

mgr inż. Sara Płusa¹⁾
mgr inż. Natalia Borek¹⁾
mgr inż. Karolina Sosińska¹⁾

Prefabrykowane elementy elewacyjne na przykładzie budowy obiektu hotelowego

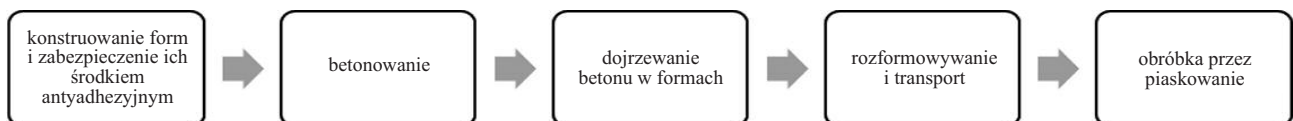
Zastosowanie okładzin elewacyjnych zyskuje coraz większą popularność. Głównymi zaletami ich wykorzystywania jest szybkość montażu oraz tworzenie nietypowych, skomplikowanych kształtów poszczególnych elementów elewacji [1]. W ubiegłym roku firma BETARD podjęła się realizacji zamówienia na ponad 1000 prefabrykowanych elementów elewacyjnych na budowę hotelu (fotografia 1). W artykule przedstawiono procedurę realizacji zlecenia oraz zagadnienia dotyczące produkcji prefabrykatów wykonanych z białego betonu specjalistycznego oraz betonu GRC z mechanicznym fakturowaniem powierzchni przez piaskowanie.



Fot. 1. Przykładowy element elewacyjny

Produkcja

Ze względu na specyfikę zamówienia realizację podzielono na kilka etapów. Do produkcji przekazano dokumentację dotyczącą słupów, belek, płyt elewacyjnych i zadaszeń. W celu zapewnienia sprawnego i efektywnego przebiegu procesu produkcyjnego (rysunek) stworzono kilka obszarów, dzieląc



Schemat procesu produkcji

je na stanowiska. Nietypowy charakter zamówienia wymagał zaangażowania i rzetelnej współpracy kilku działów jednocześnie, aby zapewnić uzyskanie jak najlepszej jakości elementów. Do produkcji belek i słupów wykorzystano 19,5 t stali zbrojeniowej oraz 178,4 m³ betonu. Ze względu na konstrukcję płyt elewacyjnych i zadaszeń konieczne było zastosowanie betonu GRC i wykorzystano go w ilości 126,3 m³.

¹⁾ BETARD, Oddział Kielce 1

^{*)} Adres do korespondencji: dkj.kielce@betard.pl

Beton zbrojony włóknami szklanymi (GRC) był idealnym materiałem do produkcji wymienionych elementów. Jego główną zaletą jest znacznie większa wytrzymałość na rozciąganie niż betonu zwykłego, co pozwala na tworzenie prefabrykatów o mniejszych przekrojach [1]. Dodatkowo materiał ten wykazuje dużą wytrzymałość na zginanie i odporność na pękanie oraz oddziaływanie warunków środowiska [2]. Dzięki zastosowaniu włókien zamiast stali zbrojeniowej wyeliminowany zostaje problem związany z korozją. Dodatkowo zwiększa się ognioodporność elementu wykonanego z betonu GRC, ponieważ zastosowane włókna szklane są niepalne [3].

Ze względu na biały kolor elewacji, jaki był wymagany, zastosowano kruszywo, które zostało specjalnie sprowadzone na potrzeby tego kontraktu, a następnie podlegało rygorystycznej kontroli przy każdej dostawie. Głównym składnikiem mieszanki betonowej wpływającym na kolor prefabrykatów był biały cement. Stałej kontroli podlegał także proces mieszania składników, aby do mieszanki betonowej nie dostały się żadne zanieczyszczenia, które mogłyby wpłynąć na finalny wygląd gotowego elementu. Dzięki wielu próbom dobrano odpowiednie metody transportu, wbudowania i wibrowania mieszanki betonowej.

Po rozformowaniu oraz oznakowaniu elementów przewożone były one na plac, gdzie stronę elewacyjną poddawano piaskowaniu. Etap ten wymagał dużej precyzji, ponieważ kruszywo powinno być widoczne w jednakowym stopniu na całej powierzchni prefabrykatu. Gotowy element podlegał szczegółowej kontroli przez dział kontroli jakości firmy BETARD. Zamawiający przekazał wymagania dotyczące tolerancji wymiarowych prefabrykatów. Sprawdzano gabaryty oraz umiejscowienie akcesoriów montażowych. Bardzo ważnym aspektem była również estetyka gotowych elementów.

