

dr inż. Marta Kadela<sup>1)\*</sup>  
 dr inż. Agnieszka Winkler-Skalna<sup>1)</sup>  
 mgr inż. Beata Łoboda<sup>1)</sup>  
 mgr inż. Alfred Kukielka<sup>1)</sup>

# PIANOBETON

## – charakterystyka materiałowa oraz możliwości zastosowania

### *Foam concrete – characteristics and applicability*

DOI: 10.15199/33.2015.07.30

**Streszczenie.** Pianobeton jest klasyfikowany jako beton lekki, który powstał przez zamknięcie w zaczynie cementowym porów powietrza, utworzonych przy użyciu środka pianotwórczego. W artykule przedstawiono wpływ zawartości środka pianotwórczego, dodawanego w celu wytworzenia piany, na fizyczne właściwości pianobetonu, takie jak gęstość, nasiąkliwość i wytrzymałość na ściskanie, w przypadku mieszanek o w/c = 0,44. Na podstawie wyników oceniono, że gęstość próbek z pianobetonu jest proporcjonalna do zawartości piany (środka pianotwórczego) dodawanego do mieszanki. Próbkę o mniejszej gęstości charakteryzuje się większą nasiąkliwością oraz mniejszą wytrzymałością.

**Słowa kluczowe:** pianobeton, wytrzymałość na ściskanie, gęstość, nasiąkliwość, beton lekki.

**Abstract.** Foam concrete is classified as a lightweight concrete. It is a cement mortar in which air-voids are entrapped by foaming agent. The paper presents results from experimental testing of cube specimens related the effect of foaming volume rate to the preformed foam on physical properties of foam concrete as density, absorption of water and compressive strength. For all specimens w/c = 0.44 was used. The dry density was directly proportional to the unit foam content in fresh concrete. A lower density was unfavorable because of high absorption of water and as density decreased, compressive strength decreased.

**Keywords:** foam concrete, compressive strength, density, absorption of water, LFC.

Pianobeton (opatentowany w 1923 r.) klasyfikowany jest jako beton lekki, w którego objętości znajduje się więcej niż 20% porów wytworzonych z zastosowaniem odpowiedniego środka pianotwórczego [1]. Dzięki produkcji i wbudowywaniu go w formie ciekłej oraz z uwagi na możliwość uzyskania szerokiego zakresu gęstości, może być stosowany w różnych specyficznych rozwiązaniach. Zastosowanie pianobetonu w budownictwie długo ograniczało się do roli materiału na elementy ściennie jako izolacji termicznej i dźwiękowej oraz do wykonywania niekonstrukcyjnych wypełnień wolnych przestrzeni (np. nad kolektorami w wykopach) [2, 3].

Obecnie docenienie zalet pianobetonu można dostrzec w wielu konstrukcjach, np. bieżni stadionu [2, 3, 4, 5, 6], wykonanej na słabym gruncie, w strefach dojazdowych do mostów (wypełnienie w celu odciążenia przypory), przy wypełnianiu wyrobisk, tunelu metra [6, 7], przy poszerzaniu pasów jezdni [6 – 8], tworzeniu miejsc postojowych [4, 5] oraz przy przebudowie dróg lokalnych [9, 10]. Natomiast zastosowanie go na nawodnionym gruncie jest przedmiotem projektu badawczego prowadzonego w Maleszji [7, 11, 12].

W Polsce pianobeton został dotychczas zastosowany m.in. jako wypełnienie wokół rur kanalizacyjnych i ciepłowniczych (Biblioteka Miejska w Legnicy, Kamienna Góra, Głogów), przy budowie przepustów (droga krajowa na odcinku Kostrzyń – Gorzów), jako lekki fundament pod rurociągi (Kamienna Góra) oraz linię produkcyjną (Zakłady Graficzne w Pile), na platformy robotnicze przy przebudowie podtorza suwnicy bramowej do rozładunku wagonów (Elektrociepłownia WPEC Legnica), jako warstwa pod nawierzchnię z kostki betonowej (parking salonu meblowego firmy Baxpol w Toruniu) oraz eksperymentalnie jako poduszka, w celu eliminacji osiadania stacji benzynowej Statoil w Gnieźnie [13].

