

prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec^{1)*}
 ORCID: 0000-0001-9825-6343
 dr hab. inż. Radosław Jasiński, prof. PŚ¹⁾
 ORCID: 0000-0003-4015-4971

Rozwój konstrukcji murowych w Polsce

The development of masonry structures in Poland

DOI: 10.15199/33.2022.04.03

Streszczenie. Konstrukcje murowe w Polsce przez ostatnie dwadzieścia pięć lat mocno się rozwinęły. Wprowadzono nowe elementy murowe i zaprawy, dzięki czemu mury wznosi się obecnie szybciej i dokładniej. Zwiększono wymagania dotyczące parametrów mechanicznych, cieplnych i akustycznych ścian murowanych. Opracowano zaprawy do cienkich spoin oraz kleje do łączenia elementów murowych. W artykule przedstawiono stan obecny i perspektywy rozwoju konstrukcji murowych.

Słowa kluczowe: konstrukcje murowe; rozwój produktu; perspektywy rozwoju; nowoczesne mury.

Abstract. Masonry structures in Poland have developed significantly over the last twenty-five years. New masonry elements and mortars were introduced, thanks to which the walls are now erected faster and more accurately. The mechanical, thermal, and acoustic parameters of masonry walls were increased. Mortars for thin joints and adhesives for joining masonry elements have been developed. The article presents state and development prospects of masonry structures.

Keywords: masonry structures; product development; development prospects; modern walls.

O stanie dwadzieścia pięć lat to okres dynamicznego rozwoju konstrukcji murowych. Jeszcze do 1999 r. obowiązywała w Polsce norma PN-B-03002:1987 [1], która przewidywała stosowanie tylko dziewięciu typów elementów murowych. Rozwój produkcji elementów murowych i zapraw rozpoczął się jednak nieco wcześniej, co było związane ze zmianami ustrojowymi. Stopniowo wprowadzano nowe technologie umożliwiające wykonywanie elementów murowych z dużą dokładnością. To pozwoliło na wznoszenie ścian bez spoin pionowych (na pióro i wpust) oraz murów na zaprawach cienkowarstwowych. Powstały ponadto zaprawy ciepłochronne, a w 2010 r. wprowadzono technologię wykonywania ścian z użyciem klejów poliuretanowych. Rozwój konstrukcji murowych ułatwił opracowanie norm pomostowych PN-B-03002:1999 [2] i PN-B-03002:2007 [3] oraz Eurokodu 6 [4]. W artykule przedstawiono stan obecny i perspektywy rozwoju konstrukcji murowych.

Stan obecny

W Polsce od wielu lat murowane ściany wznosi się z trzech podstawowych materiałów: elementów murowych z betonu komórkowego; ceramicznych i silikatowych elementów murowych. Naj-

większy udział w rynku mają obecnie: elementy murowe z betonu komórkowego (42,6%); elementy ceramiczne (24,1%) i elementy wapienno-piaskowe (16,3%) [5]. Udział pozostałych elementów murowych, w tym bloczków z betonu zwykłego i lekkiego oraz gipsu jest niewielki, rzędu 3,3%. Oprócz tego ściany wznosi się również jako żelbetowe lub betonowe (prefabrykowane lub monolityczne). Ich udział w rynku wynosi 13,0%.

Istotny wpływ na rozwój konstrukcji murowych w Polsce mają przepisy prawa, wynikające najczęściej z konieczności unifikacji z przepisami europejskimi. Częste nowelizacje rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [6] oraz norm, szczególnie dotyczących izolacyjności termicznej przegród i izolacyjności akustycznej powoduje, że producenci muszą dostosowywać swoje produkty do nowych wymagań. Z tych m.in. powodów wprowadzono niedawno na rynek konstrukcyjne elementy murowe z ABK o małej gęstości (300 kg/m³) oraz drażne elementy ceramiczne z wypełnieniem drażeń wełną mineralną, które charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami termoizolacyjnymi. Zwiększenie wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej wymusiło z kolei pojawienie się na rynku „bloczków akustycznych”. Pierwsze tego typu bloczki silikatowe wprowadzono na rynek w 2008 r.

Obecnie dostępnych jest wiele produktów wapienno-piaskowych i ceramicznych o dobrej izolacyjności akustycznej.

Drugim czynnikiem, który ma duży wpływ na rozwój konstrukcji murowych, są aktualne możliwości rynku pracy. Coraz większe koszty robocizny oraz brak wykwalifikowanych pracowników powodują, że producenci szukają rozwiązań nietypowych. Produkuje się wielkowymiarowe elementy silikatowe (24 x 50 x 60 cm), które do montażu wymagają zastosowania minizurawia (fotografia 1), lecz znacznie przyspieszają wykonawstwo i to przy ograniczeniu liczebności pracowników. Wykonuje się również murowane ściany prefabrykowane, które przywozi się na budowę i montuje za pomocą dźwigu (fotografia 2). Stosuje się ponadto zbrojone panele ścienne z betonu komórkowego (fotografia 3) lub zbroi ściany pionowo w otworach drażeń pustaków (fotografia 4).



