

Prefabrykacja betonowa we współczesnym budownictwie mieszkaniowym

CONCRETE PREFABRICATION IN CONTEMPORARY RESIDENTIAL CONSTRUCTION

Streszczenie

Rosnąca inflacja, wzrost kosztów czynników produkcji i brak wykwalifikowanych pracowników, a także cyklicznie podnoszona płaca minimalna to jedne z głównych czynników wpływających na niestabilność rynku budowlanego, a co za tym idzie na poszukiwanie przez inwestorów i wykonawców alternatywnych rozwiązań pozwalających w jak największym stopniu uniezależnić się od wyżej wskazanych czynników. Nie jest zatem przypadkiem, że coraz częstszą formą wybieraną przez inwestorów budownictwa mieszkaniowego jest prefabrykacja betonowa, która pomniejsza ryzyko wydłużenia realizacji budowy w wyniku złych warunków atmosferycznych i braków kadrowych, a także pozwala oszacować realne koszty inwestycji z mniejszym ryzykiem wzrostu cen niż to ma miejsce przy konstrukcjach monolitycznych. Prefabrykacja powraca do łask po kilkudziesięciu latach, jednak w zupełnie innej jakościowo odsłonie i ze zdecydowanie większą ofertą produkcyjną.

Prefabrykacja betonowa w budownictwie mieszkaniowym to również specjalistyczne rozwiązania konstrukcyjne, ale też i montażowe. W referacie przedstawiono przykłady problemów i rozwiązań z jakimi można się spotkać przy montażu elementów prefabrykowanych. Ponadto ważnym aspektem we współczesnym budownictwie mieszkaniowym są zaostrzone w 2021 roku Warunki Techniczne pod kątem charakterystyki energetycznej. Planując budynek mieszkalny, należy wziąć zatem pod uwagę wysokiej jakości izolację termiczną i ograniczenie mostków termicznych. Producenci prefabrykatów betonowych znajdują także rozwiązania i w tym zakresie, co także zostało przedstawione w referacie. W referacie poruszono także temat Europejskiego Zielonego Ładu i potencjału prefabrykacji betonowej w walce o ograniczenie emisji dwutlenku węgla.

Przedstawione przykłady i rozwiązania w większości pochodzą z inwestycji, przy których udział brali autorzy referatu.

mgr inż. Bartosz Witkowski – Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Budownictwa Ogólnego

mgr inż. Mateusz Moczko – BETARD

prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz – Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Budownictwa Ogólnego

Abstract

Growing inflation, rising costs of production factors and the lack of qualified employees, as well as the cyclically raised minimum wage are some of the main factors contributing to the instability of the construction market, and thus to the search for alternative solutions by investors contractors allowing them to become as independent as possible. There is no doubt that concrete prefabrication is an increasingly popular form chosen by housing investors, which reduces the risk of extending the construction period due to bad weather conditions and staff shortages, and also allows you to estimate real investment costs with a lower risk of price increases than with monolithic structures. Prefabrication is making a comeback after several decades, however in a completely different quality version and with a much larger production offer.

Concrete prefabrication in residential construction is connected with specialised construction and assembly solutions. The paper presents examples of problems and solutions that can be encountered during the assembly of prefabricated elements. In addition, an important aspect in modern housing construction are the tightened Technical Conditions in 2021 in terms of energy performance. During planning a residential building, should be taken into account high-quality thermal insulation and limiting thermal bridges. Manufacturers of precast concrete elements also find solutions in this area. The paper also discusses the European Green Deal and the potential of concrete prefabrication in the fight to reduce carbon dioxide emissions.

The presented examples and solutions mostly come from investments in which the authors of the paper participated.