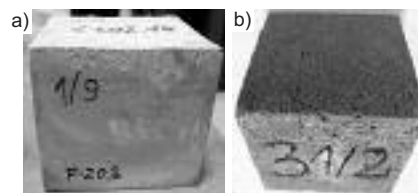
W artykule przedstawiono wyniki badania gęstości, nasiąkliwości oraz wytrzymałości na ściskanie próbek pianobetonu o różnym składzie, produkowanego w laboratorium Zakładu Elementów Konstrukcji Budowlanych i Pracowni na Terenach Górniczych Instytutu Techniki Budowlanej.

### Przygotowanie mieszanki

Pianobeton został wyprodukowany z zaczynu cementowego, do którego dodano pianę wytworzoną przez zastosowanie odpowiedniego środka pianotwórczego. W badanych mieszankach wykorzystano cement portlandzki CEM I 42,5 R oraz piasek płukany o frakcji 0 – 2 mm i popiół krzemionkowy, w celu sprawdzenia ich wpływu

na właściwości materiałowe pianobetonu. Zawartość środka pianotwórczego w stosunku do cementu wynosiła 2 – 10% wag., natomiast wskaźnik w/c = 0,44. Łącznie przygotowano 40 mieszanek o różnym składzie.

Każdorazowo do zaczynu cementowego (ewentualnie z dodatkiem piasku lub popiołu) dodawano środek pianotwórczy za pomocą agregatu do spieniania. Dozowanie środka odbywało się wagowo. Mieszanie początkowo było wykonywane za pomocą betoniarki, a następnie mieszała do betonu. Na fotografii zaprezentowano przykładowe próbki pianobetonu po stwardnieniu.



**Przykładowe próbki do badań:** a) z nieszlifowaną powierzchnią; b) z powierzchnią przeszlifowaną

*An examples of test sample: a) with unsanded surface; b) with sanded surface*

### Wyniki badań

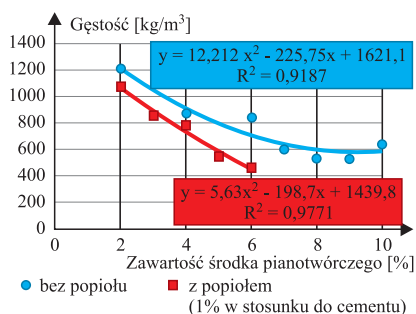
**Gęstość objętościowa (pozorna)** próbek pianobetonu została określona wg normy PN-EN 12390-7:2011 [14]. Wpływ zawartości piany na gęstość objętościową (pozorną) próbek pianobetonu  $\gamma$  [kg/m<sup>3</sup>] przedstawiono na rysunku 1. Obserwuje

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski

<sup>\*</sup> Autor do korespondencji:  
 e-mail: m.kadela@itb.pl

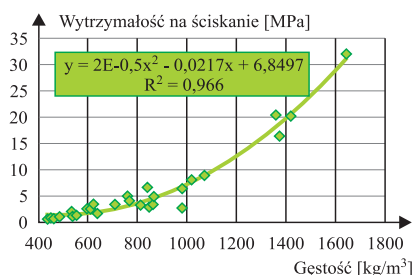
się silną korelację pomiędzy gęstością a zawartością środka pianotwórczego, co jest zgodne z oczekiwaniami, ponieważ wzrostowi zawartości piany w świeżej mieszance towarzyszy zwiększenie jej objętości. Skutkuje to wzrostem pustek powietrznych w próbce pianobetonu, a w rezultacie wpływa na spadek jej gęstości, który jest różny w zależności od procentowej zawartości popiołów. Ponadto próbki z popiołem (1% wag. w stosunku do cementu) mają mniejszą gęstość niż bez popiołu.

