

NOWOCZESNA
PREFABRYKACJA

Nowy cykl artykułów, poświęconych współczesnej, nowoczesnej prefabrykacji, stworzony jest we współpracy ze Stowarzyszeniem Producentów Betonów. Cykliczna rubryka ma na celu promocję korzyści ze stosowania prefabrykacji betonowej, możliwości pod kątem budownictwa przemysłowego, mieszkaniowego i drogowo-mostowego oraz innych zastosowań, promocję innowacji w prefabrykacji, przybliżenie zasad projektowania konstrukcji prefabrykowanych i ich elementów, a także prezentację wybranych obiektów. Wprowadzenie do cyklu stanowi przedstawienie idei prefabrykacji betonowej w budownictwie.



STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW BETONÓW
Rok założenia 1994
www.s-p-b.pl

PARTNERZY TEMATU



PREFABRYKACJA BETONOWA

Część 6.

Transport i zasady montażu

dr inż. Grzegorz Adamczewski
dr hab. inż. Piotr Woyciechowski, prof. PW

Transport i montaż są procesami nierozłącznie związanymi z prefabrykacją, mającymi kluczową rolę w kształtowaniu charakterystyki tej technologii budowania.

Montaż konstrukcji prefabrykowanych to jeden z ciekawszych elementów procesu budowlanego, którego postęp i efekty widać niemalże natychmiast, a transport prefabrykowanych elementów, szczególnie tych o znacznych wymiarach, jest często bardzo widowiskowy.

Transport i składowanie

Na pierwszym etapie życia elementów są one transportowane i składowane, co najmniej do czasu osiągnięcia pełnych właściwości eksploatacyjnych, w obrębie wytwórni prefabrykatów. Następnie w większości przypadków prefabrykaty przewożone są do miejsca wbudowania transportem drogowym, rzadziej kolejną lub transportem wodnym.

W zależności od masy i wymiarów elementy prefabrykowane dowożone są na plac budowy samochodami skrzyniowymi, naczepami albo przyczepami niskopodłogowymi sprzężonymi z odpowiedniego rodzaju ciągnikiem. Zalecane jest, aby elementy takie, jak płyty stropowe, belki i dźwigary oraz elementy ścianowe były przewożone w pozycji, w jakiej będą wbudowane w konstrukcji. Na ogół zasada ta jest przestrzegana. Elementy przewożone na płask powinny być starannie i równo ułożone na powierzchni ładunkowej środka transportowego, na przekładkach wykonanych z drewna lub twardej gumy. Środki transportowe przeznaczone do przewożenia elementów w pozycji pionowej są zaopatrzone w specjalne stojaki, zapewniające stabilność ładunku w czasie transportu.

Maksymalne wymiary, ciężar całkowity i nacisk na oś przy transporcie drogowym określa

Ustawa „Prawo o ruchu drogowym”. Przepisy te mają wpływ na projektowanie gabarytów i masy prefabrykatów, gdyż prefabrykaty mieszczące się w normach transportowych można przewozić transportem specjalistycznym lub ogólnego przeznaczenia, bez konieczności uzyskiwania specjalnych zezwoleń. Wymiary normatywne to: wysokość – 4,00 m, szerokość – 2,55 m, długość – pojazd silnikowy – 12,00 m, pojazdu członnego 16,5 m, a masa całkowita 42,00 t. Istotne są również maksymalne naciski na jedną oś pojazdu, wynoszące 11,5 lub 10 t dla dróg krajowych i części dróg wojewódzkich oraz 8 t dla pozostałych, co może powodować konieczność uzyskiwania zezwoleń (kategorii I) na dojazd pojazdu o wymiarach i masie normatywnej.

Przy większych wymiarach albo większym ciężarze całkowitym wymagane jest pozwolenie na przejazd ładunków ponadgabarytowych. Dostawa towarów znacznie przekraczających wymiary normatywne wymaga uzgodnienia trasy oraz szczegółowego określenia czasu transportu. Przewóz „nadgabarytów” wiąże się z kosztami przewyższającymi znacznie koszt przewozu normatywnego i ze względów ekonomicznych należy to uwzględnić również w fazie projektowej, tam gdzie można, stosując wielkości prefabrykatów dające się przewieźć transportem normatywnym.