Słowa kluczowe: prefabrykacja betonowa, budownictwo wielorodzinne, ściany zespolone, izolacja termiczna, płyty PIR, energooszczędność

1. Wstęp

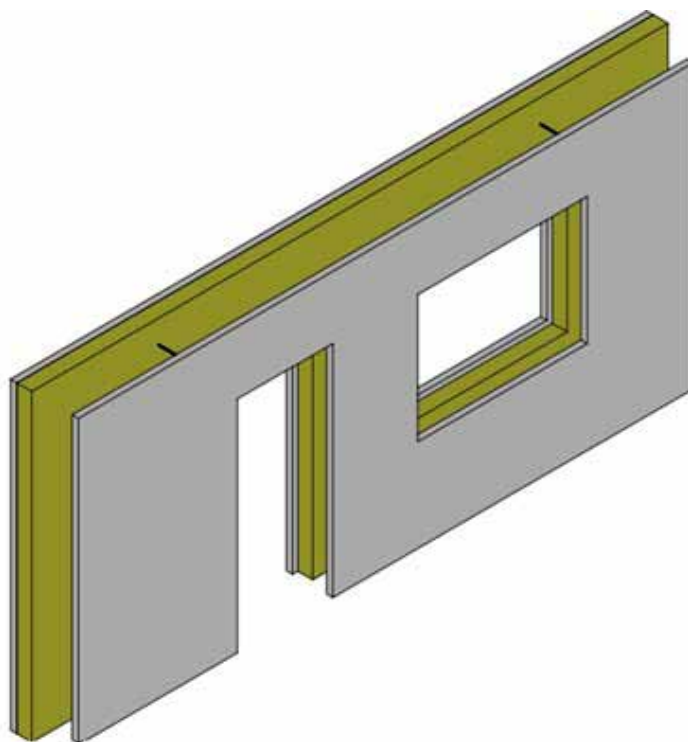
Beton prefabrykowany to beton, który jest produkowany w jednym miejscu do wykorzystania w innym miejscu jako materiał mobilny. Największa część światowej produkcji prefabrykatów prowadzona jest w wyspecjalizowanych zakładach dostawców, jednak w niektórych przypadkach z przyczyn m.in. ekonomicznych, geograficznych, skali produktu lub z powodu utrudnionego dostępu, część elementów jest przygotowywana przy samym placu budowy. Fabryka dostawcy komercyjnego zazwyczaj obejmuje obiekty do produkcji asortymentów o podobnym charakterze w zależności od specjalizacji firmy, elementów ramowych, okładziny, belek mostowych itp. W związku z tym sprzęt jest często wysoce zmechanizowany, uwzględniający szybkie dozowanie i dystrybucję betonu, a także posiadający instalację do przyspieszonego utwardzania produktu.

Prefabrykacja betonowa stosowana w budownictwie mieszkaniowy znana jest w Polsce już od przeszło 60 lat, kiedy to po drugiej wojnie światowej rozpoczęła się odbudowa miast i znacząco wzrósł popyt na nowe mieszkania. Najbardziej kojarzoną formą związaną z prefabrykacją zastosowaną w budynkach jest „wielka płyta”, czyli połączenie żelbetowych ścian konstrukcyjnych ze ścianami osłonowymi z gazobetonu. Pomimo kryzysu gospodarczego w końcu lat 80 tych, wraz ze zmianami gospodarczymi w drugiej połowie lat 90-tych ubiegłego wieku, w wyniku których znacząco ograniczono wytwarzanie elementów betonowych na potrzeby branży mieszkaniowej, prefabrykacja wróciła do łask w znacznie nowocześniejszej i poszerzonej formule. Stosowana obecnie prefabrykacja ma nie tylko zapewnić relatywnie krótki czas budowy, z którego będą wynikały odpowiednio oszczędności. Obecne rozwiązania są powiązane także z wysoką jakością wykonania przy zastosowaniu wysokiej klasy izolacji i odpowiednich rozwiązań technologicznych. Co więcej, elementy i przegrody prefabrykowane coraz częściej znajdują zastosowanie w budynkach energooszczędnych, a także w tych o najwyższej klasie energooszczędności [1].

Należy zaznaczyć, że według danych Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego, konstrukcje prefabrykowane żelbetowe wraz z konstrukcjami żelbetowymi monolitycznymi należą także do najbezpieczniejszych form budowy, na których sporadycznie dochodzi do katastrof budowlanych (<1% wg danych na 2021 rok) [2].