**Badanie wytrzymałości pianobetonu na ściskanie** zostało przeprowadzone na kostkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm zgodnie z normą PN-EN 12390 Część 3: 2011 *Badania betonu – Wytrzymałość na ściskanie* [15]. Wyniki badań w funkcji gęstości objętościowej pianobetonu („czystego” – bez dodatków, z popiołem lotnym oraz z piaskiem) przedstawiono na rysunku 2. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem gęstości objętościowej zwiększa się wytrzymałość, przy czym zależność ta jest ekspotencjalna. Otrzymane wartości są zgodne z danymi literaturowymi (wytrzymałość na ściskanie wynosi 0,48 ÷ 43,00 MPa w przypadku pianobetonu o gęstości 240 ÷ 1800 kg/m<sup>3</sup>).



**Rys. 1. Wpływ zawartości środka pianotwórczego na gęstość objętościową przy różnej zawartości popiołu**

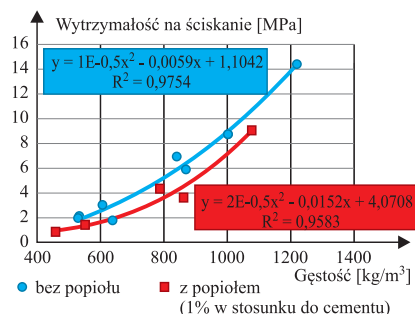
*Fig. 1. Influence of foaming volume rate on the density of hardened foam concrete at different ash content*



**Rys. 2. Wytrzymałość na ściskanie próbek pianobetonu w zależności od ich gęstości objętościowej**

*Fig. 2. Influence of the density of hardened foam concrete on compressive strength*

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ dodatku popiołu lotnego na wytrzymałość na ściskanie, w funkcji gęstości objętościowej  $\gamma$  [kg/m<sup>3</sup>]. Tło stanowią wyniki wytrzymałości pianobetonu bez dodatków („czystego”).



**Rys. 3. Wytrzymałość na ściskanie próbek pianobetonu z dodatkiem popiołu lotnego w zależności od ich gęstości objętościowej**  
*Fig. 3. Influence of the density of hardened foam concrete with added ash on compressive strength*

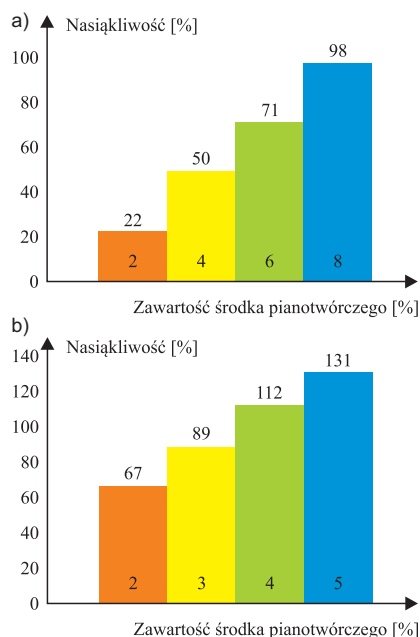
W celu sprawdzenia odporności pianobetonu na działanie wody przeprowadzono **badanie nasiąkliwości przy całkowitym zanurzeniu**. W związku z tym, że nie ma obecnie znormalizowanych metod badawczych, przyjęto, na podstawie dostępnej literatury przedmiotu oraz doświadczenia badawczego autorów, że badania zostaną wykonane na próbkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm, określając następujące założenia:

- suszenie próbek do stałej masy w temperaturze 50 °C (temperatura ustalona empirycznie, np. przy temperaturze ok. 70 °C zaobserwowano pękanie próbek);
- zanurzenie w wodzie zdemineralizowanej o temperaturze 23 ± 5 °C, w taki sposób, żeby górna powierzchnia badanych próbek została zanurzona na głębokość 50 ± 2 mm;
- próbki po wyjęciu z wody odkładano do odsączenia przez 10 ± 0,5 min, a następnie ważono;
- pomiar masy wykonywano co 24 h do momentu osiągnięcia przez próbki stałej masy (warunek: różnica między dwoma kolejnymi pomiarami nie większa niż 0,2%).

