

Wytyczne do projektowania, wykonywania i oceny betonów architektonicznych mostowych

GUIDELINES FOR THE DESIGN, PRODUCTION AND EVALUATION OF ARCHITECTURAL CONCRETE FOR BRIDGE STRUCTURES

Streszczenie

Rozpoczęcie stosowania betonu mostowego architektonicznego w Polsce pokazało, że istniejące zalecenia są niewystarczające. Brak przypisania odpowiednich kategorii betonu architektonicznego do typów konstrukcji mostowych sprawia, że projektanci mają problem z zakwalifikowaniem ich do odpowiedniej kategorii, natomiast wykonawcy starają się nadinterpretować zapisy w celu obniżenia kosztów wykonania obiektów. Brak dokładnych wymagań na etapie przetargu powoduje, że koszty wykonania betonu architektonicznego mostowego są niedoszacowywane, a to pociąga za sobą chęć stosowania materiałów o niskiej jakości oraz wpływa na obniżenie standardu wykonania powierzchni. Rozmaicie interpretowane są również zapisy o elemencie referencyjnym oraz o odległości obserwacyjnej. Brak szczegółowych zapisów odnośnie oceny betonu architektonicznego mostowego w procesie, gdzie brak jest wiodącej roli architekta przyczyni się do wielu niejasności i konfliktów, które mogą się pojawić przy realizacji poszczególnych odcinków np. tras S3, S7, S8.

Artykuł jest próbą uzupełnienia zapisów zawartych w publikacji *Beton architektoniczny. Wytyczne techniczne*, według której tworzone są specyfikacje dla tego materiału. Ma na celu usprawnienie współpracy między zamawiającym, wykonawcą i nadzorem przy realizacjach związanych z wykonywaniem betonu architektonicznego mostowego.

Abstract

The beginning of application of architectural concrete for bridge structures in Poland has showed that the existing recommendations are inadequate. Due to the lack of assignment

of the appropriate categories of architectural concrete to specific types of bridge structures, designers have a difficulty with classifying them into the appropriate category, and the contractors try to over-interpret the regulations in order to reduce the construction costs. Moreover, due to the absence of precise requirements at the tender stage, the cost of production of architectural concrete for bridge structures are underestimated, and this in turn results in the willingness to use materials of low quality and reduces the standard of construction of the bridge surface. In addition, the provisions pertaining to the reference item - the so-called mock-up and the observation distance are interpreted in a variety of ways. Lack of detailed regulations regarding the evaluation of architectural concrete for bridge structures, in a process without the leading role of the architect, may contribute to a number of ambiguities and conflicts during the construction of individual segments, e.g. of Routes S3, S7 and S8.

This article is an attempt to supplement the provisions contained in the publication: *Architectural Concrete. Technical Guidelines for creating specifications for this material*. It aims to improve cooperation between the contracting authority, the contractor and the supervisors in the projects involving production of architectural concrete for bridge structures.

1. Wprowadzenie

Rozbudowa infrastruktury drogowej w Polsce sprawiła, że coraz częściej występuje konieczność projektowania nowych obiektów drogowych. Dodatkowo zmiana podejścia Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad do sposobu wykończenia powierzchni tych obiektów niejako zmusiła projektantów do korzystania z dostępnych na polskim rynku publikacji traktujących o wykonywaniu betonu architektonicznego, w tym do książki *Beton architektoniczny. Wytyczne techniczne*. Publikacja ta jednak nie odwołuje się bezpośrednio do obiektów mostowych i nie wskazuje kierunków zastosowania betonu architektonicznego w tego typu obiektach, stąd pełna dowolność czerpania zapisów przy jego projektowaniu. Niestety, brak wskazówek sprawia, że tworzone specyfikacje są albo zbyt ogólne, albo zbyt zawile, co prowadzi do szeregu błędów przy realizacji tego typu betonu.

2. Definicje

Biorąc pod uwagę niejasności jakie powstają przy interpretacji zapisów związanych z definicjami wymagają one wyjaśnienia i komentarza.

