

mgr inż. Albert Grajek<sup>1)</sup>  
mgr inż. Krzysztof Zychowicz<sup>1)</sup>

# Nowe spojrzenie na beton architektoniczny na przykładzie budowy obwodnicy

**N**a przestrzeni lat w Polsce nastąpił znaczny rozwój sieci dróg i autostrad. Powstają coraz bardziej innowacyjne obiekty inżynierskie, które różnią się jedynie rodzajem powłoki zabezpieczającej i kolorem. Porównując rozwiązania funkcjonalne w innych krajach europejskich, takich jak Niemcy bądź Francja, można dostrzec proste konstrukcje o urozmaiconej strukturze powierzchni. Dzięki usunięciu powłok wierzchnich można podziwiać piękno surowego betonu. W Polsce ten trend dopiero zaczyna się rozwijać [1]. W ubiegłym roku firma BETARD podjęła się realizacji zamówienia firmy Mostostal S.A. na ponad 900 belek mostowych typu T z zastosowaniem betonu architektonicznego na budowę obwodnicy Opatowa oraz łącznika północnego (fotografia 1). Artykuł przedstawia sposób realizacji zamówienia oraz przybliży tematykę dotyczącą produkcji prefabrykatów z wykończeniem w postaci betonu architektonicznego.

## Produkcja

Zamówienie podzielone zostało na etapy. Budowa składała się z kilku obiektów, które powstawały w ustalonej kolejności. Produkcja belek prowadzona była z wyprzedzeniem, co pozwalało na sprawną i efektywną realizację przedsięwzięcia. W zakładzie firmy BETARD na produkcję nawet piętnastu belek mostowych o długości ponad 20 m w ciągu doby pozwalają dwie połączone hale wyposażone w 6 torów naciągowych o długości 77 i 84 m. Duże zamówienie oraz presja czasu wymagały ścisłej współpracy między brygadami, aby wyprodukować elementy w jak najlepszej jakości. Do produkcji wykorzystano łącznie 1562,22 tony stali oraz 8609,45 m<sup>3</sup> betonu. Od betonu do konstrukcji sprężo-

nej oczekuje się dużej wytrzymałości na ściskanie. Do uzyskania mieszanki betonowej o wysokim module sprężystości konieczne jest zastosowanie kruszywa łamanego. Poza kruszywem istotne jest zastosowanie odpowiedniego cementu, zaprojektowanie jak najlepszej proporcji składników mieszanki betonowej oraz warunków dyfuzji wilgoci z betonu do otoczenia [2]. W celu uniknięcia typowych wad mieszanki kontrolowano czas transportu, monitorowano warunki środowiskowe oraz temperaturę obróbki cieplnej. Sposób transportu i czas jego trwania oraz metoda wbudowania i wibrowania zostały odpowiednio dobrane dzięki odpowiedniej współpracy zespołów oraz wykonaniu wielu prób testowych. Uzyskanie jak najlepszej jakości powierzchni belek to również efekt prawidłowego przygotowania form przed betonowaniem [3]. Po każdym rozformowaniu formy są odpowiednio czyszczone z resztek betonu oraz taśm. Następnie aplikuje się środek antyadhezyjny, dbając o to, aby został nałożony równomiernie i w odpowiedniej ilości. Niedopuszczalne są odparzenia powierzchni betonu.

Rozformowany element jest szczegółowo sprawdzany. Kontrola podlega liczba i długość lin oraz prętów głównych, lokalizacja akcesoriów takich jak korbolady, otwory, rurki oraz wcięcia w półce na deski tracone, rozstaw i wymiar strzemion oraz długość belki w betonie. Dodatkowo sprawdzana jest jej powierzchnia, lokalizacja folii kulekowej, obecność rys i pęknięć oraz czystość strzemion. W przypadku, gdy kontrola przebiega pomyślnie i wszystkie wymiary mieszczą się w tolerancjach uwzględnionych w projekcie oraz Deklaracji Właściwości Użytkowych, to element jest zatwierdzany i transportowany do magazynu, gdzie następnie będzie przygoto-