Na rysunkach 4–5 przedstawiono wpływ zawartości poszczególnych składników mieszanki betonowej na nasiąkliwość. Wykazano wyraźne zwiększenie nasiąkliwości wraz ze wzrostem zawartości dodatku pianotwórczego (rysunek 4), dochodzące nawet do 98% nasycenia wodą przy zawartości środka pianotwórczego 8% w przypadku próbek bez dodatku popiołów lotnych (rysunek 4a). Analogiczną zależność zaob-

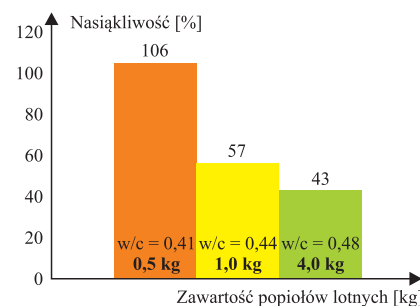
serwowano w przypadku próbek z dodatkiem popiołów lotnych (rysunek 4b), przy czym nasiąkliwość próbki o zawartości 5% dodatku spieniającego wyniosła 131%. Wyników tych nie można jednak porównać, ponieważ powierzchnie próbek z dodatkiem popiołów zostały przeszlifowane (fotografia a), natomiast powierzchnie próbek niezawierających popiołów pozostawiono bez szlifowania (fotografia b), co mogło mieć wpływ na otrzymane wartości.

Wpływ ilości popiołów lotnych dodawanych do mieszanki na nasiąkliwość wodą przy całkowitym zanurzeniu przedstawiono na rysunku 5. Wraz ze wzrostem ilości popiołów zaobserwowano spadek nasiąkliwości.



**Rys. 4. Wpływ zawartości środka pianotwórczego na nasiąkliwość mieszanki: a) bez dodatku popiołów lotnych; b) z dodatkiem popiołów lotnych**

*Fig. 4. Influence of foaming volume rate on an absorption of foam concrete: a) no added ash; b) supplemented with ash*



**Rys. 5. Wpływ zawartości popiołów lotnych na nasiąkliwość przy 4% zawartości środka pianotwórczego**

*Fig. 5. Influence of ash content on an absorption by 4% of the content of foaming agent*

## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- gęstość pianobetonu w stanie suchym zależy od ilości piany dodanej do mieszanki (środka pianotwórczego);
- wraz ze wzrostem gęstości wzrasta wytrzymałość pianobetonu na ściskanie;
- nasiąkliwość jest wprost proporcjonalna do zawartości środka pianotwórczego w mieszance pianobetonu.

Zależności te odnoszą się zarówno do „czystej” mieszanki pianobetonu (zaczyn cementowy plus środek pianotwórczy), jak i mieszanki pianobetonu z wypełnieniem (popiołem lotnym).

Przedstawione w artykule wyniki są częścią badań prowadzonych w ramach projektu badawczego „Wzmacnianie słabego podłoża poprzez zastosowanie warstwy z pianobetonu w kontakcie z podłożem gruntowym” (LIDER/022/537/L-4/NCBR/2013), finansowa-

nego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER IV.

## Literatura

- [1] Van Deijk S.: Foamed Concrete. A Dutch View, 1992, s. 2 – 8.
- [2] PROVOTON Foam Concrete, a Division of CEMATRIX Corporation, Bristol, <http://www.provoton.com/>.
- [3] Foamed concrete. Cement and Concrete Institute, 2008, Gauteng, South Africa, <http://www.cnci.org.za/>.
- [4] Cellular Concrete for Road Constructon. Publication #C99A039 Copyright (c) 1999, The Aberdeen Group a division of Hanley Wood, Inc., <http://www.irishconcrete.ie/>.
- [5] Allied Foam Tech. Montgomeryville, Pennsylvania, <http://www.alliedfoamtech.com/>.
- [6] Tian W., Li L., Zhao X., Zhou M., Wang N.: Application of foamed concret in road engineering. International Conference on Transportation Engineering ICTE 2009.
- [7] Lee Y. L., Goh K. S., Koh H. B., Ismail B.: Foamed aggregate pervious concrete – an option for road on peat. Proceedings of MUCEET 2009, Ma-

laysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology, June 20 – 22, 2009, MS Garden, Kuantan, Pahang, Malaysia.

