

dr inż. Grzegorz Adamczewski^{1)*}

ORCID: 0000-0001-8994-8639

dr inż. Aleksander Nicał¹⁾

ORCID: 0000-0001-7124-4481

prof. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski¹⁾

ORCID: 0000-0002-8127-7559

Efektywność konstrukcyjna, trwałość i swoboda projektowania budynków z elementów prefabrykowanych

Prefabrykacja elementów budowlanych znana jest już od zamierzchłych czasów naszej cywilizacji. Wraz ze wzrostem popularności betonu – jako materiału budowlanego – na początku XX wieku pojawiły się pomysły na wykorzystanie tej technologii do wznoszenia budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Przykładem takiego podejścia była m.in. opracowana przez jednego z czołowych architektów modernistycznych Waltera Gropiusa koncepcja Bauhausu.

Prefabrykacja obiektu budowlanego w części lub całości umożliwia nie tylko uzyskanie efektu przemysłowej produkcji budynków, ale przede wszystkim skrócenie procesu ich wznoszenia, zwiększenia jakości powierzchni ścian i elementów konstrukcyjnych oraz oszczędność surowców. Obecnie w erze poszukiwania metod zrównoważonego rozwoju w budownictwie efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych do procesu wznoszenia obiektu, a także możliwość wielokrotnego zastosowania tego samego elementu konstrukcyjnego w różnych budynkach zyskuje na znaczeniu. Wszystkie elementy konstrukcyjne, a przede wszystkim prefabrykowane, wymagają zastosowania przemysłanych systemów połączeń. Konstrukcja, niezależnie od tego, czy jest monolityczna czy prefabrykowana, realizowana jest zawsze w pewnych skończonych etapach. W miejscu zaprojektowanych połączeń, czy też przerw roboczych następuje przekazywanie oddziaływań statycznych łączonych elemen-

tów budowlanych. Często w tych miejscach konieczne jest przy tym jednocześnie zapewnienie dodatkowej funkcji związanej z warunkami użytkowania obiektu; hydroizolacji, eliminacji liniowych oraz punktowych mostków akustycznych lub cieplnych. Z tego też powodu coraz większe znaczenie w procesie wznoszenia konstrukcji prefabrykowanych odgrywa odpowiednio zaprojektowany i dobrany system połączeń.

Na przestrzeni ponad stu lat łączniki do prefabrykatów ewoluowały wraz z zaostrzeniem wymagań technicznych stawianych obiektom budowlanym. Obserwacja i doświadczenia ze zrealizowanych obiektów pozwalają na dalszy ciągły rozwój tych systemów.

Współczesne połączenia elementów prefabrykowanych

Współczesne systemy połączeń elementów prefabrykowanych umożliwiają wykonanie trwałych złączy prefabrykatów, zachowując jednocześnie swobodę elastyczności rozwiązań.

Prawidłowo ukształtowane połączenie, zaprojektowane na etapie produkcji i wykonane na etapie montażu w zależności od obszaru zastosowania, powinno spełniać przykładowe warunki techniczne [1, 2]: przenoszenie sił w złączy; uniemożliwienie przenikania wody i wiatru przez złącze; zapewnienie ochrony cieplnej takiej samej, jak w całej przegrodzie (eliminacja ewentualnych mostków termicznych); ograniczenie przenoszenia dźwięku i drgań; trwałość na poziomie wymaganego okresu użytkowania obiektu; prostota konstrukcji zapewniająca szybki i niezawodny montaż; wymagana odporność ogniowa; wymagane tolerancje montażowe; niewielki koszt i estetyczny wygląd.

Lokalizacja połączenia w konstrukcji w zasadniczy sposób determinuje sposoby łączenia i w konsekwencji rodzaje stosowanych łączników, które mogą być zrealizowane jako żelbetowe, betonowe, stalowe, zespolone lub klejone. Wybór połączenia wynika z rodzaju łączonych elementów (np. słup – belka), schematu statycznego węzła (sztywny, przegubowy) oraz rodzaju łączonych konstrukcji (prefabrykat z konstrukcją stalową, żelbetową lub murową).

W miejscu połączenia elementów konieczne jest wykonanie złącza, które pełni funkcje: **konstrukcyjną** – zapewnienie przenoszenia sił w połączeniu; **izolacyjną** – ochrona cieplna, akustyka, drgania oraz **uszczelniającą** przed wodą i wiatrem. Złącze może składać się zatem z kilku części, obejmując płaszczyznę styku, spoinę, izolację i łączniki – częściowo wbudowane w prefabrykat na etapie jego produkcji (fotografie 1 ÷ 6). Możliwe jest także takie ukształtowanie złącza, że jeden uniwersalny kompaktowy element łącznikowy spełnia wszystkie wymienione funkcje. Dobrym przykładem ilustrującym taki przypadek jest łącznik balkonowy, który pozwala zamocować wspornikową płytę balkonową do stropu, jednocześnie zapewniając ochronę cieplną i szczelność w złączy.

