego systemu oraz omówiono niektóre problemy powstałe w trakcie realizacji zadania badawczego.

## Opis systemu

Podstawowym elementem nowego systemu jest **prefabrykowany izolacyjno-konstrukcyjny element murowy do wykonania ścian zewnętrznych**. Ma on budowę typu „sandwich” i składa się z naprzemiennie ułożonych płyt ze styrobetonu oraz styropianu grafitowego (fotografia 1). Poszczególne warstwy sklejone są jednoskładnikowym klejem poliuretanowym i dodatkowo skręczone wpuszczanymi stalowymi ściągami o średnicy 6 mm, wyposażonymi w kołnierze z poliamidu. Ściąg zapewniający właściwy docisk w trakcie wiązania kleju oraz stanowią uchwyty montażowe i dodatkowo wzmocnienie elementu w fazie murowania. Pierwotnie element został zaprojektowany jako naprzemienny układ warstw o jednakowej grubości (fotografia 1a), ale szczegółowa analiza termiczna detali budowlanych (wieńca stropowego, nadproża, ościeża) wyka-



Fot. 1. Prototypowe wersje elementu murego zaproponowanego przez: a) firmę EKOBUD; b) zespół UTP

zała, że takie rozwiązanie nie zapewnia uzyskania standardu pasywnego [3]. Zaproponowano więc modyfikację tego rozwiązania i zastosowanie (fotografia 1b):

- warstwy konstrukcyjnej grubości 25 cm (naprzemiennie ułożone warstwy styrobetonu i EPS 5 x 5 cm);

- warstwy izolacji termicznej (EPS) grubości 20 cm;

- okładziny ze styrobetonu grubości 5 cm stanowiącej stabilne podłoże pod tynk cienkowarstwowy, zbrojony siatką.

W skład systemu wchodzi: podstawowe elementy murowe o wymiarach 105 x 50 x 50 cm, uzupełniające elementy półkowe (podłużne 105 x 25 x 50 cm i poprzeczne 55 x 50 x 50 cm) oraz elementy ćwiartkowe podstawowe i wzmocnione płytą żelbetonową pod oparcie nadproża. System jest przygotowany do stosowania w przypadku otworów szerokości 90, 120, 220 i 270 cm. Rozwiązanie dopuszcza użycie nadproży monolitycznych lub prefabrykowanych. Podstawowe rozwiązanie posadowienia budynków przewiduje fundamenty liniowe z obustronną izolacją obwodową.

## Wybrane problemy techniczne i technologiczne

Właściwości styrobetonu, tym bardziej z wypełnieniem w postaci odpadu styropianowego (EPS), powinny być określone na podstawie badań. Opracowanie nowego typu materiału polega na takim doborze ilościowym i jakościowym składników, który zapewni ukształtowanie kompozytu o z góry założonych właściwościach (wytrzymałość, przewodność cieplna, nasiąkliwość itp.). Nie da się tego zrobić bez udziału osób dysponujących odpowiednią wiedzą i doświadczeniem oraz odpowiedniej bazy laboratoryjnej. Punktem wyjścia podczas prowadzonych w zakładzie produkcyjnym firmy EKOBUD prób technologicznych była ocena przydatności istniejącego wyposażenia i parku maszynowego do produkcji elementów składowych nowego systemu. Konieczny okazał się zakup formy bateryjnej do produkcji płyt styrobetonowych (fotografia 2).



Fot. 2. Układanie i zagęszczanie mieszanki styrobetonowej w formie bateryjnej

W kolejnym etapie rozwiązano problem dotyczący dozowania i mieszania składników mieszanki styrobetonowej, eliminując ich niejednorodność i segregację. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnego superplastyfikatora. Dodatkowo, domieszka ta poprawiła urabialność mieszanki i nadała jej właściwości reologiczne umożliwiające podawanie pneumatyczne.