Powszechnie stosowane naczepy pozwalają transportować elementy o długości do 13 m, szerokości do 2,4, wysokości do 2,5 m i masie do 24 t. Elementy większe lub cięższe od wyżej wymienionych wymagają transportu specjalistycznego. Do transportu długich elementów prętowych, jak np. słupy lub belki, stosuje się naczepy o regulo-

wanej długości, tzw. rozciąg z tylnymi osiami skrętnymi, wózki doczepne lub kombinacje (naczepa + wózek) dla elementów o bardzo dużej masie.

W tej grupie ładunków istotnym rozróżnieniem jest długość i masa ładunku. Kategoria IV zezwoleni dotyczy długości zespołu pojazdów o osiach skrętnych do 30 m, co oznacza długość elementu w granicach do 27 m, a kat. V i VI – masy całkowitej do 60 t, co można przenieść na masę elementu do 45–48 t. Przewóz elementów dłuższych lub cięższych kwalifikuje się do kat. VII, bardziej kosztownej, a przede wszystkim uciążliwej i czasochłonnej od strony formalnej. Stąd z punktu widzenia transportowego korzystne jest, aby w budownictwie halowym ograniczyć długość elementu do 27 m i masę do 45 t, a elementy drugorzędne projektować możliwie w gabarytach i tonażu nadającym się do zastosowania transportu ogólnego.

Do przewozu ładunków o masie całkowitej ponad 50 t stosuje się wieloosiowe naczepy lub zestawy składające się z ciągnika z naczepą (oparcie przodu elementu) i wózka z osiami skrętnymi (oparcie tyłu elementu). W tym przypadku sam przewożony element stanowi połączenie konstrukcyjne między ciągnikiem z naczepą i wózkiem.

Do transportu elementów ściennych stosuje się specjalne naczepy, popularnie nazywane „wannami”, o podłodze transportowej położonej na poziomie 40 cm nad jezdnią (ze względu na wysokość elementu), które pozwalają przewieźć elementy o wysokości do 3,6 m bez naruszania skrajni wysokościowej. Ograniczeniem jest długość przewożonych elementów – 9,5 m, wynikająca z konstrukcji naczepy.

W przypadku ścian o większych wysokościach należy ograniczyć ich długość do 3,6 m i przewozić w pozycji na boku. Ściana taka musi być dozbrojona na obciążenie ciężarem własnym przy obracaniu na budowie z pozycji transportowej do pozycji wbudowania.

