

Beton architektoniczny w infrastrukturze drogowej

ARCHITECTURAL CONCRETE IN ROAD INFRASTRUCTURE

Streszczenie

Referat opisuje najważniejsze zagadnienia związane z realizacją betonów architektonicznych w infrastrukturze drogowej, w zakresie technologii wykonania oraz klasyfikacji powierzchni betonu, w odniesieniu do współczesnych możliwości techniki deskowań. Autorzy przedstawiają dostępne systemowe i specjalne rozwiązania formujące oraz potencjalne problemy, które może napotkać wykonawca w związku z nieprecyzyjnie zdefiniowanymi wymogami. Przywołane są przykłady praktyk stosowanych w Polsce i na świecie w zakresie realizacji przyczółków, filarów oraz ustrojów nośnych.

Abstract

The paper describes the most important issues of applications of architectural concretes in road infrastructure in respect of process technology and classification of concrete surface relating to today's possibilities of formwork techniques. Authors present available typical and specific solutions of formwork assemblies and potential problems caused by unprecisely defined requirements encountered by the contractor. Examples of domestic and foreign practices of realization of bridgeheads, pillars and load-carrying structures are shown.

1. Wstęp

Ostatnia dekada przyniosła w Polsce dużą popularność betonu licowego w budownictwie kubaturowym i inżynieryjnym. Powstało wiele budowli posiadających niepowtarzalną formę i zyskujących wyjątkowy wygląd dzięki zastosowaniu śmiałych rozwiązań i elewacji z wykorzystaniem betonów architektonicznych.

Równoległe podjęto wiele prób zdefiniowania i opisanie czym jest beton architektoniczny, jakimi parametrami powinien być opisywany i jakie warunki muszą być spełnione aby zagwarantować oczekiwaną jakość.

Obecnie dał się zaobserwować duży wzrost liczby projektów w zakresie infrastruktury drogowej gdzie projektanci chętnie wykorzystują betony architektoniczne w projektowaniu podpór i przyczółków. Nie oznacza to, że w poprzednich latach nie budowano obiektów mostowych, którym stawiano wysokie wymagania jakości uzyskiwanej powierzchni betonu, natomiast wymogi nie były definiowane jako betony architektoniczne, a znaczenie miała raczej forma całego obiektu, a nie detale wykonane z betonu. Obecnie specyfikacje znacznej części nowo budowanych dróg zawierają określone wymogi co do wyglądu, koloru powierzchni betonów, odcisku deskowań, położenia otworów na ściagi oraz rodzaju samych szalunków.

Nowe wyzwania przed jakimi stanęli wykonawcy spowodowały, że bardziej uważnie zaczęto się przyglądać tematyce realizacji betonów architektonicznych w infrastrukturze drogowej. Szerokie zagadnienia związane z estetyką powierzchni połączonej z jakością, wytrzymałością, odpornością stosowanych betonów, dekowaniem i pielęgnacją betonu wymagają zaangażowania szerokiego grona specjalistów. Jednocześnie pojawiają się pytania czy założony cel jest osiągalny i jakie trzeba ponieść koszty, aby zrealizować projekt zgodnie z założeniami.

2. Definicja

Czym jest beton architektoniczny? Czy możliwe jest jego zdefiniowanie biorąc pod uwagę wizję projektanta? Czy można zdefiniować w jaki sposób „artysta” powinien tworzyć? Oto pytania, które zapewne będą się zawsze pojawiać ilekroć wykonawca stanie przed zadaniem realizacji projektu.

W dostępnej literaturze beton architektoniczny jest definiowany najczęściej w sposób pozwalający na jakościową ocenę zrealizowanej powierzchni.

Przykładem może być poniższa definicja.

„**Beton architektoniczny** – jest to beton specjalnie projektowany na etapie tworzenia dokumentacji, w której określone są wymagania odnośnie do jego powierzchni oraz w wyniku eksponowania wpływa on na wizualny charakter obiektu. Betonem architektonicznym jest również beton, którego powierzchnia została poddana barwieniu przy zachowaniu faktury oraz obróbce, np. przez szlifowanie, groszkowanie, spiekanie itd. Według powyższej definicji do betonów architektonicznych zaliczyć należy również nawierzchnie z betonu, m.in. uzyskane przez eksponowanie kruszywa czy też polerowanie. „

Celem dokładnego opisanie powierzchni betonu zdefiniowano klasy wymagań dla betonu SB1, SB2, SB3 oraz dodatkowe parametry – faktura, porowatość, równomierność

