

Marlena Rajczyk, Bartłomiej Stachecki

SYSTEMY MONTAŻU SŁUPÓW PREFABRYKOWANYCH

Wprowadzenie

Konstruowanie połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami konstrukcji w celu zachowania bezpiecznej pracy i właściwego przekazywania obciążeń (np. połączenie słup - rygiel) jest zadaniem skomplikowanym, wymagającym doświadczenia i odpowiedniej „intuicji” co do wyboru rozwiązania najwłaściwszego. Gotowe systemy montażu przy udziale nowoczesnych technik kotwienia czy nowatorskie rozwiązania technologiczne znacznie ułatwiają to zadanie. Konstruowanie połączeń ma szczególne znaczenie przy wykorzystaniu prefabrykacji elementów, która w dużym stopniu pozwala skrócić czas realizacji inwestycji. Z uwagi na mnogość różnorodnych połączeń w konstrukcji w niniejszym artykule wskazano jedynie współczesne, najczęściej spotykane rozwiązania połączeń żelbetowych słupów prefabrykowanych z fundamentem, pominięto przy tym szczegóły techniczne związane ze zbrojeniem tych elementów. Zrezygnowano także z rozwiązań współcześnie rzadko stosowanych jak stoposłupy czy fundamenty uźebrowane.

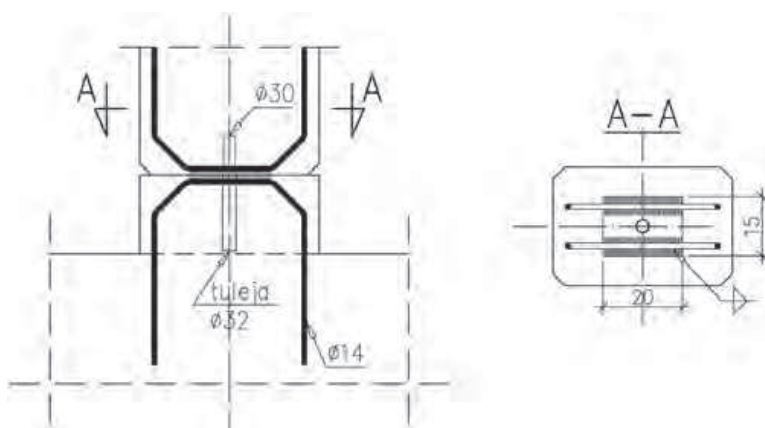
1. Połączenia słup - fundament

Konstruowanie połączeń prefabrykowanych elementów żelbetowych na styku słup - fundament można zasadniczo podzielić na trzy kategorie, przy użyciu:

- fundamentowych stóp kielichowych lub samodzielnych kielichów,
- systemów montażowych w postaci podpór słupowych,
- zbrojenia wpuszczanego w kanały (tzw. „wytyki”).

Jak wspomniano we wprowadzeniu, prefabrykacja przede wszystkim znacząco przyspiesza realizację inwestycji. Kolejną istotną cechą jest możliwość prowadzenia budowy w warunkach, w których wykonywanie konstrukcji w sposób tradycyjny byłoby niemożliwe lub utrudnione (np. betonowanie w niskich temperaturach, w miejscach trudno dostępnych). Prefabrykacja pozwala też wykonać elementy z wyższą klasą dokładności i optymalizować produkcję przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju poprzez ograniczenie dewastacji środowiska i minimalizację zużycia nieodnawialnych surowców [1].

W zależności od typu montażu możliwe jest zachowanie ciągłości pracy poprzez zamocowanie słupa w fundamencie w sposób sztywny (utwierdzenie) lub zachowując quasi-przegub, który w omawianym połączeniu z powodu znacznych trudności technologicznych jest stosowany w konstrukcji niezwykle rzadko (np. w przypadku nierównomiernego osiadania gruntu na terenach szkód górniczych, przy rozbudowie obiektu lub wykonywaniu obiektu etapami). Przykład takiego połączenia przedstawiono na rysunku 1.