2. Ściany warstwowe

Rozwiązaniem konstrukcyjnym nabierającym na popularności są ściany zespolone składające się z dwóch płyt typu filigran, połączonych ze sobą kratownicami, które zapewniają stabilność układu w czasie transportu, montażu oraz układania betonu. Swoją budową gwarantują odpowiednie powiązanie i współpracę w fazie budowy oraz eksploatacji pomiędzy elementami. Ściany zespolone spełniają funkcję szalunku traconego. Przestrzeń między płytami wypełnia się mieszanką betonową na budowie.



Rys. 1 Ściana zespolona z warstwą izolacyjną (widoczna przestrzeń do wypełnienia mieszanką betonową) [3]

3. Technologia montażu

Betonowanie przestrzeni pomiędzy płytami odbywa się po oczyszczeniu i zwilżeniu wewnętrznych powierzchni płyt. Mieszanka betonowa powinna mieć konsystencję dopasowaną do grubości rdzenia ściany i układu kratownic. Beton należy układać równomiernie, poziomymi warstwami. Do wypełnienia prefabrykatu warto zastosować mieszankę betonową samozagęszczalną. Ważne jest, by w przypadku zastosowania prefabrykowanych ścian zespolonych w kondygnacjach podziemnych, piwnicznych, garażowych oraz kondygnacji, gdzie wymagana jest szczelność przeciwwilgociowa/ przeciwwodna lub istnieje zjawisko wystąpienia wilgoci, penetracji wody zastosować materiały hydroizolacyjne [4,5].

Ciężar ściany zespolonej jest niewielki (ok. 300–350 kg/m²), co umożliwia montaż dźwigiem o niewielkim udźwigu. Ściany zespolone montuje się na wcześniej przygotowanym podłożu, w którym powinny być zabetonowane wytyki, czyli pręty startowe. Wytyki startowe wyznaczają położenie ścian i pozwalają na ich prawidłowe połączenie z płytą fundamentową. Po ustawieniu elementu prefabrykowanego w odpowiednim miejscu należy go zabezpieczyć podporami ukośnymi i skontrolować jego ułożenie w pionie. Podpory należy umocować do tulei montażowych, mieszczących się w prefabrykacie oraz do podłoża betonowego. Uzyskany kąt pomiędzy podporą a ścianą

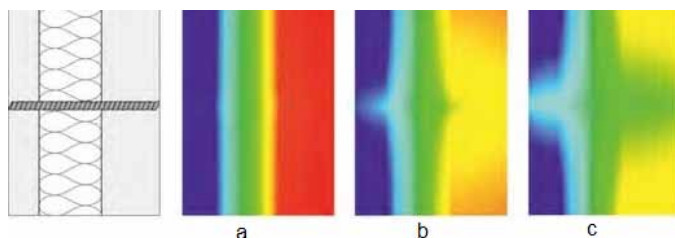
powinien wynosić około 40-50°. Dopiero po zamocowaniu wszystkich podpór można odpiąć haki dźwigu i przystąpić do układania kolejnego elementu ściany [6].



Fot. 1 Zamontowane ściany zespolone, zabezpieczone podporami ukośnymi [3]