**Fot. 1. Budowa obwodnicy Opatowa**

Fot.: Grupa PBI Sp. z o.o.

wywany do transportu. Na każdy element przyklejane są etykiety, na których są zawarte informacje takie jak numer elementu, jego długość, dane zamawiającego i lokalizacja budowy oraz parametry betonu. Numeracja zaczyna się od nowa w przypadku każdego nowego obiektu. Każdy element wraz z akcesoriami jest wpisywany do rejestru przez kontrolera, który po zakończeniu produkcji elementów na cały obiekt sprawdza, na podstawie projektu, czy wszystkie belki zostały wyprodukowane oraz czy liczba akcesoriów się zgadza. Następnie przygotowuje schemat montażu. Zawiera on dane dotyczące kolejności montażu belek, numerację elementów wg projektu, jak również znajdującą się na etykietach datę produkcji oraz strzałki ugięcia. Te informacje pozwalają w sprawny i szybki sposób przygotować belki do transportu oraz pomagają w ich montażu na budowie.

## Badania

Wszystkie belki spełniały wymagania betonu architektonicznego BA2. Należy przez to rozumieć, że element po rozformowaniu pozostawia się w naturalnej formie. W celu zapewnienia takich efektów betonu wymagana jest kontrola wszystkich etapów procesu produkcyjnego. Dąży się do uniknięcia przebarwień, rys, zaśnięć zaczynu na powierzchni formy oraz widocznych różnic odcieni kolejnych partii betonu. W związku z tym przed pro-

<sup>1)</sup> BETARD, Oddział Kielce 2

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji:  
laboratorium.kielce2@betard.pl

dukcją receptura betonu jest wielokrotnie sprawdzana w laboratorium [4].

Podczas każdego betonowania pobierana była mieszanka do badań. Zespół laboratoryjny kontrolował zawartość powietrza w mieszance, starając się ją utrzymać na poziomie 4 – 6,5%. Dodatkowo badano wytrzymałość na ściskanie po upływie jednego dnia oraz po 28 dniach (tabela 1). Co najmniej raz w miesiącu pobierano również próbki do badania głębokości penetracji wody w betonie oraz mrozoodporności. Do badań wykonano łącznie 2016 próbek o wymiarach 15 x 15 x 15 cm. Na badania przeznaczono ok. 6,8 m<sup>3</sup> be-

**Tabela 1. Oczekiwane parametry betonu podczas badań oraz po upływie 28 dni**

Parametry	Wartość
Zawartość powietrza	4 – 6,5% [KZ8]
Wytrzymałość po 18 h	> 30 MPa
Wytrzymałość po 28 dniach	> 60 MPa
Inne cechy	powierzchnia BA2
Spadek wytrzymałości próbek mrożonych w porównaniu z wytrzymałością świadków <20%	TAK
Spadek masy po wymrażaniu < 5%	TAK
Brak rys i pęknięć	TAK
Stopień mrozoodporności F150	TAK

tonu o łącznej masie ponad 16 t. Oprócz tego kilkakrotnie kontrolowano parametry betonu podczas betonowania zarówno w laboratorium, jak i bezpośrednio w hali produkcyjnej. Monitorowano konsystencję i temperaturę mieszanki, jak również sposób wlewania jej do form i wibrowanie. Wszelkie nieprawidłowości były szybko naprawiane, aby utrzymać jak najlepsze parametry mieszanki przez cały proces produkcji (tabela 1). Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

## Magazynowanie i transport

Gotowy element transportowany jest z hali do magazynu. Belki są posegregowane wg obiektów i układane piętrowo. Dzięki temu w magazynie zachowany jest porządek, co pozwala na szybki i sprawny sposób zlokalizować dany element i przygotować go do wysyłki oraz oszczę-