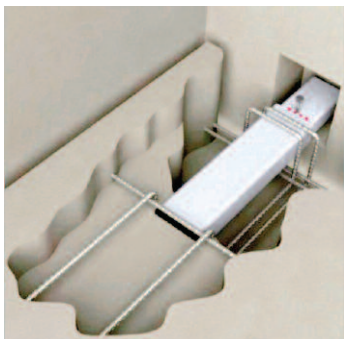
W miejscach bezpośredniego kontaktu dwóch elementów ze względu na możliwość powstawania znacznych koncentracji naprężeń wykonywana jest warstwa podkładowa w postaci wylewki z zaprawy lub podkładki elastomerowej (fotografia 7). Połączenia prefabrykatów z innymi rodzajami konstrukcji są również możliwe za pomocą systemowych łączników wbudowywanych w elementy na etapie produkcji. Łączniki takie pozwa-

¹⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

^{*)} Adres do korespondencji:

grzegorz.adamczewski@pw.edu.pl

lają ograniczyć prace montażowe do minimum. Do połączenia prefabrykatów z konstrukcją murową lub drewnianą powszechnie stosowane są szyny kotwiące oraz kotwy, które zapewniają trwałe i pewne połączenie (fotografia 8). Szyny kotwiące do muru są wbeto-



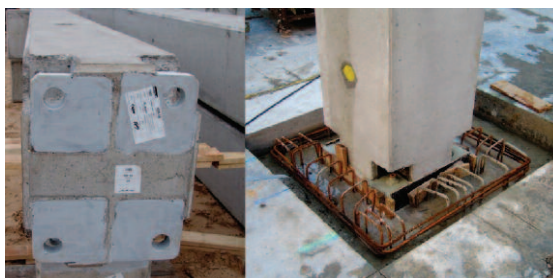
Fot. 1. Wysuwany łącznik np. do mocowania biegów schodowych z zapewnieniem izolacyjności akustycznej [5]



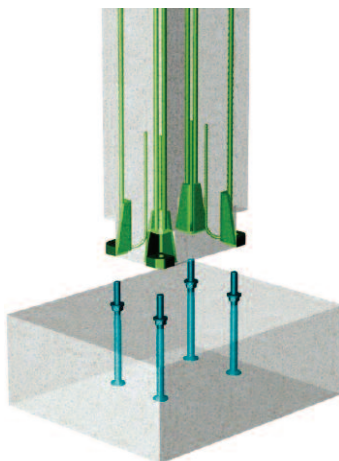
Fot. 2. Wspornik stalowy do punktowego podpierania płyt stropowych [5]



Fot. 3. Ukryte połączenie elementów ściennych lub belkowych za pomocą wysuwanego wspornika „mieczowego” [5]



Fot. 4. Połączenia słupa z fundamentem za pomocą kotew fundamentowych i podpór słupowych [5]



Fot. 5. Połączenie skręcane słup – fundament lub słup – słup [3]

nowywane w elementy żelbetowe. Kotwy po wprowadzeniu do szyn kotwiących są mocowane w murze lub do elementów drewnianych. W murze kotwy mocowane są w zaprawie, pomiędzy warstwami w odstępach ok. 25 cm [1, 2].



Fot. 6. Łączniki pętlowe stosowane w połączeniu ścian [5]

Połączenia z elementami żelbetowymi wykonywane są za pomocą łączników systemowych, wprowadzanych do prefabrykatów również na etapie produkcji. Najczęściej stosowane są połączenia za pomocą śrub łączących odpowiednio przewidziane kształtowniki stalowe lub połączenia monolityczne z wykorzystaniem łączników pę-

tlowych, co obrazuje fotografia 9 [1, 2]. Połączenia z konstrukcją stalową wykonywane są podobnie jak połączenia skręcane prefabrykatów z żelbetem. Oznacza to, że elementy konstrukcji stalowej kotwione są do punktów montażowych w prefabrykatkach za pomocą typowych łączników śrubowych.



Fot. 7. Podkładka elastomerowa pod elementem [5]

Rola nowoczesnych łączników w kształtowaniu bryły budynku

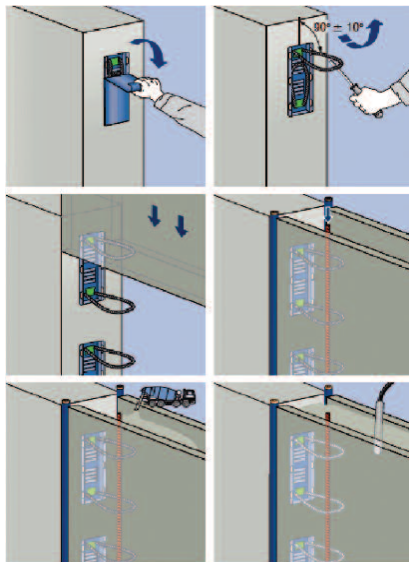
Nowoczesne systemy złączy, oprócz podstawowej funkcji, pozwalają także efektywnie rozwiązywać niektóre projektowe problemy architektoniczne. Przykładem jest realizacja stropów o znacznej rozpiętości, w przypadku których problemem od zawsze było rozmieszczenie słupów pośrednich i podciągów w taki sposób, aby umożliwić