4. Zastosowane rozwiązania

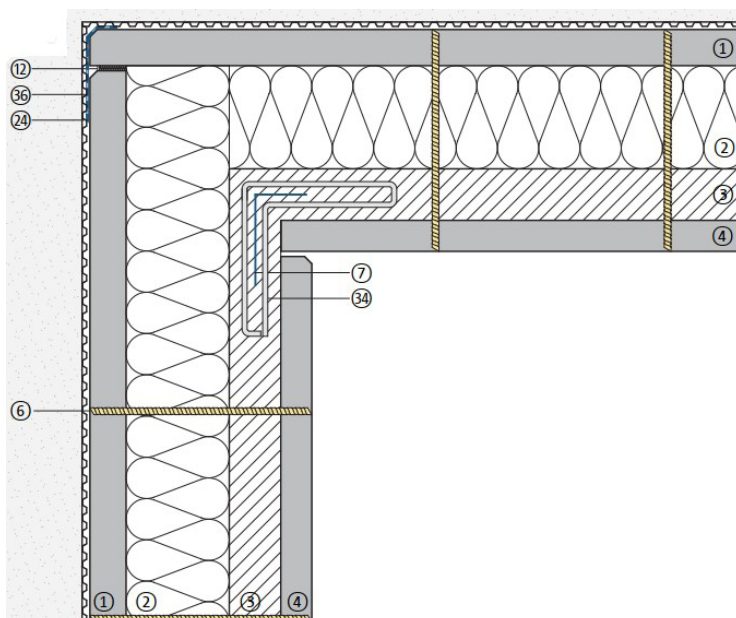
Istotnym czynnikiem już na etapie projektowym ocieplonej ściany zespolonej (z izolacją znajdującą się wewnątrz prefabrykatu), jest zabezpieczenie jej przed korozją. Aby zapewnić takie zabezpieczenie, płyty filigran wraz z warstwą termoizolacyjną, łączone są ze sobą za pomocą kotew z tworzywa kompozytowego odpornego na działanie wilgoci. Kotwy z włókna szklanego ze względu na bardzo niską wartość współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda=0,7$ W/m·K stanowią optymalne rozwiązanie przy produkcji prefabrykowanych ocieplonych ścian zespolonych. Dzięki dwudziestokrotnie niższemu współczynnikowi przewodzenia ciepła w porównaniu do współczynnika dla stali nierdzewnej i prawie dziewięćdziesięciokrotnie niższym w stosunku do stali czarnej, kotwy te stanowią doskonałą opcję do tradycyjnie stosowanych kotew oraz łączników stalowych, ponieważ ich wpływ na wartość współczynnika przenikania ciepła jest pomijalny. Ograniczenie wpływu punktowych mostków termicznych na przenikanie ciepła przez konstrukcję pozwala na efektywniejsze dobranie izolacji termicznej przy zachowaniu możliwie jak największej powierzchni użytkowej obiektu.



Rys. 2 Rozkład temperatur w ścianie z zastosowaniem kotew z tworzywa kompozytowego (a) (prod. Schöck Isolink®) oraz kotew ze stali nierdzewnej (b) i czarnej (c) [7]

W przypadku zastosowania kotew z tworzywa kompozytowego, rozkład temperatur na poszczególnych warstwach jest stały, co oznacza, że ciepło nie ucieka przez warstwy wewnętrzne, co obrazuje dodatkowo na powyższym rysunku jednolita skala kolorów (wyraźnie widać granice warstw w ścianie). Przy zastosowaniu kotew stalowych widoczny na rozkładzie temperatur staje się mostek termiczny w postaci łącznika przebijającego warstwy izolacji. Ciepło migruje przez łącznik do warstwy elewacyjnej i wychładza warstwy wewnątrz, a co za tym idzie wewnątrz budynku.

Z punktu widzenia fizyki budowli, niezwykle istotnym czynnikiem w budynkach ze ścian prefabrykowanych są miejsca styku elementów, w których występuje bardzo duże prawdopodobieństwo wystąpienia mostków termicznych, czyli miejsc, przez które ucieka ciepło. Na rysunku 3 pokazano w jaki sposób można uszczelnić styk ścian i zabezpieczyć przed go przedostaniem się wilgoci do warstwy izolacyjnej.