Badania

W celu zapewnienia jak najlepszego efektu wizualnego wymagana jest szczegółowa kontrola na każdym etapie procesu produkcyjnego. Dąży się do jednolitej barwy prefabrykatu. Wymaga to szczegółowej kontroli mieszanki betonowej. Przed zastosowaniem konkretnej jej receptury w produkcji przeprowadzono kilkanaście prób laboratoryjnych w celu uzyskania optymalnych parametrów (tabela 1). W trakcie betonowania pobierano mieszankę do badań. Badano wytrzymałość betonu na ścislenie po upływie jednego dnia i 28 dni. Pobra-

Tabela 1. Oczekiwane parametry betonu

Parametry	Wartość
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach [MPa]	≥ 37
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	≥ 12
Kolorystyka betonu	biały
Spadek wytrzymałości w porównaniu z wytrzymałością próbek świadków < 20%	tak
Spadek masy po wymrażaniu < 5%	tak
Brak rys i pęknięć	tak
Stopień mrozoodporności	F100

no łącznie 106 próbek o wymiarach 15x15x15 cm w przypadku betonu GRC oraz 110 próbek o wymiarach 15x15x15 cm z białego betonu. Każdorazowo podczas betonowania obserwowano formowanie elementów w celu wyeliminowania wizualnych wad prefabrykatów, mogących wynikać z niewłaściwego wibrowania betonu. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

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

Parametry	Wartość w przypadku betonu	
	białego	GRC
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach [MPa]	65,5	70,2
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	nie dotyczy	13,1
Kolorystyka betonu	biały	biały
Spadek wytrzymałości [%] próbek w porównaniu z wytrzymałością świadków < 20%	-0,14	-0,16
Spadek masy [%] po wymrażaniu < 5%	0,11	0,12
Brak rys i pęknięć	tak	tak
Stopień mrozoodporności	F150	F150

Badaniu pod względem nośności poddane zostały kotwy montażowe stosowane w elementach. Dostarczono fragment prefabrykatu wykonanego z betonu GRC, w którym osadzono dwie kotwy, skonstruowane z dwóch prętów gwintowanych zamocowanych w prostokątnej podstawie stalowej, która była zakotwiona w betonie za pomocą dwóch par prętów stalowych skrzyżowanych ze sobą. Procedura polegała na przyłożeniu obciążenia jednocześnie do dwóch prętów gwintowanych za pomocą siłownika hydraulicznego o nośności 300 kN. Jest on zamocowany za pomocą stalowej konstrukcji oporowej wspartej na powierzchni badanego elementu. Wyniki badań wskazują, że pęknięcie prefabrykatu nastąpiło przy sile niszczącej 36,1 kN, a wyrwanie kotwy z betonu przy sile 59,4 kN.

Magazynowanie i transport

Rozformowany element przetransportowano do miejsca, w którym został poddany obróbce przez piaskowanie, a następnie oględzinom i zabezpieczony folią. Miało to chronić go przed zabrudzeniem. Tak przygotowane elementy umiesz-

czano na paletach i przewożono na składowisko wykonane z kostki brukowej. Brygady odpowiedzialne za transport i magazynowanie elementów czuwały nad wyeliminowaniem możliwych uszkodzeń prefabrykatów. Prawidłowy sposób składowania elementów pokazano na fotografii (fotografia 2).



Fot. 2. Składowanie gotowych elementów na placu magazynowym

Każdorazowo przed transportem na teren budowy kontrolerzy jakości dokonywali oceny wizualnej elementu w celu wychwycenia ewentualnych uszkodzeń oraz sprawdzenie, czy prefabrykaty są prawidłowo zabezpieczone. Istotne było również staranne umieszczenie pasów transportowych, ponieważ ich nieprawidłowa lokalizacja mogła skutkować zniszczeniem elementów.

Podsumowanie

Produkcję betonów zbrojonych włóknami rozpoczęto w Polsce kilkanaście lat temu. Przez ten czas potrzeby rynku bardzo się zwiększyły. Budownictwo wychodzi naprzeciw pomysłom architektów, aby wspólnymi siłami tworzyć ciekawe i niebanalne realizacje. Proces produkcji tego typu elementów jest niezwykle wymagający, konieczne jest przestrzeganie reżimu technologicznego, posiadanie odpowiedniego sprzętu i maszyn, stosowanie surowców bardzo dobrej jakości oraz stały nadzór nad estetyką gotowych prefabrykatów [4]. Dzięki współpracy wielu zespołów, firma BETARD zrealizowała zamówienie na produkcję prefabrykowanych elementów elewacyjnych na budowę hotelu, zdobywając przy tym nowe doświadczenie służące dalszemu rozwojowi firmy.

Literatura

- [1] Blazy J i inni. Zastosowanie betonu zbrojonego włóknami szklanymi do tworzenia elementów konstrukcyjnych oraz form architektonicznych, Przegląd Budowlany. 2022.
- [2] Petri M. GRC – beton z włóknami szklanymi, Budownictwo, Technologie, Architektura. 2005.
- [3] Vahidi EK, Malekabadi MM. GRC and Sustainable Building Design, Razi University. 2011.
- [4] Petri M. Prefabrykowany beton architektoniczny zbrojony włóknami szklanymi (GRC) – część 1.2015.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