Faktura – charakterystyczna powierzchnia przedmiotu zależna od właściwości tworzywa, sposobu obróbki i zastosowanych narzędzi.

Komentarz 1: każdy materiał zastosowany jako forma powoduje powstanie specyficznej dla niego faktury; wykorzystanie sklejki szalunkowej daje fakturę gładką, sklejka szalunkowa pokryta tworzywem sztucznym – fakturę lekko chropowatą, a np. sklejka trójwarstwowa – fakturę o wzorze drewna.



Fot. 1. Deskowanie przyczółku wykonane ze sklejki trójwarstwowej

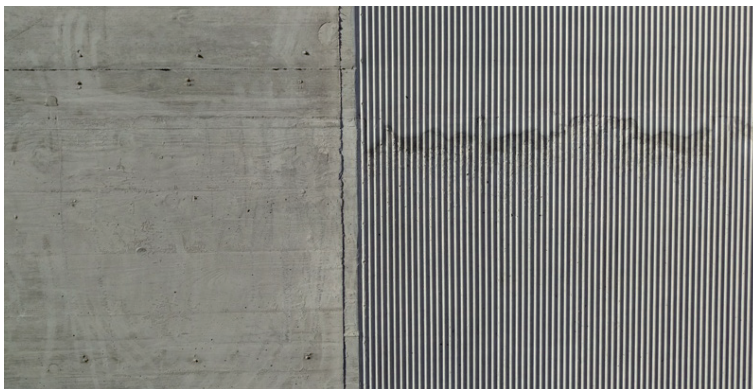
Element referencyjny (powierzchnia odniesienia, mock-up) – jest to element o wcześniej określonym kształcie i wymiarach, który został wykonany na terenie budowy i uznany za wzorzec przy odbiorze wykonywanych elementów z betonu architektonicznego.

Komentarz 1: elementem referencyjnym mogą być: fragment konstrukcji z betonu architektonicznego; element niemający być wykonany z betonu architektonicznego, który po zakończeniu

odbiorów betonu architektonicznego zostanie zakryty; specjalnie wykonany element niestanowiący części konstrukcji.

Komentarz 2: element referencyjny nie musi znajdować się w bezpośredniej bliskości z ocenianym elementem wykonanym z betonu architektonicznego.

Komentarz 3: element referencyjny może być zaakceptowany warunkowo; w tym przypadku protokół odbioru elementu powinien zawierać wyszczególnione wady, których nie powinno być na betonie architektonicznym.



Fot. 2. Efekt zastosowania sklejki trójwarstwowej i matrycy



Fot. 3. Różne rodzaje tekstury na elemencie referencyjnym

Odstęp obserwacyjny – odległość, z której najczęściej użytkownicy konstrukcji będą oglądali beton architektoniczny. Stanowi ona jednocześnie odległość dokonywania oceny wizualnej wykonania betonu w trakcie odbioru konstrukcji.

Komentarz 1: odstęp obserwacyjny nie jest odległością z jakiej okresowo dokonywana jest ocena stanu konstrukcji.

Komentarz 2: odstęp obserwacyjny należy przyjąć odpowiednio:

- dla obiektów typu PDZd (przejście dolne dla małych, średnich i dużych zwierząt), przepusty, ściany oporowe: ocena z odległości min. 20 m, przy czym ocenie podlegają tylko zewnętrzne elementy obiektów.

- dla obiektów typu PG (przejazd gospodarczy): w przypadku wyodrębnionego ciągu pieszego – z osi ciągu pieszego, a w przypadku zaś jego braku – z osi poprzecznej konstrukcji (przęsła).
- dla wiaduktów: w przypadku wydzielonego ciągu pieszego – z osi ciągu pieszego, a w przypadku zaś jego braku – z osi poprzecznej konstrukcji (przęsła).
- dla mostów: z krawędzi brzegu przeszkody wodnej, ale z odległości nie większej niż 20 m.