- zabarwienia, konieczność stosowania elementu referencyjnego, kategorie deskowań, koszty
- szczegółowo opisujące wystawiane wymagania, opisujące wygląd powierzchni betonu.
 - SB1 to powierzchnie betonowe o małych wymaganiach dotyczących wyglądu, np.: ściany piwnic, ściany parkingów podziemnych, obiekty mostowe itp
 - SB2 to powierzchnie betonowe o typowych wymaganiach dotyczących wyglądu, np.: ściany klatek schodowych, widoczne elementy szybów windowych, ściany wewnątrz budynków
 - SB3 to powierzchnie betonowe z wysokimi wymaganiami dotyczącym wyglądu, np.: elewacje, reprezentacyjne elementy budowli

Innym przykładem jest :

„**Beton architektoniczny** – odmiana betonu, pod którą rozumie się powierzchnie betonowe o zdefiniowanych wymaganiach pod względem wyglądu. Beton architektoniczny gwarantuje osiągnięcie takich samych parametrów pod względem wytrzymałości i trwałości, jednak jego wygląd jest bardzo estetyczny i nie ma konieczności przykrywania go warstwą tynku lub inną powłoką wykończeniową.

W obydwu przypadkach definiowany jest beton architektoniczny, jednak pierwsza definicja przedstawia beton architektoniczny w punktu widzenia projektanta, wykonawcy i dostawców, a druga pokazuje punkt widzenia obserwatora podkreślając tutaj „wygląd jest bardzo estetyczny”.

3. Wymagania

Prawidłowa analiza wymagań pod względem możliwości technicznych i kosztów realizacji jest niezbędna z punktu widzenia budżetu przedsięwzięcia. Praktyka pokazuje, że zwiększanie wymogów dotyczących klasy betonów architektonicznych powoduje drastyczną zmianę kosztów realizacji, co często nie jest uwzględniane w kosztorysach projektów na skutek przyjmowania nakładów na realizację, jak dla betonów o niskich wymaganiach lub zmodyfikowaną w stopniu, który nie odpowiada rzeczywistym kosztom.

Dlatego konieczne jest, aby wizja architekta była w pierwszej kolejności skonfrontowana z planowanym budżetem inwestycji, a inwestor zaznajomiony z realiami. Zanizanie kosztów przy jednoczesnym oczekiwaniu uzyskania najwyższej jakości, prowadzi do szeregu nieporozumień, odstępstw i zmian w czasie realizacji, czego skutkiem jest brak możliwości osiągnięcia zamierzonego celu.

Wymagania stawiane jakości powierzchni betonu podpór obiektów mostowych najlepiej pokazują fragmenty przykładowego programu funkcjonalno-użytkowego jednego z aktualnie realizowanych projektów.

- zastosowana technologia zapewnić powinna uzyskanie betonu, którego powierzchnia nie będzie wymagała napraw, szpachlowania lub stosowania innych powłok kryjących,
- dla tej części powierzchni elementu, która po zakończeniu robót pozostaje odkryta szalunki powinny być tak wykonane i przygotowane lub wyłożone specjalnymi wkładkami, aby pozwoliło to uzyskać beton o jednolitej fakturze i barwie,
- faktura powinna być tak dobrana, aby nie można było rozpoznać śladów stykania się szalunków i przerw technologicznych,
- ostateczne ustalenie wymaganego standardu dla wyglądu powierzchni betonu architektonicznego zostanie dokonane przez Zamawiającego w oparciu o wzorcowe elementy próbne przygotowane przez Wykonawcę,

- kotwy i ściągi szalunkowe należy tak rozmieścić, aby ich układ współgrał z zaprojektowaną fakturą betonu, tzn. aby ślady po nich tworzyły estetyczny efekt wizualny,
- powierzchnie podpor i konstrukcji oporowych o wysokości płyt szalunkowych można wykonać bez ww. wkładek pod warunkiem, że na tych powierzchniach nie będzie styków poziomych (lub zbliżonych do poziomu), a w miejscach pionowych styków płyt szalunkowych wykonane zostaną bruzdy lub inne wgłębienia kryjące wady i nierówności styku.
- Powierzchnie betonowe podpor, przeseł, konstrukcji oporowych itp., należy pozostawić w naturalnej kolorystyce betonu; wymóg ten nie dotyczy gzymsów. „

Doświadczenie pokazuje, że restrykcyjne przestrzeganie zapisów specyfikacji w zakresie klasy wymagania, oparte o matematyczne podejście do powierzchni betonu powoduje, że z punktu widzenia strony odpowiedzialnej za odbiór robót, niemal każdy realizowany element nie spełnia wymogów specyfikacji. Jest to często powodowane tym, że pomijają się znaczenie powierzchni referencyjnej w realizacji i odbiorach poszczególnych elementów.