Fot. 1. Murowanie z wielkowymiarowych elementów silikatowych www.ks-original.de
 Photo 1. Bricklaying with large-size silicate elements

¹⁾ Politechnika Śląska; Wydział Budownictwa

^{*)} Adres do korespondencji:
 lukasz.drobiec@polsl.pl



Rys. 2. Montaż prefabrykowanych ścian murowanych www.staudacher-ziegel.de
Fig. 2. Installation of prefabricated brick walls



Fot. 3. Montaż prefabrykowanych zbrojonych paneli ściennych z betonu komórkowego <https://www.porit.de>
Photo 3. Installation of prefabricated reinforced wall panels



Fot. 4. Ściana z blozków betonowych z pionowym zbrojeniem umieszczonym w drążeniach *Fot. T. Rybarczyk*
Photo 4. Walls made of concrete blocks with vertical reinforcement placed in the hollows

Większość producentów elementów murowych dysponuje obecnie systemami do wznoszenia ścian, w skład których wchodzi również odpowiednie zaprawy oraz elementy uzupełniające (np. nadproża, łączniki, zbrojenie). Coraz częściej w konstrukcjach murowych wykorzystuje się zbrojenie. W Polsce najczęściej bywa ono stosowane w elementach zginanych z płaszczyzny (ściany osłonowe i wypełniające) oraz w płaszczyźnie (ściany na podatnych podporach, mury w okolicy nadproży).

Prace naukowo-badawcze prowadzone obecnie na świecie dotyczą często sposobu pełniejszego wykorzystania parametrów mechanicznych muru. Można to osiągnąć, wykorzystując odpowiednie zbrojenie [7]. W spoinach wspornych często stosuje się zbrojenie niemetaliczne w postaci siatek. Opracowywane są specjalne elementy murowe, aby można było łatwiej przeprowadzić zbrojenie poprzeczne i podłużne [8, 9, 10, 11].

Innym sposobem lepszego wykorzystania parametrów muru jest zastosowanie skrępowania, które powoduje powstanie w murze złożonego stanu naprężeń na skutek występowania strzępi lub łączników oraz skurczu betonu [12]. Zastosowanie murów skrępowanych daje duże korzyści, m.in.:

- współpraca muru z żelbetem od chwili wykonania konstrukcji żelbetowej jest większa niż w przypadku wypełnienia szkieletu żelbetowego elementami murowymi;
- zachodzi wzajemna interakcja muru z żelbetem wywołana wpływami skurczowotermicznymi;
- następuje przejmowanie części sił ściskających i ścinających przez żelbetowe elementy kępujące;
- zostaje ograniczona dystrybucja zarysowań w miejscach potencjalnych koncentracji naprężeń.

Badania skrępowanych murów z ABK w skali naturalnej prowadzone są obecnie na Politechnice Śląskiej (fotografia 5).

Na rynek budowlany wprowadzane są nowe elementy murowe o dużej wytrzymałości, wykonane z betonu zbrojonego niemetalicznym zbrojeniem z włókien szklanych GFRP.



Fot. 5. Badania ścian skrępowanych prowadzone na Politechnice Śląskiej

Fot. R. Jasiński
Photo 5. Tests of confined walls carried out at the Silesian University of Technology

W ostatnich latach powrócono do technologii wznoszenia murów bez użycia zaprawy, czyli technologii „suchego muru” (ang. *dry masonry*), znanej już w czasach starożytnych (kamienne mury – ang. *dry stone*, *drystack*, *drystone*) i stosowanej współcześnie w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku. W dobie powszechnego deficytu wody stosowanie takiej technologii wydaje się uzasadnione [13]. Oprócz czynników ekologicznych powrót do technologii wznoszenia ścian bez użycia zaprawy niewątpliwie wpływa na zwiększanie dokładności produkcji elementów murowych. W odróżnieniu od murów wykonywanych tradycyjnie, w których warstwy zaprawy zapewniają współpracę elementów murowych i niwelują większość niedoskonałości wykonawczych, w murach suchych wszystkie niedokładności elementów prowadzą do niebezpiecznych koncentracji naprężeń zmniejszających wytrzymałość muru. Na Politechnice Śląskiej prowadzone są badania murów suchych wykonanych z wielowarstwowych elementów murowych (fotografia 6). Realizowane są również prace mające na celu optymalizację kształtu zamka jednowarstwowej ściany w „suchych murach” ukształtowanych z ABK (fotografia 7).



Fot. 6. Montaż „suchego muru” z warstwowych elementów murowych w ramach badań na Politechnice Śląskiej *Fot. R. Jasiński*
Photo 6. Tests of „dry masonry” made of multi leaf masonry units carried out at the Silesian University of Technology

Perspektywy rozwoju

Konstrukcje murowe w Polsce będą się dynamicznie rozwijać wraz z potrzebą budowy nowych mieszkań. Wpływ na dalszy rozwój konstrukcji murowych w Polsce będą miały przepisy prawa, a przede wszystkim dalsze zaostrożenie kryteriów izolacyjności termicznej i aku-



CANASTOL – Water under Control

– kompletny hydrofobizator do systemów mineralnych,
– prosty w dozowaniu,
– sprawdzony w działaniu



Rettenmaier Polska

Sp. z o.o.