Technologia montażu

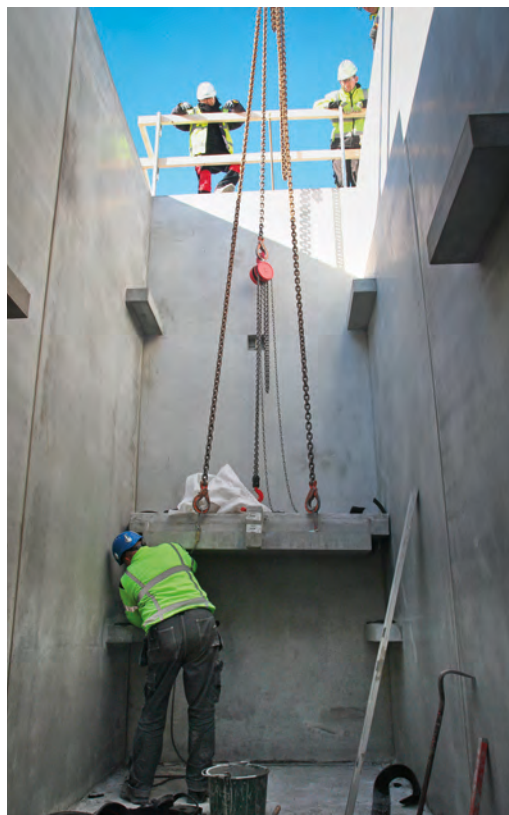
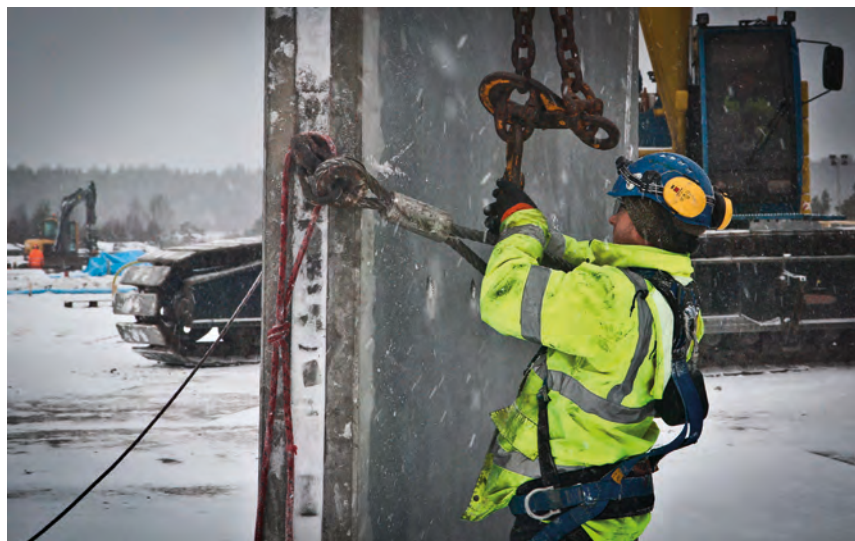
Montażem konstrukcji budowlanych nazywamy wszystkie prace związane z zestawieniem i trwałym połączeniem elementów lub ich zespołów konstrukcji. Wśród robót montażowych należy wyróżnić roboty przygotowawcze, roboty podstawowe oraz roboty pomocnicze.

Przeprowadzenie montażu w sposób prawidłowy i bezpieczny wymaga przygotowania dobrego projektu technologii i organizacji montażu oraz jego konsekwentnego wdrożenia. Projekt taki stanowi integralną część dokumentacji technologiczno-organizacyjnej budowy.

Organizacja montażu zależy od rodzaju budynku, konstrukcji budynku, rodzaju złączy między prefabrykatami, rodzaju stosowanego sprzętu montażowego oraz czasu przeznaczanego na montaż. Część opisowa projektu technologii i organizacji robót montażowych powinna zawierać w szczególności charakterystykę lokalnych warunków realizacji, zestawienie prefabrykatów, ogólną koncepcję wykonania montażu, zasady organizacji budowy i harmonogram montażu. Część graficzna powinna zawierać ogólny plan zagospodarowa-



Zdjęcia: archiwum PEKABEX



nia placu montażu, plany montażu poszczególnych kondygnacji lub faz montażu, schematy pracy maszyn montażowych, szkice, rysunki i wykresy urządzeń pomocniczych, rysunki wyjaśniające sposób wykonania węzłów i złączy elementów.

Ważnym elementem każdego prefabrykatu są wbudowane akcesoria zapewniające bezpieczeństwo transportu i montażu prefabrykatów (system haków transportowych), przydatne w kształtowaniu złączy między elementami (w sposób trwały i estetyczny) oraz ułatwiające proces produkcji dzięki uproszczeniu form np. przy kształtowaniu wsporników.