3. Kategorie betonu architektonicznego

W związku z powyższym wydaje się najbardziej celowym przypisanie jakości powierzchni betonu architektonicznego do trzech kategorii: o małych, średnich i wysokich wymaganiach. Szczegółowe wytyczne dotyczące tekstury, porowatości, równości zabarwienia, konieczności wykonania powierzchni próbnej, kategorii deskowania (jego jakości) oraz kosztów wykonania odnośnie poszczególnych kategorii betonu podano w tabeli 1.

Tabela 1. Kategorie betonu architektonicznego dla obiektów mostowych

		Tekstura*	Porowatość*	Równomierność zabarwienia*,**	Pow. próbna	Kategorie deskowania***	Koszty
Małe wymagania BA1****	Obiekty typu PDZd i PG (bez ciągu pieszego), przepusty, ściany oporowe	T1	P1	RZ1	dowolny wybór	KD1	niskie
Średnie wymagania BA2****	Obiekty typu PG (z ciągiem pieszym), wiadukty, mosty	T2	P2	RZ2	Zalecana	KD2	średnie
Wysokie wymagania BA3****	Kładki i inne obiekty inżynierskie w miejscach reprezentacyjnych (np. centra miast)	T3	P3	RZ3	Wymagana	KD3	wysokie/ bardzo wysokie

* Te wymogi/cechy zostały omówione szerzej w tabeli 2.

** Ogólny wygląd konstrukcji, istniejących lub nieistniejących różnic w odcieniu kolorystyki, można ocenić przeważnie po dłuższej żywotności konstrukcji (przynajmniej po kilku tygodniach).

*** Patrz: tabela 3.

**** Wymagane zabezpieczenie powierzchni środkiem antygraffiti.



Fot. 4. Zabrudzenie powierzchni przez malunki graffiti

Tabela 2. Wymagania dotyczące powierzchni betonowych architektonicznych uzyskiwanych w wyniku deskowania

Tekstura, styk elementów deskowania	T1	<ul style="list-style-type: none"> – w dużej mierze zamknięta powierzchnia z zaczynu cementowego (ewentualnie zaprawy), – zaczyn cementowy/zaprawa występujące w złączach elementów deskowania nie powinny być większe niż: szerokość do ok. 20 mm i głębokość do ok. 10 mm, – dozwolony odcisk ramy elementu deskowania.
	T2	<ul style="list-style-type: none"> – w dużej mierze jednorodna i zamknięta powierzchnia betonowa, – zaczyn cementowy/zaprawa występujące w złączach elementów deskowania nie powinny być większe niż: szerokość do ok.10 mm i głębokość ok. 5 mm (fot. 1) – dozwolony odcisk ramy elementu deskowania. <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – zapewnić ten sam rodzaj deskowania i jego przygotowania, – zapewnić czystość deskowania oraz równe nałożenie środka antyadhezyjnego, – należy ustalić sposób uszczelnienia styków deskowania, – należy ustalić rodzaj wkładek dystansowych, – zaleca się stosować te same płyty deskowań, – zaleca się przygotowanie powierzchni próbnej.

Tabela 2. Cd. Wymagania dotyczące powierzchni betonowych architektonicznych używanych w wyniku deskowania

Tekstura, styk elementów deskowania	T3	<ul style="list-style-type: none"> – gładka, zamknięta i w dużej mierze jednorodna powierzchnia betonowa – zaczyn cementowy/zaprawa występujące w złączach elementów deskowania nie powinny być większe niż: szerokość do ok. 3 mm, – dalsze wymogi odnośnie np. złącz deskowania, odcisku ramy, należy szczegółowo ustalić. <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – jak dla T2, – konieczne jest szczegółowe zaprojektowanie deskowania (styki, uszczelnienia, rozmieszczenie blatów itd.), – należy chronić deskowania przed wpływem warunków atmosferycznych, – zaleca się ustalić krótki odstęp od montażu dekowania do betonowania, – należy określić wytyczne do wykonania szczelin roboczych (listwa trapezowa, szczelina łącząca itd.), – należy sporządzić instrukcję wykonania, – należy zapewnić ochronę wykonanym elementom (zabezpieczenie naroży, ochrona przed zabrudzeniem).
Porowatość	P1	– maksymalna liczba porów (w mm ²) – ok. 3000.
	P2	<p>– maksymalna liczba porów (w mm²) – ok.1500.</p> <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sprawdzić wzajemne oddziaływanie rodzaju betonu, środka antyadhezyjnego i deskowania, – należy zapewnić ten sam rodzaj i przygotowanie deskowania, – należy zapewnić czystość deskowania i równomierne nałożenie środka antyadhezyjnego, – zaleca się przygotowanie powierzchni próbnej
	P3	<p>– maksymalna liczba porów (w mm²) ok.750**</p> <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – jak dla P2, – należy wykluczyć zmianę składu betonu, – należy wykluczyć stosowanie wody i kruszywa z recyklingu, – zaleca się przygotowanie co najmniej 2 powierzchni próbnych