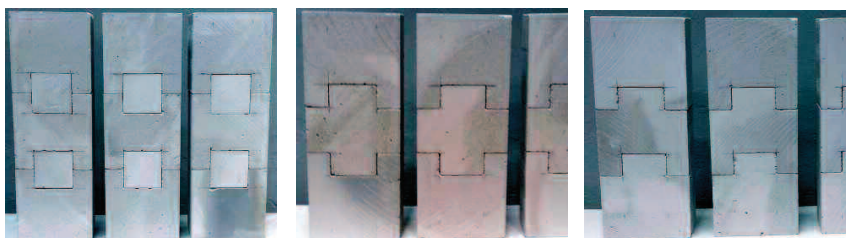
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: arbolcel@jrs.pl



Fot. 7. Różne typy zamków „suchych murów” testowane na Politechnice Śląskiej

Fot. R. Jasiński

Photo 7. Various types of „dry masonry” connections tested at the Silesian University of Technology

stycznej. Rozwój konstrukcji murowych będzie się wiązał także z rozwojem symulacyjnych (MES) i probabilistycznych metod projektowania [14]. Ze względu na problemy na rynku pracy większą popularność zdobywać powinny systemy prefabrykacji oraz elementy wielkowymiarowe, umożliwiające szybsze budowanie. Wydaje się, że nie tylko obiekty jednorodzinne będą wznoszone w technologii tradycyjnej, ale zastosowanie prefabrykacji i technologii skrępowanej umożliwi wykonywanie budynków średniej wysokości. Wysokie ceny materiałów budowlanych wymuszą na producentach dalszy wzrost jakości produktów.

Podsumowanie

W ostatnich latach wprowadzono w Polsce nowe technologie, które umożliwiają wznoszenie murów szybciej i dokładniej niż wcześniej. Poprawie uległy parametry mechaniczne, cieplne i akustyczne elementów murowych. Opracowano zaprawy do wykonywania spoin cienkowarstwowych oraz kleje do łączenia elementów murowych. Większość producentów dysponuje systemami wznoszenia ścian, w skład których wchodzi elementy murowe, systemowa zaprawa i elementy uzupełniające (np. nadproża, łączniki, zbrojenie). Perspektywy rozwoju konstrukcji murowych są dobre. Prowadzone obecnie prace badawcze koncentrują się wokół lepszego wykorzystania właściwości materiału. Analizuje się wpływ zbrojenia na nośność i rysoodporność ścian. Badaniom poddaje się również mury bez zapraw. Stale doskonalone są metody projektowania i oceny bezpieczeństwa konstrukcji. Producenci będą dalej wprowadzać nowe rozwiązania polepszające parametry przegród i zwiększające szybkość wznoszenia ścian, spełniając przy tym stale zmieniające się przepisy prawa.

Literatura

- [1] PN-B-03002:1987 Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [2] PN-B-03002:1999 Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- [3] PN-B-03002:2007 Konstrukcje murowe. Projektowanie i obliczanie.
- [4] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [5] Misiewicz L. Rynek materiałów ściennych w Polsce w 2020 roku. Materiały Budowlane. 2020; 4: 8 – 9.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 r. nr 75 poz. 690 z późn. zm.).
- [7] Drobiec Ł., Jasiński R. Wpływ rodzaju zbrojenia na rysoodporność i wytrzymałość na ścinanie murów z betonu komórkowego. Materiały Budowlane. 2016; 16: 26 – 29.
- [8] da Porto F, Mosele F, Modena C. Compressive behaviour of a new reinforced masonry system. Materials and Structures. 2011; 44: 565 – 581.
- [9] Drobiec Ł. O zastosowaniu dwukierunkowo zbrojonych murowanych ścian wypełniających w budynku wysokościowym. Inżynieria i Budownictwo. 2018; 3: 148 – 151.
- [10] Diego A. Hidalgo-Leiva, Andrés Picado-Arguedas, Natalia Sánchez-Vargas. In-plane cyclic performance of confined partially grouted masonry walls with joint and vertical reinforcement. Engineering Structures. 2021, 112881. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112881>.
- [11] Muhammad Ibrar, Amjad Naseer, Mohammad Ashraf, Eid Badshah, Shahid Ullah: Evaluation of confined masonry walls with varying sizes of confining elements and reinforcement ratios against cyclic loading. Journal of Building Engineering. 2022, 104094. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.104094>.
- [12] Drobiec Ł., Mazur W, Rybarczyk T. Analysis of confined AAC walls under monotonic compression. Engineering Structures. 2022; <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113756>.
- [13] Fay Liliana, Cooper Paul, de Morais Henrique: Innovative interlocked soil-cement block for the construction of masonry to eliminate the setting mortar. Construction and Building Materials. 2014; 52: 391 – 395.
- [14] Buda-Ożóg L, Raczak A, Skrzypczak I, Szyłak K. Przykłady obliczeń według Eurokodu 6 oraz metodami probabilistycznymi. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2017.

Przyjęto do druku: 29.03.2022 r.