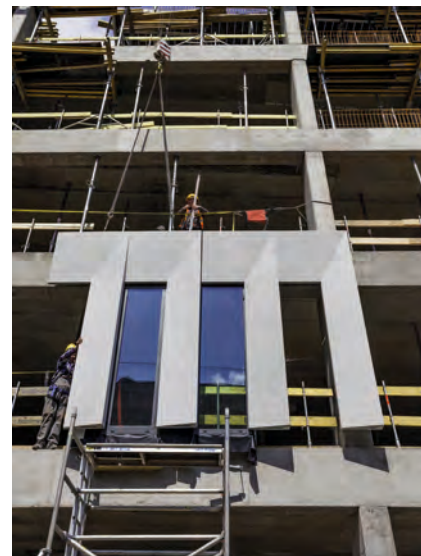
Montaż poszczególnych elementów obejmuje ewentualne tymczasowe wzmocnienie elementu, które ma zapobiec możliwości powstania odkształceń w wyniku innego układu obciążeń w czasie montażu w porównaniu z jego obciążeniem w czasie pracy w konstrukcji oraz przygotowanie elementu do podniesienia, tj. ułożenie go w sposób dogodny do podnoszenia i zamocowanie urządzeń pomocniczych, takich jak jarzma, uchwyty, linki kierujące itp. W dalszej kolejności następuje założenie zawiesi i połączenie ich z hakiem maszyny montażowej oraz podniesienie na wymaganą wysokość i ustawienie elementu na miejscu przewidzianym w projekcie konstrukcyjnym oraz sprawdzenie prawidłowości ustawienia i tymczasowe zamocowanie montowanego elementu, zapewniające jego stateczność do chwili trwałego połączenia go z już wzniesioną konstrukcją. Po przeprowadzeniu tych czynności następuje odcięcie zawiesia, kontrola i regulacja prawidłowości usytuowania wszystkich zmontowanych elementów oraz wykonanie trwałego ostatecznego zamocowania elementów w konstrukcji.

W zależności od organizacji pracy w każdej z faz można rozróżnić kilka sposobów montażu elementu. W fazie dostarczenia elementu może to być montaż z placu składowego, kiedy maszyna montażowa pobiera elementy do montażu ze składowiska usytuowanego w jej zasięgu, lub montaż z kół, kiedy maszyna montażowa pobiera elementy bezpośrednio ze środków transportu zewnętrznego usytuowanych w jej zasięgu. W fazie podnoszenia elementów rozróżnia się trzy sposoby: unoszenie, gdy element traci bezpośredni kontakt z ziemią, obrót, gdy dolny koniec podnoszonego elementu pozostaje w stałym kontakcie z miejscem, na którym ma być ustawiony, a górny zatacza ówierz łuku kołowego, oraz obrót z nasuwaniem (poślizg), gdy górny koniec podnoszonego elementu zatacza łuk, a dolny przesuwa się po powierzchni ku miejscu, na którym ma być ustawiony. W fazie ustawiania elementu wyróżnia się montaż swobodny, kiedy element jest ustawiany swobodnie w miejscu wbudowania, a jego usytuowanie w konstrukcji wyznacza się według krawędzi elementów, osi ścian budynków itp., lub montaż wymuszony, gdy poszczególne elementy ustawia się w miejscu wbudowania za pomocą specjalnych trzpieni, śrub itp., zwanych stabilizatorami.

Ze względu na organizację montażu konstrukcji budowlanych rozróżnia się metodę rozdzielczą oraz kompleksową. Metoda rozdzielcza polega na kolejnym ustawianiu wszystkich elementów jednego typu danej konstrukcji (np. wszystkich słupów, belek pod-



Zdjęcie: archiwum BETARD



walinowych itp.). Metoda kompleksowa polega na kolejnym ustawianiu wszystkich (różnych) elementów znajdujących się w kolejnych przekrojach poprzecznych montowanego obiektu; w metodzie tej niezbędne są złącza mające możliwość przenoszenia charakterystycznych dla nich obciążeń bezpośrednio po wykonaniu.

Montaż elementów kładzionych, tj. elementów pracujących poziomo lub pod niewielkim nachyleniem: płyty stropowe, balkonowe, spocznikowe i dachowe, belki oraz dźwigary, obejmuje: wyznaczenie położenia elementu, przygotowanie złącza, podwieszenie elementu do haka maszyny montażowej, montaż właściwy, wykonanie lub wykończenie złączy. Aby montaż wszystkich elementów przebiegał prawidłowo, każdy element przed podniesieniem trzeba oczyścić z błota, śniegu i lodu, a podnoszenie i opuszczanie prefabrykatu powinno odbywać się pionowo, powoli, bez wstrząsów i szarpnięć, nie wolno odciągać prefabrykatu zawieszony na haku maszyny montażowej. Około 30 cm nad poziomem powierzchni oparcia opuszczanie prefabrykatu wstrzymuje się, aby montażyści mogli naprowadzić go na właściwe miejsce, a przed wykonaniem złączy trwałych należy sprawdzić prawidłowość wbudowania prefabrykatu.