Rys. 1. Odległość obserwatora

4. Możliwości

W praktyce wysokie wymagania dotyczące betonów architektonicznych są trudne do spełnienia w warunkach budowy. Szczególnie w przypadku budów infrastrukturalnych, gdzie poszczególne obiekty są znacznie oddalone od siebie, budowa odpowiedniego zaplecza często jest utrudniona lub niemożliwa, a wykonywanie deskowań w warunkach polowych ogranicza dokładność i negatywnie wpływa na efekt końcowy. Pozostają też do rozważenia kwestie transportu mieszanki betonowej, podawania mieszanki, zabezpieczenie elementów i pielęgnacji betonu.



Fot. 2. Zabezpieczenie przed uszkodzeniem i pielęgnacja

Do rzadkości należy współpraca wszystkich zainteresowanych podmiotów i mowa tutaj nie o realizacji, lecz o współpracy na etapie przygotowania projektu, analizy finansowej czy też analizy technicznej wykonalności projektu. Powszechną praktyką jest narzucenie wymagań, zrozumiałe biorąc pod uwagę zamawiającego, jednak niejednokrotnie nieosiągalne z punktu widzenia wykonawcy.

Z tego też powodu konieczne jest określenie już w fazie przetargowej wymagań:

- możliwych do spełnienia bez zwiększonych nakładów kosztów i czasu.
- możliwych do spełnienia dodatkowym nakładem kosztów i czasu (np.: nowe poszycie deskowań, brak widocznych wkrętów poszycia, specjalne wymiary płyt deskowań)
- możliwych do spełnienia tylko warunkowo i w których można wyeliminować odchylenia tylko częściowo (np.: drobne różnice, nagromadzenie porów w górnej powierzchni elementów pionowych, odzwierciedlenie zbrojenia lub grubego kruszywa, nieznaczne wycieki zaczynu na stykach elementów, zmatowienia, marmurkowatość, ślady rdzy na spodzie poziomych elementów konstrukcyjnych). Wymagania takie nie mogą być zagwarantowane, a kosztów nie da się oszacować z góry.
- niemożliwych do spełnienia (np.: niezawierająca porów powierzchnia betonu; styki elementów poszycia deskowania jako cienka, równa linia; niezafazowane, ostre krawędzie bez małych odłamków i wycieków zaczynu; niezawierające uskoków styki poszycia lub płyt deskowania; absolutnie jednorodna barwa betonu na całej powierzchni). Wymagania takie powinny być odrzucone przez wykonawcę.

Podstawą analizy i wyboru klasy wymagania powinno być uzyskanie oczekiwanego efektu połączone z analizą kto jest obserwatorem, gdzie, w jakich okolicznościach i z jakiej odległości dana powierzchnia będzie ekspozowana.

Beton architektoniczny – przepisy

W Polsce nie ma obowiązujących przepisów dotyczących realizacji betonów architektonicznych. Dostępne normy (PN-EN 206-1:2003 „Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”; PN-EN 13670:2011 „Wykonywanie konstrukcji z betonu”) nie uwzględniają problematyki wykonywania betonów architektonicznych, a wszelkie istniejące publikacje nie mają rangi obowiązujących.

Konsekwencją braku przepisów są próby określenia wspólnej płaszczyzny pomiędzy zamawiającym, a wykonawcą, celem określenia jakości przedmiotu realizacji.

W krajach Europy Zachodniej norma DIN 18217 „Powierzchnie betonu i poszycie deskowań” obowiązuje jako podstawowa norma dla betonu licowego. Nie odnosi się jednak do estetyki, co jest zrozumiałe, ponieważ twórcza inwencja projektanta nie podlega normalizacji. Każdy projektant na swój sposób opisuje wygląd obiektu lub detalu i to jego wizja jest przedmiotem realizacji.

W Niemczech najczęściej stosowanym w praktyce zapisem określającym klasy powierzchni betonu oraz jego parametry są „Warunki techniczne wykonania betonu licowego – DBV Merkblatt Sichtbeton” wydane przez Niemiecki Związek Technologii Betonu i Techniki Budowlanej (dalej w skrócie DBVMB).