Tabela 2. Cd. Wymagania dotyczące powierzchni betonowych architektonicznych użytkiwanych w wyniku deskowania

Równomierność zabarwienia	RZ1	<ul style="list-style-type: none"> – zmiana zabarwienia na odcień jasny/ciemny jest dopuszczalna – rdza i brudne zacieki są niedopuszczalne;
	RZ2	<ul style="list-style-type: none"> – równomierne, wielkopowierzchniowe zmiany odcienia na jasny/ciemny są dopuszczalne, – rdza i brudne zacieki są niedopuszczalne, – różne rodzaje powierzchni deskowania (różne sklejki) jak również różnego rodzaju materiały wykończeniowe, są niedopuszczalne. – dopuszczalna zmiana barwy powierzchni w wyniku zastosowania środka antygraffiti; – ze względu na różny wpływ środków antygraffiti na barwę wymagana akceptacja rodzaju środka przed jego zastosowaniem. <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – należy ustalić czas mieszania betonu na co najmniej 60 sekund, – należy przewidzieć wykonanie większej ilości powierzchni próbnych.
	RZ3	<ul style="list-style-type: none"> – wielkopowierzchniowe zmiany zabarwienia, spowodowane różnego rodzaju materiałami wykończeniowymi, różnorodne rodzaje powierzchni deskowania oraz – różna końcowa obróbka betonu dopuszczalna po akceptacji zmiwiającego, – niewielkie zmiany zabarwienia są dopuszczalne, – rdza, brudne zacieki, wyraźnie widoczne poszczególne warstwy układanej mieszanki, jak również zmiany w zabarwieniu są nie dopuszczalne, – konieczny jest wybór specjalnego i właściwego środka adhezyjnego. – dopuszczalna zmiana barwy powierzchni w wyniku zastosowania środka antygraffiti; – ze względu na różny wpływ środków antygraffiti na barwę wymagana akceptacja rodzaju środka przed jego zastosowaniem. <p>Dodatkowe wymagania:</p> <ul style="list-style-type: none"> – tak, jak dla RZ2, – należy uwzględnić zmianę czasu rozdeskowania wynikającą z różnych warunków atmosferycznych, – zaleca się tak zaplanować rozmieszczenie zbrojenia, aby uniemożliwić zetknięcie się buławy wibracyjnej z deskowaniem i zbrojeniem, – należy przewidzieć miejsca zrzutu mieszanki do deskowania w równych odstępach, – geometria elementów konstrukcji i układ zbrojenia musi pozwalać na szybki proces betonowania, – należy zachować w/c na poziomie ± 0.02 lub zachować konsystencję z dokładnością do ± 20 mm. <p>Uwaga! Nawet przy największej dbałości i zachowaniu zasad nie da się całkowicie uniknąć zmian odcienia betonu.</p>

*Powierzchnia porów o średnicy \varnothing w granicach $2 \text{ mm} < \varnothing < 15 \text{ mm}$.

**Powierzchnia porów na standardowej powierzchni kontrolnej o wymiarach $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$.

*** W przypadku stosowania deskowania chłonnego należy przyjąć maksymalną powierzchnię porów odpowiednio na poziomie P1 – do 3000 mm^2 , P2 – do 2000 mm^2 , P3 – do 1000 mm^2 .