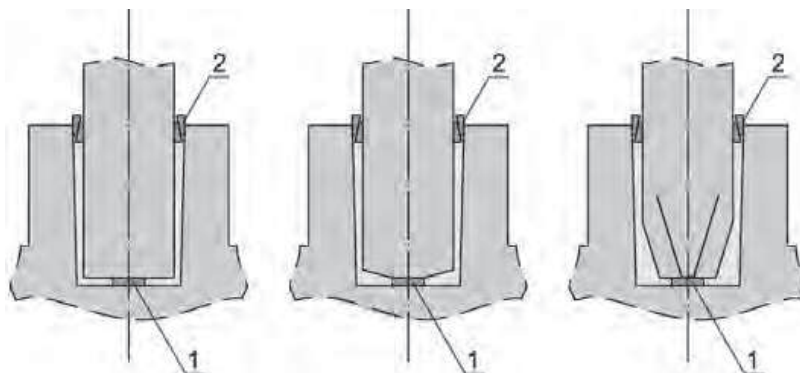


Rys. 1. Przegubowe połączenie prefabrykowanego słupa ze stopą za pomocą spawanych blach (na podstawie [2])

Połączenie elementów w sposób przegubowy wykonywane jest najczęściej poprzez ograniczenie szerokości podparcia słupa i odpowiednio wykonstruowane zbrojenie. Centralne usytuowanie słupa jest zapewnione poprzez sworzeń umiejscowiony w słupie i dopasowywany do tulei zabetonowanej w stopie [2]. Montaż elementów z możliwością przenoszenia momentu zginającego został opisany w kolejnych punktach.

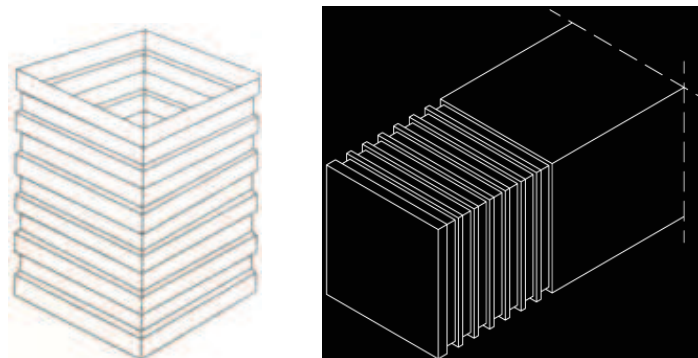
2. Montaż słupa do stóp fundamentowych kielichowych

Stopy kielichowe (zwane potocznie „szklankami”) to specjalnie wykształcone w fundamencie ścianki, umożliwiające osadzenie słupa w ich wnętrzu. W fazie montażu stabilizuje się element poprzez kliny, a następnie przestrzeń pomiędzy słupem a ściankami kielicha zalewa się drobnoziarnistą zaprawą o wysokiej wytrzymałości. Dla ułatwień wykonawczych (lepszego dopływu zaprawy) stosuje się często nachylone ścianki kielicha lub podcięcie głowicy słupa i podkładki dystansowe (rys. 2). Wypełnienie pustych przestrzeni zapewnia właściwą pracę dopiero w fazie eksploatacyjnej. Stopy kielichowe stosuje się najczęściej dla schematów statycznych, w których reakcja podporowa ma wyraźnie niższy moment zginający niż siłę pionową i poziomą. Ścianki kielicha mogą być gładkie lub żebrowane, lecz zgodnie z normą Eurokod 2 „kielichy z dyblami można uważać za połączone monolitycznie ze słupem” [4], wówczas pomiędzy krawędziami dybli są przekazywane naprężenia styczne. Połączenie przy gładkich ściankach kielicha musi być bardzo rzetelnie i szczegółowo zaprojektowane.



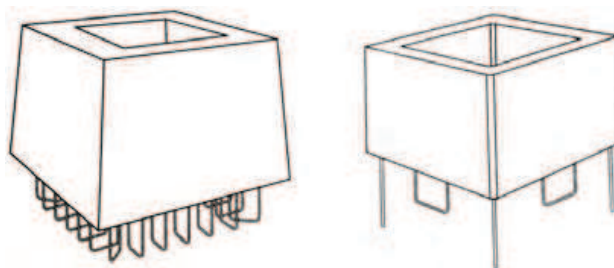
Rys. 2. Osadzenie słupa w kielichu (na podstawie [3]):
1 - płytki centrująca, 2 - kliny

Ukształtowanie dybli na słupie można wykonać poprzez nabicie na formę słupa drewnianych listewek. Do wykonania dyblowania wnętrza kielicha można użyć wkładek formujących w postaci deskowania traconego (rys. 3).