Definiują one cztery klasy betonu licowego SB1 – SB4, jednocześnie sugerując ich użycie do określonych zastosowań:

- SB-1 powierzchnie betonu o niskich wymaganiach (np.: ściany piwniczne, garaże podziemne,
- obiekty użyteczności przemysłowej)
- SB-2 powierzchnie betonu o normalnych wymaganiach (np.: klatki schodowe, ściany oporowe,
- obiekty inżynierskie i hydrotechniczne)
- SB-3 powierzchnie betonu o wysokich wymaganiach (np.: elewacje w budownictwie lądowym)
- SB-4 powierzchnie betonu o szczególnie wysokich wymaganiach (reprezentacyjne elementy w budownictwie lądowym, sakralnym i użyteczności publicznej.)

W powyższych klasach rozróżnia się dodatkowe kryteria wymagań dotyczących:

- faktury, styku elementów deskowań, porowatości, równomierności barwy, płaskości powierzchni, przerw roboczych i połączeń deskowań, powierzchni wzorcowych, klasy poszycia, oraz czynniki mające wpływ na ich spełnienie:
- betonu, deskowania, środka antyadhezyjnego, przygotowania produkcji/ogólne wytyczne technologiczne, zbrojenia, kosztów.

Zapisy DBVMB są podane tabelarycznie i oferują realne tolerancje wykonawcze, możliwe do uzyskania w sposób powtarzalny w warunkach placu budowy, w naszych warunkach klimatycznych. Powstały one na bazie wieloletnich doświadczeń praktycznych zebranych na budowach w Niemczech. Należy mieć świadomość, że wyników uzyskiwanych w laboratorium nie da się z reguły powtórzyć w zakładzie prefabrykacji pracującym w warunkach kontrolowanego środowiska, a tym bardziej na budowie gdzie środowisko jest nieprzewidywalne.

W procesie realizacji obiektów infrastruktury drogowej popularne jest stosowanie deskowań z poszyciem z desek, specjalnych sklejek lub płyt o określonej chłonności przypominających swoimi parametrami drewno. Uzyskany w ten sposób efekt wizualny odpowiada klasie SB2, a uzyskana powierzchnia nie jest malowana ani wykańczana w inny sposób. Odnosi się to zarówno do podpór, jak i ustrojów nośnych. W szczególnych przypadkach stawiane są wyższe wymagania czyli uzyskanie powierzchni w klasie SB3 lub SB4.

Stosowanie drewna jako materiału mającego styk z betonem nie ma celu jedynie uzyskanie efektu architektonicznego, ale również, albo przede wszystkim uzyskanie odpowiednich parametrów powierzchni betonu.



Fot. 3. Odcisk deskowania z poszyciem z desek

Już dla klasy SB2 niezbędne jest powołanie zespołu inwestor, architekt, dostawca betonu, dostawca deskowań, którego praca jest zorientowana na uzyskanie efektu końcowego, którym jest powierzchnia betonu o określonych parametrach.



Rys. 1. Zespół projektowo-wykonawczy

Zalecane jest stosowanie sklejek o właściwościach ssących 3-S, desek lub sklejek specjalnych.

Ewentualne poprawki, naprawy powierzchni są dopuszczone po akceptacji technologii przez inwestora i projektanta.

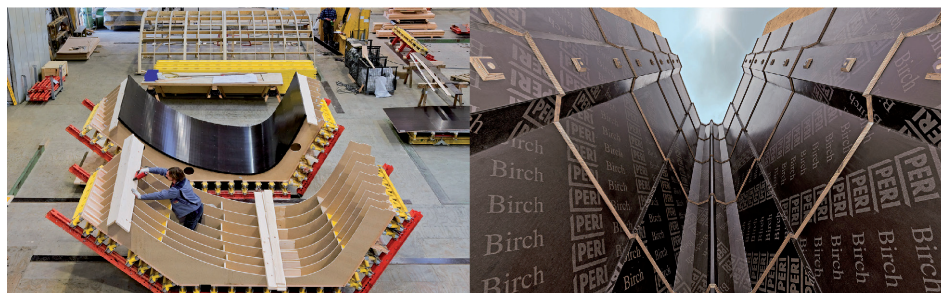


Fot. 4. Filar wykony w deskowaniu specjalnym PERI

5. Deskowania

Współczesne deskowania dają nieograniczone możliwości plastycznego odwzorowania wizji architekta. W zależności od zaprojektowanego kształtu faktury betonu lub wzoru istnieją możliwości zaprojektowania deskowań, które w pełni sprostają stawianym wymaganiom. Aby to było możliwe potrzebne są wiedza, doświadczenie i chęć współpracy wszystkich stron zainteresowanych efektem końcowym.