jak największą swobodę aranżacji przestrzeni. Obecność słupów pośrednich w oczywisty sposób utrudnia zmiany funkcjonalne we wnętrzach w przypadku adaptacji pomieszczeń przez użytkowników, natomiast obecność podciągów ogranicza możliwość prowadzenia instalacji wewnętrznych, zmniejszając w efekcie użytkową wysokość kondygnacji

w świetle. Z tego powodu wszelkie rozwiązania sprzyjające ograniczeniu liczby słupów oraz zmniejszeniu wysokości belek i ukryciu ich w grubości stropu są wysoko oceniane przez inwestorów, projektantów i zarządców obiektów, przede wszystkim biurowych i użyteczności publicznej. Typowym tradycyjnym rozwiązaniem stosowanym w obiektach prefabrykowanych są belki i płyty sprężone. Pozwalają one uzyskiwać znaczną rozpiętość, zwykle jednak kosztem zwięk-



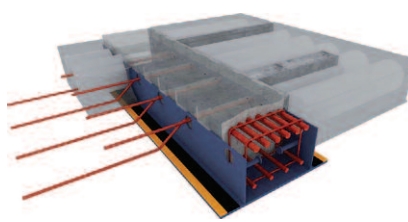
Fot. 8. Połączenie ściany murowanej i elementu prefabrykowanego za pomocą szyny i kotew [5]



Fot. 9. Monolityczne połączenie z żelbetem z wykorzystaniem łączników pętlowych [5] sznycy grubości stropu nawet o kilkadziesiąt centymetrów.

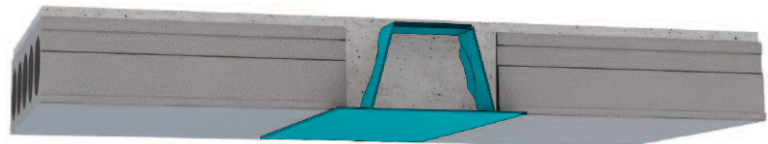
Współczesnym alternatywnym rozwiązaniem są ukryte belki zespolone stalowo-betonowe (fotografia 10). Najważniejsze zalety takich elementów, to:

- możliwość uzyskania mniejszej wysokości kondygnacji z zachowaniem wymaganej wysokości pomieszczenia w świetle;
- zmniejszenie całkowitej wysokości budynku i kosztów związanych z wykonaniem elewacji, a także mniejsze koszty związane z utrzymaniem budynku ze względu na mniejszą kubaturę oraz zmniejszenie kosztów robót ziemnych w przypadku wykonywania kondygnacji poniżej poziomu terenu;
- przy dostatecznej liczbie kondygnacji, umożliwienie wykonania dodat-



rażną metamorfozę. Znacznej poprawie uległo uproszczenie montażu, niezawodność i trwałość, a także estetyka wykonywanych połączeń.

Prefabrykacja betonowa sprzyja wprowadzaniu do budownictwa innowacji zarówno w obszarze materiałowym, jak i konstrukcyjnym, czego przykładem są nowoczesne rozwiązania montażowe prefabrykatów oraz rozwiązania elementów łącznikowych, takie jak np. wyroby zaprezentowane w artykule.



Fot. 10 Przykłady ukrytych w stropie prefabrykowanych zespolonych belek stalowych i zespolonych belek stalowo-betonowych [3, 4]

kowej kondygnacji z zachowaniem pierwotnej wysokości budynku, a więc korzyść w postaci dodatkowej powierzchni użytkowej;

- ułatwienie prowadzenia instalacji wewnętrznych;
- poprawa estetyki oraz umożliwienie łatwej aranżacji pomieszczeń.

Podsumowanie

Kluczowy element budownictwa prefabrykowanego, jakim są połączenia, przeszedł w okresie ostatnich dekad wy-

Literatura

- [1] Adamczewski G, Woyciechowski P. Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność, vol. Z. 1, 2014, Warszawa, Stowarzyszenie Producentów Betonów, 62 s., ISBN 978-83-941005-6-8.
- [2] Adamczewski G, Woyciechowski P. Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność nr 2 cz. 1. Konstrukcje szkieletowe realizowane z elementów prętowych. 2015, Warszawa, Stowarzyszenie Producentów Betonów, 47 s., ISBN 978-83-941005-2-0.
- [3] <https://www.peikko.pl>.
- [4] <https://pfeifer.pl>.
- [5] Materiały z Archiwum Stowarzyszenia Producentów Betonów.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl



ROK ZAŁOŻENIA 1994