**Tabela 2. Średnia z wyników badań przeprowadzonych przez cały okres realizacji zamówienia**

Parametry	Wartość
Zawartość powietrza	4,3% [KZ9]
Wytrzymałość po 18 h	44,32 MPa
Wytrzymałość po 28 dniach	69,52 MPa
Inne cechy	powierzchnia BA2
Spadek wytrzymałości próbek mrożonych w porównaniu z wytrzymałością świadków <20%	-2,4%
Spadek masy po wymrażaniu < 5%	0,076%
Brak rys i pęknięć	TAK
Stopień mrozoodporności F150	TAK

dzane jest miejsce składowania. W związku z tym możliwe jest magazynowanie dużej liczby elementów. Cały teren składowiska pokryty jest betonową posadzką z lekkim spadkiem w celu szybkiego odwodnienia. Belki są ustawiane na specjalnych podkładkach, dzięki czemu nie mają bezpośredniego kontaktu z podłożem. Zespół odpowiedzialny za składowanie elementów gotowych dba o to, aby wykluczyć wszelkie możliwości uszkodzeń lub zniszczenia prefabrykatów.

Tuż przed transportem na teren budowy kontrolerzy jakości po raz ostatni dokonują oceny wizualnej belek oraz sposobu ich zabezpieczenia na pojeździe. Zwraca się szczególną uwagę na to, aby każdy element opuścił zakład w jak najlepszym stanie i bez żadnych uszkodzeń bądź zabrudzeń. Prawidłowo wykonaną belkę pokazano na fotografii 2.



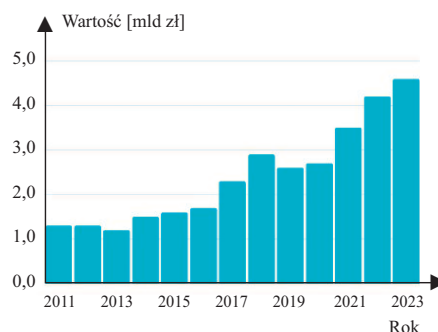
**Fot. 2. Prawidłowo wykonana belka**

Fot. Betard

## Podsumowanie

Obecnie wykorzystanie prefabrykatów betonowych na budowach znacznie się zwiększa ze względu na ich bardzo

dobrą jakość, szybkość dostawy oraz łatwość montażu. Analogicznie do krajów z zachodniej części Europy (Francja, Holandia, Niemcy), duży udział w rynku prefabrykatów w Polsce mają wyroby wielkowymiarowe, np. prefabrykowane belki mostowe [5 ÷ 7]. Z danych opublikowanych przez firmę SPECTIS wynika zwiększenie wartości rynku ciężkiej prefabrykacji (rysunek). Prognozuje się, że w kolejnych latach dynamika rynku będzie jeszcze większa.



**Dane z raportu „Rynek ciężkiej prefabrykacji w Polsce 2023 – 2028” firmy Spectis**

Z artykułu jednoznacznie wynika, że dzięki ciężkiej pracy i współpracy wielu zespołów, firma BETARD jest w stanie wyprodukować dużą liczbę prefabrykatów o bardzo dobrej jakości. Zdobyte doświadczenie i ciągły rozwój sprawiają, że firma jest gotowa na kolejne wyzwania w produkcji prefabrykatów mostowych.

## Literatura

- [1] Kuniczuk K, Weislo A. Beton architektoniczny w budownictwie mostowym.
- [2] Szruba M. Beton – nowoczesność, funkcjonalność, estetyka. Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie. 2018.
- [3] Adamczewski G, Woyciechowski PW. Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność. Zeszyt 1. Stowarzyszenie Producentów Betonu, Warszawa 2014.
- [4] Zychowicz K. Beton Architektoniczny BA2 w prefabrykacjach drogowo-mostowych, 2023.
- [5] Betonowe Mosty Drogowe, Nakładem Polskich Fabryk Portland-Cementu, Warszawa 1930.
- [6] Prefabrykacja w Mostownictwie, prof. dr hab. inż. Jan Biliszczuk, dr inż. Jerzy Onysyk 2016 r. Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie.
- [7] Prefabrykaty w Budownictwie, Marian Kowacki, Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie, 2017.

Partner działu:

**Stowarzyszenie Producentów Betonów**

www.s-p-b.pl