Na podstawie skomponowanego składu mieszanki przystąpiono do opracowania receptur roboczych. Badano kilka mieszanek, różniących się ilością regranulatu oraz superplastyfikatora [2]. Ciekawostką jest fakt, że o ostatecznym

składzie zdecydowały problemy technologiczne związane z właściwym zagęszczeniem mieszanki, nie zaś konieczność uzyskania wytrzymałości otrzymanej z obliczeń. Stosunkowo lekka mieszanka styrobetonowa, pomimo zastosowania wysokoefektywnego upłynniacza, z trudem wypełniała smukły szalunek, czego efektem było nieodprowadzone powietrze. Zmniejszenie udziału EPS pozwoliło wyeliminować ten problem.

Analizie poddano również sam proces wytwarzania kompozytowych bloków „sandwich”. Dobrano m.in. rodzaj zastosowanego kleju i sposób scalania gwarantujący minimalne odchyłki wymiarowe. Ostatnim etapem prób technologicznych była ocena właściwości geometrycznych wyrobów oraz budowa próbnego odcinka ściany. Ten etap potwierdził prawidłowość opracowanego rozwiązania.

Istotnym zagadnieniem było ustalenie minimalnej głębokości oparcia zapewniającej bezpieczne przeniesienie obciążeń z nadproża na ściany. Zaprojektowane nadproże nowego systemu to układ trójwarstwowy składający się z betonu zbrojonego, styropianu oraz styrobetonu, a więc materiałów o różnej sztywności. Określenie rzeczywistej nośności strefy podparcia wymagało przeprowadzenia testów fizycznych, które są stosunkowo drogie. Ponadto badania związane z doborem optymalnej głębokości oparcia wymagały wielu prób różnych wariantów podparcia. Można ograniczyć liczbę testów fizycznych, wykonując wstępne badania za pomocą zaawansowanych symulacji komputerowych. Taki sposób tworzenia innowacyjnych rozwiązań wpisuje się w koncepcję przemysłu 4.0 (bazującego m.in. na dużym udziale symulacji komputerowych w procesach projektowania, wytwarzania i produkcji). W omawianym przypadku symulacje komputerowe pozwoliły oszacować poziom naprężeń w strefie podparcia i wytypować rozwiązanie, które zostało zweryfikowane w warunkach laboratoryjnych.

## Podsumowanie

Do zalet nowego rozwiązania należą:

- walory proekologiczne, wynikające z wbudowania trudnego w utylizacji odpadu EPS;
- szybkość wznoszenia, z uwagi na zastosowanie elementów wieloblokowych;
- łatwość transportu i montażu, dzięki stosunkowo małemu ciężarowi objętościowemu elementów;
- elastyczność systemu, uzyskana dzięki dostępności elementów cząstkowych, nadprożowych, jak również łatwości wykonywania połączeń;
- dobre właściwości termoizolacyjne umożliwiające wznoszenie budynków mieszkalnych w standardzie pasywnym;
- konkurencyjna cena.

Opracowanie nowego elementu murowego wiązało się z koniecznością rozwiązania wielu problemów technicznych i technologicznych. Było to możliwe dzięki wielotorowemu działaniu obejmującemu: prace laboratoryjne; obliczeniowe; symulacje numeryczne i próby technologiczne.

Należy podkreślić, że z uwagi na budowę i kształt nie ma odpowiedniej normy na takie elementy. Ich wprowadzenie do praktyki budowlanej jest obwarowane szczegółowymi przepisami. Obowiązują m.in. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG oraz Ustawa o wyrobach budowlanych.

## Literatura

- [1] Mroziak Łukasz, Paweł Piekarski. 2016. „Praktyczne możliwości produkcji i stosowania betonów lekkich z użyciem regranulatu EPS”. *Budownictwo Zrównoważone*. Wydawnictwo Uczelniane UTP, s. 172 – 177.
- [2] Piekarski Paweł, Łukasz Mroziak, Agnieszka Grzybowska. 2017. „Właściwości betonów lekkich na bazie regranulatu polistyrenu ekspandowanego”. *Materiały Budowlane* 537 (5): 98 – 99. DOI: 10.15199/33.2017.05.42.
- [3] Wesołowska Maria, Paula Szczapaniak, Jarosław Gajewski. 2018. „NZEBS built of elements based on styrofoam re-granulate”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* – 2018, vol. 415: 1 – 8.

Przyjęto do druku: 15.11.2018 r.

Partner działu:

**Stowarzyszenie Producentów Betonów**