Stopy i elementy ław fundamentowych prefabrykowane układa się na warstwie chudego betonu o konsystencji wilgotnej, którym uprzednio wyrównuje się dno wykopu. Powierzchnia warstwy chudego betonu powinna być starannie wypoziomowana, a miejsca ustawienia prefabrykatu – zaznaczone dwoma rozpiętymi linkami wzdłuż projektowanego położenia prefabrykatu. Po takim przygotowaniu podłoża zawieszają się elementy na haku żurawia, dbając o to, by ich powierzchnia wsporcza znajdowała się w poziomie. Każdy element jest przenoszony nad miejsce wbudowania i opuszczany na wysokość ok. 30 cm nad poziomem ustawienia, następnie naprowadzany przez montażystów między pręty zbrojeniowe i łagodnie sadowiony na podłożu. Po ustawieniu sprawdza się, czy element rzeczywiście zajmuje projektowaną pozycję. Jeśli nie, element należy unieść, poprawić podłoże i od nowa ustawić.

Przed przystąpieniem do montażu **plyt stropowych lub dachowych** trzeba w miejscu ułożenia zaznaczyć krawędzie poszczególnych elementów. Miejsca ułożenia należy oczyścić z ewentualnych zabrudzeń betonem, przygiąć zbyt wystające pręty itp. Na podporach rozkłada się warstwę zaprawy grubości 15–20 mm. Płyty unosi się, wykorzystując zawieszanie czterolinowe lub trawersy. Jedna para lin w takim zawieszaniu powinna być nieco krótsza, aby pochylenie płyty do poziomu wynosiło około 5%. W wyniku tego płytę opiera się najpierw jednym końcem, co bardzo ułatwia jej właściwe naprowadzenie na miejsce przeznaczenia. Jest to tym ważniejsze, że ze względu na rozłożoną zaprawę płytę należy od razu położyć na wła-

ściwym miejscu. Późniejsza rektyfikacja jest praktycznie niemożliwa i o ile płyta po ułożeniu nie zajmuje właściwej pozycji, trzeba ją podnieść, uzupełnić warstwę zaprawy i próbować ułożyć od nowa. W celu uniknięcia takich sytuacji można w wyznaczonych uprzednio miejscach styków płyt ułożyć specjalne płytki betonowe grubości takiej samej, jak potrzebna warstwa zaprawy.

Montaż płyt sprężonych należy do trudniejszych operacji, lecz przy zachowaniu wszystkich zasad prawidłowego montażu staje się montażem bezpiecznym. Najważniejszym aspektem bezpiecznego montażu jest restrykcyjne podejście do punktu przyłożenia szczęk zawiesi oraz kąta odchylenia elementów łączących szczęki z belką trawersową.

Płyty opierają się na konstrukcji za pośrednictwem podkładek neoprenowych lub zaprawy, zgodnie z założeniami projektowymi. W przypadku stosowania zaprawy należy przygotować odpowiednią ilość płytek stalowych o różnej grubości, tak aby możliwe było zniwelowanie różnic wysokościowych występujących na podparciu. Szczęki montażowe muszą być przymocowane do odpowiedniego trawersu w odpowiednim miejscu. Płyty należy podnosić, mocując szczęki w odległości ok. 50 cm od końców płyty.