Rys. 3. Sposób wykonania dyblowania połączenia [3]; po lewej: wkładka formująca do ścianek stopy kielichowej, po prawej: rowkowanie słupa

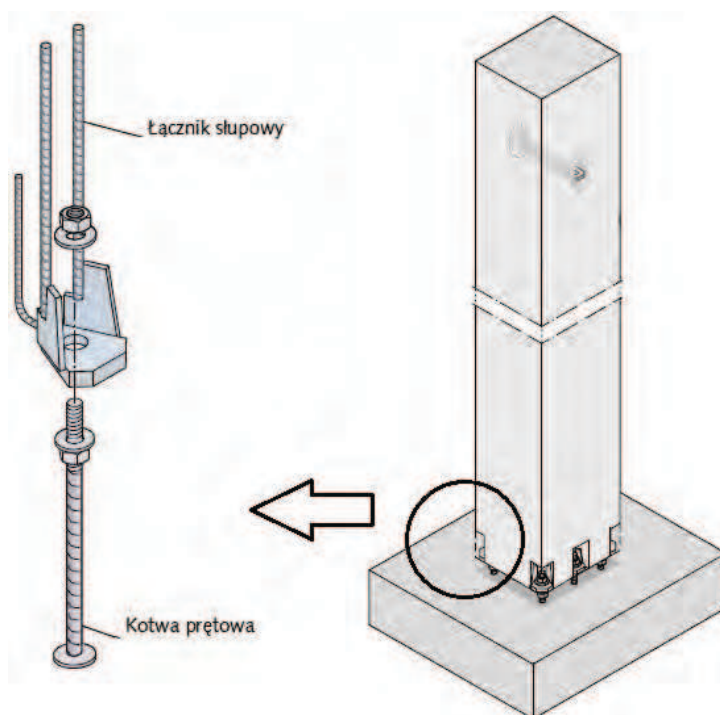
Z uwagi na masę, geometrię oraz ograniczoną nośność ścianek przed zabetonowaniem elementu fundamenty kielichowe stwarzają problemy w transporcie do miejsca docelowego. Trudniej też przy połączeniu tego typu uzyskać powtarzalność prefabrykatu dla określonej inwestycji ze względu na zróżnicowanie gabarytów stopy (naprężenia pod stopą). Trudności transportowe mogą być minimalizowane przez zastosowanie prefabrykatu w postaci samych kielichów (rys. 4), które są kotwione razem ze zbrojeniem w płycie fundamentowej przed betonowaniem.



Rys. 4. Prefabrykaty w postaci kielichów do zabetonowania w płycie fundamentu [3]

3. Montaż słupa przy użyciu podpór słupowych systemowych

System montażu za pomocą podpór słupowych jest rozwiązaniem szczególnie oszczędnym pod względem czasu realizacji budowy. Elementy systemu składają się z podpory słupowej, która jest zabetonowywana w prefabrykowanym słupie, oraz dopasowanej do niej kotwy, która zabetonowywana jest (najczęściej) w monolitycznej stopie fundamentowej (rys. 5). Kotwy w zależności od obciążeń posiadają gotowe gwinty zewnętrzne lub wewnętrzne, umożliwiające wkręcenie specjalnych śrub rektyfikacyjnych.