- [8] Cox L., van Dijk S.: Foam concrete: a different kind of mix. Concrete, February 2002, s. 52 – 53.
- [9] Lightweight cellular concrete. Neopor System. Nuertingen, Germany, 2002, <http://www.neopor.com, www.systembuilding.com>.
- [10] Lightweight foamed concrete. EABASSOC, <http://www.eabassoc.co.uk/>, Cheshire, England.
- [11] [www.wajm.pl](http://www.wajm.pl).
- [12] Lim S. K., Tan Ch. S., Lim O. Y., Lee Y. L.: Fresh and hardened properties of lightweight foamed concrete with palm oil fuel ash as filler, Construction and Building Materials 46 (2013), s. 39 – 47.
- [13] Stilger-Szydło E.: Posadowienie budowli infrastruktury transportu lądowego. Teoria – Projektowanie – Realizacja, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2005.
- [14] PN-EN 12390-5:2011 Badania betonu – Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badań.
- [15] PN-EN 12390 – Część 3: 2011 Badania betonu – Wytrzymałość na ściskanie.

Przyjęto do druku: 17.06.2015 r.



# XI edycja Rankingu Budowlana Marka Roku

26 czerwca 2015 r. w hotelu Venecia Palace w Michałowicach k. Warszawy odbyła się uroczysta Gala podsumowująca **XI Ranking Budowlana Marka Roku**. Przedsięwzięcie to, zainicjowane i realizowane przez ASM – Centrum Badań i Analiz Rynku, ma na celu wyłonienie marek materiałów budowlanych najbardziej cenionych przez wykonawców. Budowlane Marki Roku zostały wyłonione na podstawie telefonicznych wywiadów z reprezentatywną próbą wykonawców. Wskazywali oni spontanicznie marki materiałów budowlanych, które stosują najczęściej, wyróżniają się jakością w porównaniu z konkurencją oraz mają najlepszą relację ceny do jakości. Tym trzem kryteriom przypisuje się odpowiednie wagi, które po zsumowaniu składają się na ostateczne wyniki rankingów.

Tradycyjnie podczas Gali wręczone zostały tytuły **Budowlana Marka Roku** oraz **Championy Roku** (przyznawane markom, które od lat cieszą się renomą wśród wykonawców) w poszczegól-

nych kategoriach materiałów budowlanych. **W tym roku nagrodzono łącznie 32 marki.** W klasyfikacji ogólnej po raz kolejny zwyciężyły marki ATLAS i MAPEI, otrzymując odpowiednio tytuł Złota i Srebrna Budowlana Marka Roku 2015. Tytułem Złoty Champion Roku 2015 wyróżniono marki: FAKRO (kategoria Okna dachowe), SOUDAL (kategoria Masy uszczelniające – Silikony oraz Piany montażowe), WIŚNIEWSKI (kategoria Bramy garażowe), OKNOPLAST (kategoria Okna elewacyjne) i WKREŃ-MET (kategoria Zamocowania budowlane). Natomiast Brązowego Championa uzyskała marka REHAU (kategoria Profile okienne PVC). Przyznano też 23 tytuły Złota Budowlana Marka Roku 2015, po 8 Srebrnych i Brązowych Marek oraz 7 wyróżnień.

Pełna lista laureatów oraz fotorelacja z Gali dostępne są na stronie [www.rankinghamarekbudowlanych.pl](http://www.rankinghamarekbudowlanych.pl)



Fot. archiwum ASM