Przed przystąpieniem do montażu **belek i dźwigarów** należy na tych elementach i na ich podporach wyznaczyć punkty charakterystyczne. Są to na ogół: oś belki i odcinki belki, które mają spoczywać na podporach. Belki unosi się, wykorzystując zazwyczaj zawieszanie dwulinowe zapewniające 5-proc. pochylenie elementu w czasie przenoszenia. Poziom ułożenia belek reguluje się za pomocą podkładek stalowych, neoprenowych albo wykonuje się podlewki z betonu lub zaprawy. Smukłe dźwigary kratowe trzeba czasem wzmocnić na czas montażu przez zamocowanie na nich specjalnej konstrukcji usztywniającej. Przy montażu dźwigarów o większych rozpiętościach, podatnych na podmuchy wiatru, jest niezbędne stosowanie konopnych lin kierunkowych. Są one używane do naprowadzania dźwigara wiszącego na haku maszyny montażowej we właściwe położenie. Zakładanie tych lin i operowanie nimi należy do obowiązków montażystów (linowych) obsługujących składowisko prefabrykatów. Do tymczasowego zamocowania i rektyfikacji dźwigarów o wysokości przekroju ponad pięciokrotnie większej niż szerokość podstawy służą specjalne łączniki. Pierwszy ustawiony dźwigar trzeba stężyć bardzo starannie, np. za pomocą czterech odciągów. Następnie można usztywnić rozporami, zamocowanymi do elementów wcześniej zmontowanych. Czasami, zamiast stosować rozpory, zmontowane dźwigary pokrywa się płytami stropowymi lub dachowymi.

Montaż elementów stawianych, takich jak **stupy, ramy i elementy ścian**, obejmuje następujące czynności: wyznaczenie poło-

żenia elementu w budowlu, przygotowanie złącza, podwieszenie elementu na haku maszyny montażowej, ustawienie, tymczasowe zamocowanie i rektyfikację położenia elementu, wykonanie złącza stałego.

Montaż słupów może się odbywać przez całkowite zawieszenie na haku, obrót lub rzadziej obrót z nasuwaniem. Przy montażu słupa przez całkowite zawieszenie na haku maszyny montażowej należy w ramach przygotowań oczyścić element, zaznaczyć jego oś na powierzchniach bocznych oraz zaczepić uchwyty do mocowania odciągów lub zastrzałów. Przygotowanie miejsca zmontowania słupa polega na naniesieniu przebiegu osi budowli, według których będzie nastawiany słup, sprawdzeniu rzędnej powierzchni wsporczej słupa i ewentualnym dopasowaniu przekładek korekcyjnych.

Podczas podnoszenia słupa są czasem niezbędne pewne czynności pomocnicze, np. obrócenie elementu z pozycji składowania do pozycji montażowej lub dodatkowe usztywnienie słupa bardzo smukłego. Jeżeli słup jest ustawiany w stopie kielichowej, to jego prowizoryczne zamocowanie polega na wbiciu co najmniej sześciu klinów z twardego drewna w szczeliny między ściankami kielicha stopy a powierzchniami bocznymi słupa. Dobiągając i luzując odpowiednie kliny, można słup ustawić dokładnie w planie i wstępnie go spionować. Słupy niskie (do 4 m) powinny być przytrzymywane przynajmniej trzema rozporami montażowymi, a słupy wysokie (powyżej 4 m) – czterema rozporami montażowymi lub czterema odciągami. Uchwyty dolne zastrzałów i odciągów trzeba montować tak, by kąt między osią stężenia a poziomem nie był większy niż 55°. Uchwyty górne rozpór i obejm do mocowania odciągów powinny znajdować się nie niżej niż na poziomie 0,6 wysokości słupa.

Montaż słupów najczęściej odbywa się przy pomocy dodatkowych stalowych rozpór montowanych do słupa i statecznych elementów podłoża, jedynie na czas montażu i do momentu osiągnięcia minimalnej wytrzymałości zalewanego złącza lub zamka. Podczas takiego montażu należy pamiętać o zachowaniu kolejności poszczególnych operacji i zasad bezpieczeństwa.

Podsumowanie

Prawidłowo zaplanowany i przeprowadzony transport oraz montaż stanowią o pełnym wykorzystaniu korzyści stosowania technologii prefabrykacji. Procesy te determinują ekonomiczną opłacalność prefabrykacji oraz warunkują terminowość wzniesienia realizowanego obiektu. Ograniczenie ekipy montażowej do niezbędnego minimum wymusza wysoką specjalizację pracowników, co jednakże w końcowym bilansie przynosi korzyści ekonomiczne w postaci skrócenia czasu budowy oraz ograniczenia niebezpiecznych zdarzeń podczas realizacji obiektu. ■