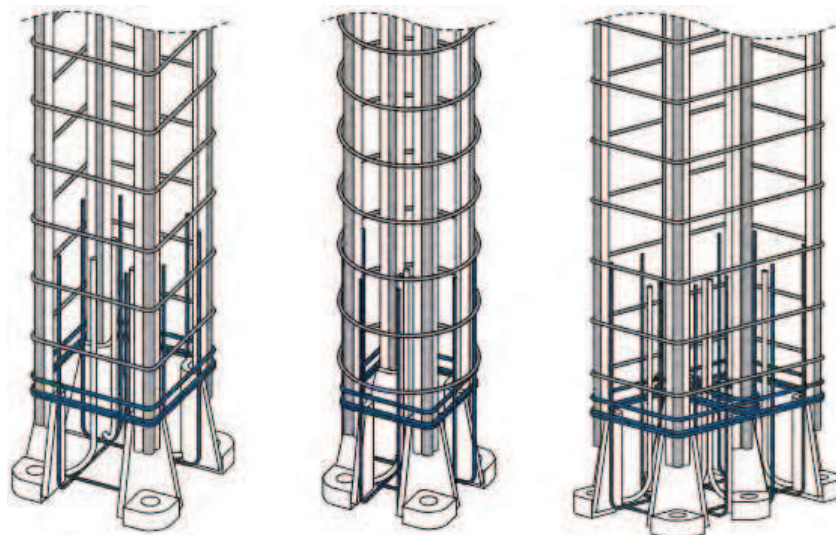


Rys. 5. Podpora słupowa w systemie HCC firmy Halfen
(na podstawie [5])

Łączniki słupowe są zróżnicowane w rozmiarze i ilości w zależności od przenoszonej siły i gabarytów słupa. Montowane są głównie w narożach, stąd ich minimalna liczba w słupie to cztery, ale możliwy jest ich montaż także na „ściance” elementu, najczęściej w połowie jej długości lub obwodowo w słupach o przekroju kołowo-symetrycznym. Wykonane są ze stali o wysokiej wytrzymałości (np. BSt500S). W zależności od producenta (Halfen, Pfeifer, Peikko) łącznik słupowy ma nieco zmodyfikowaną budowę, ale zawsze wyróżnić można płytę podstawy z otworem do montażu oraz pręty kotwiące układane w kierunku zbrojenia głównego, zabezpieczone przed wrywaniem z betonu za pomocą dodatkowych strzemion zgodnie z wytycznymi producenta (rys. 6).

Połączenie odbywa się poprzez wzajemne usytuowanie elementów i skręcenie za pomocą śrub z jednoczesną kontrolą położenia elementu w poziomie i pionie. Element jest montowany 30÷50 mm powyżej powierzchni stopy. Po niwelacji

całość jest obudowywana lekkim szalunkiem i wypełniana za pomocą wysoko-wytrzymałej zaprawy samozagęszczalnej (np. Pagel VS), usztywniając połączenie i chroniąc elementy przed wpływem warunków atmosferycznych. Elementy systemu zapewniają połączenie sztywne ze stopą nawet w czasie montażu, co sprawia, że nie są wymagane dodatkowe podpory.



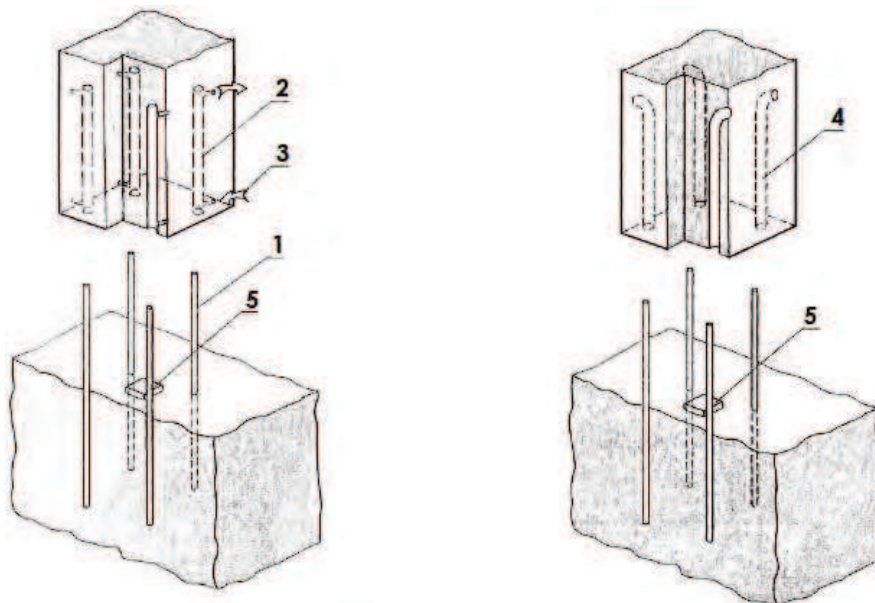
Rys. 6. Podpora słupowa w systemie PEC firmy Peikko (na podstawie [6])