Fot. 5. Słupy zabezpieczone folią niestykającą się z powierzchnią betonu

Tabela 3. Kategorie deskowania

	KD1	KD2	KD3 (duże prawdopodobieństwo jednorazowego użycia deskowania)
Otwory wiercone	dozwolone	dozwolone do napraw	niedozwolone
Otwory po gwoździach i śrubach	dozwolone	dozwolone bez odprysków	dozwolone jako miejsca napraw po uzgodnieniu ze zleceniodawcą
Uszkodzenie deskowania w wyniku działania wibratora pogrążalnego	dozwolone	niedozwolone/ dozwolone po uzgodnieniu ze zleceniodawcą	niedopuszczalne
Zadrapania	dozwolone	dozwolone jako miejsca napraw*	Dozwolone jako miejsca napraw po uzgodnieniu ze zleceniodawcą
Resztki betonu	dopuszczalne w zagłębieniach (otwory po gwoździach, kratery itd.) bez przylepionego powierzchniowo betonu	niedozwolone	niedozwolone
Zaczyn cementowy	dozwolone	niedozwolone	niedozwolone

Tabela 3. Cd. Kategorie deskowania

	KD1	KD2	KD3 (duże prawdopodobieństwo jednorazowego użycia deskowania)
Małe fałdki, pomarszczenia sklejki, znajdujące się w obszarze wiercenia, gwoździowania	dozwolone	niedozwolone/dozwolone po uzgodnieniu ze zleceniodawcą	niedozwolone
Miejscowe naprawy	dozwolone	dozwolone	niedozwolone/dozwolone po uzgodnieniu ze zleceniodawcą
Powierzchnia próbna	dowolna	zalecane wykonanie	wymagane wykonie

4. Rola projektanta/specyfikującego

Stworzenie odpowiednich wytycznych w przypadku wykonywania betonu architektonicznego jest podstawą jego prawidłowego wykonania.

W celu przeprowadzenia prawidłowej wyceny kosztów wykonania betonu architektonicznego w projekcie muszą zostać podane szczegółowe wytyczne dotyczące końcowego wyglądu powierzchni. Wymagania należy ograniczyć do najistotniejszych cech. Oprócz wybrania z tabeli 1 odpowiedniej kategorii betonu, należy podać tylko te cechy powierzchni, które będą miały wpływ na wycenę wykonania i wygląd konstrukcji. W przypadku architektonicznych betonów mostowych mogą to być: dopuszczalna szerokość rozwarcia rys, układ białów, dopuszczenie lub nie do uwidocznienia pionowych i poziomych połączeń białów, sprecyzowanie rodzaju poszycia deskowania (np. deski oheblowane, deski nieoheblowane, płyty trójwarstwowe, sklejka szalunkowa pokryta żywicą fenolową, matryce z tworzywa sztucznego). Szczegółowe wytyczne odnośnie składu betonu, obróbki i pielęgnacji powinny zostać zapisane tylko wtedy, gdy mają istotny wpływ na efekt końcowy.

Na etapie projektowania przyczółków należy przewidzieć możliwość wystąpienia zarysowań termiczno-skurczowych. Naprawa rys w tych elementach wykonanych w technologii betonu architektonicznego jest niezwykle kłopotliwą, naprawy metoda iniekcji są zazwyczaj widoczne na powierzchni betonu. Bardzo często, zastosowanie zmiany cementu portlandzkiego na cement hutniczy nie zapobiega powstawaniu rys, a jedynie ogranicza ich długość lub szerokość rozwarcia. Na etapie projektowania należy rozważyć zastosowanie przerw technologicznych w celu ograniczenia spękań termiczno-skurczowych.



Fot. 6. Rysy na powierzchni przyciółka



Fot. 7. Zabezpieczenie górnej powierzchni przyciółka



Fot. 8. Zabezpieczenie przyciółka folią bąbelkową

5. Wskazówki dotyczące zapewnienia jakości

Ze względu na brak w procesie projektowania i wykonywania dominującej roli architekta niezwykle istotne jest powołanie zespołu składającego się z przedstawicieli zamawiającego (GDDKiA), nadzoru i wykonawcy. Taki zespół będzie w stanie wypracować odpowiedni sposób przebiega całego procesu powstawania betonu architektonicznego mostowego.