Rys. 3 – Detal połączenia dwóch ścian zespolonych :1-prefabrykowana płyta elewacyjna, 2-izolacja termiczna, 3-mieszanka betonowa układana na budowie, 4-prefabrykowana płyta nośna, 6-kotwa Schöck Isolink®Typ C-EH, 7-hydroizolacja z powłoką mineralną, 12-masa uszczelniająca, 24-membrana kulełkowa, 34-złącze, 36-warstwa uszczelniająca [7]

W ścianach zespolonych z izolacją termiczną ważną rolę odgrywa także grubość samej ściany. Możemy ją optymalizować poprzez grubość izolacji termicznej, która znowu zależy od parametrów danego materiału izolacyjnego. Sprawdzonym i efektywnym rozwiązaniem wydają się być płyty PIR, których współczynnik przewodzenia ciepła λ wynosi 0,020-0,022 W/(m x K) [8,9]. Przy takich parametrach cieplnych, aby przegroda spełniała aktualne Wymagania Techniczne, obowiązujące od 2021 r. [$U_0=0,20$ W/(m²·K)], wystarczające jest zastosowanie 12 cm płyty PIR przy całkowitej grubości ściany równej 36 cm. Pomimo, że płyta PIR jest droższa od chociażby styropianu EPS [$\lambda=0,035-0,040$ W/(m x K)], to praktyka pokazuje, że zdecydowanie bardziej opłaca się zyskiwać dodatkową powierzchnię użytkową w zamian za cieńszą warstwę przegrody pionowej w postaci ściany. Ponadto chcąc poprawić powyższe właściwości do standardu budynku pasywnego, dla którego współczynnika przenikania ciepła U_c dla ściany zewnętrznej jest nie mniejszy niż 0,15 W/(m² x K), należałoby zwiększyć grubość płyty PIR do min. 14 cm (Tabela 1). Pokazuje to, że raptem 2 cm grubsza warstwa izolacyjna gwarantuje spełnienie jednego z parametrów najwyższej jakości budynku energooszczędnego. Jest to ważne ze względu na stale rosnące ceny energii konwencjonalnej, a także porozumienia legislacyjnego Rady Unii Europejskiej z ubiegłego roku dotyczącego zerowej emisji gazów cieplarnianych nowo powstałych budynków od 2030 r., a także zerowej emisji wszystkich budynków do roku 2050 r. Budynek zeroemisyjny definiuje się jako budynek o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej. Wyróżnia go bardzo niskie zużycie energii, w całości pokrytej energią ze źródeł odnawialnych. Jak sama nazwa wskazuje, eksploatacja takiego budynku odbywa się bez lokalnej emisji dwutlenku węgla z paliw kopalnych.

Tab. 1 – Parametry przegrody uzyskane w kalkulatorze BUDOWLANE ABC

| Kalkulator uzyskiwanych współczynników przenikania ciepła U_c | |
|---|---------------------|
| Rodzaj przegrody | ściana zewnętrzna |
| Materiał Warstwy | Zelbet |
| Współczynnik Przewodzenia Ciepła λ [W/mK] | 1.7 |
| Grubość Warstwy [m] | 0.07 |
| Opór Ciepły [m ² K/W] | 0.0411764705882353 |
| Współczynnik Przewodzenia Ciepła λ [W/mK] | 0.022 |
| Grubość Warstwy [m] | 0.14 |
| Opór Ciepły [m ² K/W] | 6.363636363636364 |
| Materiał Warstwy | Zelbet |
| Współczynnik Przewodzenia Ciepła λ [W/mK] | 1.7 |
| Grubość Warstwy [m] | 0.23 |
| Opór Ciepły [m ² K/W] | 0.13529411764705884 |
| RSI + RSE: | 0.17 |
| Grubość warstw [m]: | 0.44 |
| Suma Opору Ciepłego [m ² K/W]: | 6.7101069518716585 |
| U [W/m ² K]= | 0.14902892117406097 |

Natomiast w zakresie samej produkcji także poczyniono już pierwsze kroki w celu obniżenia emisji dwutlenku węgla. Z racji, że udział betonu we wbudowanym śladzie węglowym budynku stanowi około 50-60%, to jest to znaczące pole do możliwego obniżenia emisji dwutlenku węgla na etapie produkcji betonu. Kompleks biurowy P180 w Warszawie to pierwsza inwestycja w Polsce, w której zastosowano beton o ok. 40% obniżonym śladzie węglowym w porównaniu z betonem tradycyjnym. Jest to istotne osiągnięcie z perspektywy wdrażanego Europejskiego Zielonego Ładu i aspiracji Unii Europejskiej do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 r. [11].