Stosując system, można zrealizować sztywny układ ramowy, uzyskując ekonomiczny rozkład sił wewnętrznych dla całego elementu ramowego [7]. Siły poprzeczne w podporze są przenoszone poprzez elementy dodatkowe: blacha stalowa na styku elementów (przekazywanie siły przez tarcie), dodatkowe kotwy stalowe. W przypadku dużych sił wykonuje się w słupie prefabrykowanym trzpień mocowany w zagłębieniu słupa lub „kołnierz żelbetowy”.

4. Montaż słupa przy zbrojeniu wpuszczanym (tzw. „wytyki”)

Osobną grupę sposobu montażu słupów prefabrykowanych stanowi dość współczesne rozwiązanie połączenia na tzw. „wytyki”. Z fundamentu wyprowadza się pręty zbrojeniowe o określonej długości i średnicy, na które następnie w czasie montażu nanizuje się specjalnie ukształtowane kanały wewnątrz słupa (rys. 7).

Kanały w słupie formuje się najczęściej za pomocą cienkiej blachy stalowej - gładkiej lub rury karbowanej - łukowo na końcu wygiętej na zewnątrz ścianki bocznej słupa. Podobnie jak w innych typach rozwiązań, przestrzeń wolna w kanale i pod podstawą słupa jest wypełniana zaprawą o wysokiej wytrzymałości. Dla ułatwienia montażu może być stosowana płytka centrująca. Możliwe jest „odwrócenie” połączenia, tzn. pręty wypuszczone z prefabrykowanych słupów są montowane w kanałach ukształtowanych w stopie fundamentowej.



Rys. 7. Połączenie słupa z fundamentem za pomocą prętów zbrojeniowych kotwionych w kanałach wytworzonych w słupie [3]: 1 - pręt zbrojeniowy; 2 - kanał prosty, 3 - kanałek do iniekcji, 4 - kanał łukowy, 5 - płytka centrująca

Sposób montażu pozwala uzyskać połączenie sztywne w fazie eksploatacji. Znacznym utrudnieniem jest wykonanie w fazie realizacji dodatkowej podpory montażowej stabilizującej słup. Trudno też przeprowadzić kontrolę prawidłowości wypełnienia przestrzeni mieszanką, głównie wzdłuż często wąskich kanałów, więc zależy ona w głównej mierze od kompetencji pracownika.

Literatura

- [1] Ajdukiewicz A., Prefabrykacja betonowa w strategii zrównoważonego rozwoju, XIX Konferencja Naukowo-Techniczna, Jadwisin 2004.
- [2] Kobiak J., Stachurski W., Konstrukcje żelbetowe, część 2, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1979.
- [3] Starosolski W., Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych, część 3, Wydanie 11 i 13, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009-2012.
- [4] Eurokod 2 - Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków, wrzesień 2008.
- [5] Halfen - Łączniki słupowe typu HCC. Katalog techniczny.
- [6] Peikko - Podstawy słupów typu PEC. Katalog techniczny.
- [7] Pfeifer - System łączników słupowych. Katalog techniczny.

Streszczenie

W artykule przedstawiono sposoby rozwiązań dla połączenia prefabrykowanych słupów ze stopą fundamentową. Początkowo krótko omówiono znaczenie prefabrykacji na styku tych elementów. W kolejnych punktach opisano najczęściej spotykane współcześnie sposoby montażu słupów wraz

ze wskazaniem ich zalet oraz wad. Rozwiązania usystematyzowano chronologicznie, zaczynając od tych stosowanych najdawniej.

Słowa kluczowe: konstrukcje prefabrykowane, konstrukcje żelbetowe, słupy prefabrykowane

Ways of precast columns assembly

Abstract

The article presents ways of solutions for connecting precast columns with the foot foundation. It discusses briefly the importance of prefabrication between these elements. The following sections describe the most common modern methods of columns assembly, indicating their advantages and disadvantages. Solutions were systematized chronologically, beginning with those used least recently.

Keywords: prefabricated construction, concrete construction, prefabricated columns