Wykonywanie i ocena betonu architektonicznego mostowego jest zjawiskiem nowym na polskim rynku budowlanym, dlatego wydaje się być koniecznym przewidzenie szkolenia wszystkich osób biorących udział w procesie.

Wszelkie prace naprawcze powinny być prowadzone dopiero po ustabilizowaniu kolorystyki betonu, a więc w okresie dodatnich temperatur i po minimum dwóch miesiącach od wykonania betonu.

W celu zminimalizowania widoczności wszelkiego typu napraw należy dobrać kolorystykę zapraw naprawczych, przeprowadzić naprawę w miejscu niewidocznym i dokonać jej oceny po dwóch tygodniach od wykonania. Dopiero po akceptacji próbnej naprawy można przystąpić do naprawy właściwych elementów.

6. Ocena

Zespół składający się z przedstawicieli zamawiającego, nadzoru i wykonawcy powinien odpowiadać również za ostateczną ocenę wykonania betonu architektonicznego. Brak architekta, który mógłby rozsądzić czy wygląd betonu jest akceptowalny może prowadzić do nie przeprowadzania oceny wizualnej i skupienia się na szczegółach, które są bliższe analizie inżynierskiej. Dlatego ocena wizualna powinna być prowadzona przez komisję, a akceptacja wizualna przyjmowana większością głosów. Tego typu podejście jest jedynym sposobem na uwzględnianie odstępu obserwacyjnego w procesie oceny i na przeprowadzenie oceny wizualnej. Ten proces powinien być prowadzony po zakończeniu wszystkich prac towarzyszących, mających wpływ na wizualną stronę elementów architektonicznych.

7. Podsumowanie

Od jakości powierzchni betonu architektonicznego można oczekiwać wiele. Jednak jego wykonanie uzależnione jest od szeregu czynników, dlatego konieczne jest bardzo staranne sprecyzowanie wymagań stawianych wykonawcy. Pozwoli to nie tylko na właściwą wycenę kosztów wykonania, ale również na prawidłowe przygotowanie się i przeprowadzenie tego skomplikowanego procesu, jakim jest wykonanie betonu architektonicznego, przez każdą ze stron biorących w nim udział.

Oczywiście poruszone powyżej kwestie nie wyczerpują tematu dotyczącego wykonywania betonu architektonicznego, jednakże w swoim ograniczonym zakresie pozwalają na wypracowanie zdecydowanie bardziej inżynierskiego podejścia do przygotowania tego coraz bardziej dekoracyjnego materiału, jakim staje się beton.

Literatura

- [1] „Sichtbeton. Exposed Concrete“, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin 2004, 2008.
- [2] F. Huber, „Sichtbeton“, Zement + Beton Handels und Werbe GmbH, Österreichische Zement Industrie, Österreichische Betonvereines, Wien 1995.
- [3] ÖNORM B 2211, „Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm“, Austrian Standards plus GmbH, Wien 1998.
- [4] Christian Hofstadler, „Schalarbeiten. Technologishe Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation“, Gratz 2008.
- [5] ACI 303R-04, „Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete“, American Concrete Institute, USA 2004.
- [6] „Plain Formed Concrete Finishes“, Concrete Society, GB1999.
- [7] „Visual Concrete – Design and Production“, British Cement Association, GB1998.
- [8] „Specification and Production of Concrete Surface Finishes“, Cement & Concrete Association of New Zealand, 1989.
- [9] AS 3610-1995 „Formwork for Concrete“, Standards, Australia 1995.
- [10] CCAA T57, „Guide to Off-form Concrete Finishes“, Australia 2006.
- [11] SNZ NZS 3114, „Specification for Concrete Surface Finishes“, Standards, New Zealand 1987.
- [12] K. Kuniczuk, „Beton architektoniczny. Wytyczne techniczne“, Polski Cement, Kraków 2010.