Według informacji od producenta, do określenia wartości wskaźnika śladu węglowego potrzebne są wiarygodne dane dotyczące emisyjności wykorzystywanych materiałów. Jest to istotne dla produktów betonowych, które w zależności od swoich parametrów i składu wykazują znaczne różnice w wartości tego wskaźnika. Obniżony ślad węglowy betonu to złożony proces, na który składa się wiele czynników produktowych i produkcyjnych, takich jak: odpowiednio zaprojektowana receptura, wykorzystanie cementu o niskim śladzie węglowym i lokalnych surowców, stosowanie paliw alternatywnych (na etapie produkcji) oraz dodatków mineralnych do cementu [12].



Rys. 4 – Wizualizacja kompleksu biurowego P180 w Warszawie [11]

5. Podsumowanie

Prefabrykacja betonowa jest coraz częściej wybieranym rozwiązaniem wśród inwestorów budynków wielorodzinnych. Jest odpowiedzią nie tylko na rosnące koszty czynników produkcji, niestabilność rynku i braki kadrowe, ale także jest sprawnie rozwijającą się formą konstrukcji, która musi korzystać z nowoczesnych technologii, aby pozostać konkurencyjna. Prefabrykacja zapewnia szybki czas montażu, angażując przy tym mniejsze siły robocze niż w wydaniu monolitycznym. Korzystanie z efektywnych rozwiązań takimi jak chociażby płyty PIR jako izolacji termicznej i kotew z tworzywa kompozytowego,

w podążaniu za nowymi wymaganiami technicznymi, sprawiają, że współczesnej prefabrykacji łatwiej będzie spełnić kolejne ograniczenia, które dążą w kierunku stawiania obiektów jak najbardziej efektywnych energetycznie. Pierwsze przykłady budynków z betonu o obniżonej emisji dwutlenku węgla stanowią asumpt, by także prefabrykacja betonowa mogła stanowić kluczową formę w osiągnięciu neutralności klimatycznej przez Polskę w 2050 r.

Literatura

- [1] Runkiewicz L., Szulc J., Sieczkowski J., Ewolucja budownictwa prefabrykowanego w Polsce, Przegląd Budowlany, nr 10/2020
- [2] Główny Inspektorat Nadzoru Budowlanego, Katastrofy budowlane w Polsce w 2021 roku, 2022
- [3] Katalog Betard https://www.betard.pl/wpcontent/uploads/2023/02/BETARD_KATALOG_BUDOWNICTWO_MIESZKANIOWE_2022_www.pdf
- [4] Witkowski B., Schabowicz K., Moczko M.: Izolacje we współczesnej prefabrykacji betonowej. Izolacje, nr 5/2021
- [5] Moczko M., Szczelne ściany zespolone, Inżynier Budownictwa. 2021. nr 4, s. 66-67, ISSN 1732-3428
- [6] Moczko M., Lisewski M.: Prefabrykowane ściany zespolone z izolacją termiczną. Builder, nr 10/2021
- [7] Katalog Schöck Isolink <https://www.schoeck.com/pl/isolink-zelbet>
- [8] O.Y. Bayraktar, „Prefabricated Concrete and Waste Management”, International Journal of Engineering Research & Technology, 2020.
- [9] T. Makaveckas, R. Bliudzius, „The influence of polyisocyanurate (PIR) facing on the heat transfer through the corners of insulated building partitions”. E3S Web of Conferences 172, NSB 2020.
- [10] Kalkulator budowlany ABC <https://budowlaneabc.gov.pl/charakterystyka-energetyczna-budynkow/kalkulatory/calc-wpc/>
- [11] strona internetowa www.inzynierbudownictwa.pl/beton-o-obnizonym-sladzie-weglowym/
- [12] strona internetowa <https://builder4future.pl/2022/11/17/vertua-beton-z-misja/>