Inżynierowie PERI bazując na wieloletnich doświadczeniach w najdrobniejszych detalach projektują deskowania umożliwiające wierne odtworzenie wizji architekta. Gotowy



Fot. 5. Produkcja deskowań specjalnych PERI

projekt trafia do wytwórni, gdzie deskowania są produkowane przez doświadczonych cieśli, stolarzy i ślusarzy z wykorzystaniem zaawansowanych technologii obróbki jak maszyny CNC.

Do kształtowania betonów architektonicznych z powodzeniem mogą być wykorzystywane, zaprojektowane do tego celu deskowania ramowe typu PERI MAXIMO pozwalające na uzyskanie ciekawych efektów opartych na doborze konfiguracji płyt deskowania. Konstrukcja elementów deskowań zapewnia symetryczne położenie ściąгов względem ram.



Fot. 6. Odcisk ram deskowania PERI MAXIMO

W przypadkach kiedy wymagany jest nietypowy układ podziałów deskowań lub przejść ściągow stosuje się system deskowania dźwigarowego VARIO, pozwalający na prawie dowolne kształtowanie rysunku lica. W przypadku gdy istnieje konieczność ograniczenia linii podziałów sklejki stosuje się elementy wielkogabarytowe. Największy dostępny obecnie arkusz sklejki przystosowanej na potrzeby betonu licowego ma wymiary 7,5 m x 2,7 m.

6. Podsumowanie

Autor niniejszego referatu reprezentuje wąską specjalizację jaką jest niewątpliwie technika deskowań i rusztowań. Pomimo iż to właśnie deskowania decydują o „rysunku” uzyskiwanym w licu betonu, to w całokształcie procesu budowlanego związanego z jego wytwarzaniem są tylko niewielkim wycinkiem niezbędnej całości. Liczba przytoczonych czynników tylko z tej dziedziny, wpływających na ostateczny efekt daje pogląd na to, czego spodziewać się, konsolidując wszystkie inne wymagane obszary. Nie można ludzić się, że zagadnienia tak obszerne i skomplikowane same się rozwiążą lub jeżeli będziemy je ignorować, nie dadzą o sobie znać w najmniej odpowiednim momencie. Beton architektoniczny jest funkcją bardzo wielu zmiennych i nawet przy dokładnie określonych,

realnych oczekiwaniach lokalne oszczędności, niedopatrzenia lub błędy w pojedynczych czynnościach mogą zniweczyć wszystkie pozostałe starania i zrujnować ostateczny wynik. Aby do tego nie dopuścić, wszyscy uczestnicy procesu budowlanego muszą mieć świadomość takich zagrożeń i gruntowną wiedzę jak im zapobiegać. Nie sposób przecenić przy tym działania zespołowego jakie zapewnia sprawnie koordynowany zespół ds. betonu licowego. Działający prawidłowo jest czymś więcej niż tylko sumą wiedzy i doświadczeń wszystkich jego uczestników – zapewnia wartość dodaną sprawnej i bezkonfliktowej realizacji ludzkich marzeń.

Literatura

- [1] PERI GmbH: Deskowania do betonu licowego, Wydanie 4/2010
- [2] DBV/BDZ-Merkblatt Sichtbeton, Ausgabe 2004, Deutscher Beton und Bautechnik Verein e.V., Berlin, und Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln
- [3] P. Gulak, M. Wrzosek: Beton licowy – funkcja wielu zmiennych. Forum budowlane 6/2009
- [4] P. Dzięgielewski: Beton licowy – przedsięwzięcie zespołowe, Budownictwo Technologie Architektura 9/2011
- [5] P. Gulak: Deskowania ścienne, a parcie mieszanki betonowej, Forum budowlane 2/2005
- [6] R. Walkowiak, A. Wleklak: Centrum Nauki Kopernik – „poligon” betonu architektonicznego, Budownictwo Technologie Architektura 3/2010
- [7] B.Środa, P. Kijowski: Rozważania nie tylko na temat trwałości betonu – wywiad z prof. Adamem Neville'em, Budownictwo Technologie Architektura 7-9/2013
- [8] P. Dzięgielewski, G. Byrka: Architektura, beton, deskowania – wyzwania i możliwości w świetle współczesnych realizacji. – SPC Dni betonu 2014
- [9] K. Kuniczuk: Beton architektoniczny wytyczne techniczne