

Beton architektoniczny stanowi szczególny rodzaj betonu umożliwiającego wykonanie elementów spełniających, zarówno wymogi konstrukcyjne, jak również estetyczne (rys. 1 i 2), bez konieczności stosowania dodatkowych zabiegów technologicznych, jak np. malowanie czy tynkowanie.

Ze względu na brak przepisów oraz norm dotyczących betonu architektonicznego ocena jakości wykonania tego rodzaju betonu jest subiektywna, co pociąga za sobą liczne problemy związane z odbiorem prac budowlanych oraz doбором receptur mieszanek betonowych. Na etapie specyfikowania wymogów związanych z estetyką powierzchni elementu architektonicznego pomocne stają się wytyczne zawarte w literaturze specjalistycznej. Wytyczne niemieckie wprowadzają podział betonu architektonicznego na cztery podstawowe klasy (tabela 1) zawierające szereg wymogów dotyczących, m.in: tekstury (tabela 2), porowatości (tabela 3), jednorodności koloru (tabela 4), równości powierzchni, przerw roboczych.



Rys. 1. Włoski pawilon wystawienniczy na tragach EXPO 2015 w Mediolanie (Włochy)



Rys. 2. Dom Astronomii (z niem. Haus der Astronomie) w Heidelbergu (Niemcy)

Tabela 1. Klasy betonu architektonicznego wg wytycznych niemieckich

Przykład			Klasa betonu architektonicznego	Wymogi stawiane powierzchni licowej elementu						Dodatkowe wymagania		Koszty	
				Tekstura	Porowatość		Jednorodność koloru		Równość powierzchni	Przerwy robocze i fugi szalunkowe	Obszar referencyjny		Klasa szalunku
					s <sup>1)</sup>	ns <sup>1)</sup>	s <sup>1)</sup>	ns <sup>1)</sup>					
Podział betonu architektonicznego ze względu na wymogi powierzchni	Niewielkie	Powierzchnie betonu z niskimi wymaganiami estetycznymi. Ściany piwnic lub obszary o przeznaczeniu głównie handlowym.	SB 1	T1	P1		FT1	FT1	E1	AF1	zwolniony	SHK1	Niskie
	Normalne	Powierzchnie betonu z normalnymi wymaganiami estetycznymi. Klatki schodowe, ściany pomocnicze.	SB 2	T2	P2	P1	FT2	FT2	E1	AF2	zalecany	SHK2	Średnie
	Wysokie	Powierzchnie betonu z wysokimi wymaganiami estetycznymi. Fasady budynków.	SB 3	T2	P3	P2	FT2	FT2	E2	AF3	szczególnie zalecany	SHK2	Wysokie
		Powierzchnie betonu o szczególnie wysokim znaczeniu estetycznym. Reprezentatywne elementy budynków.	SB 4	T3	P4	P3	FT2	FT3	E3	AF4	wymagany	SHK3	Bardzo wysokie

<sup>1)</sup>Opis: s = szalunki chłonne, ns = szalunki niechłonne

Tabela 2. Klasy tekstury

Klasa	Wymagania
T1	Powierzchnia zamknięta. Dopuszczalny wypływ zaczynu w obszarze kontaktu deskowań do około 20mm szerokości i 10mm głębokości. Dopuszczalne odbicie ram konstrukcyjnych.
T2	Powierzchnie zamknięte o dużym stopniu jednolitości. Dopuszczalny wypływ zaczynu w obszarze kontaktu deskowań do ok. 10mm szerokości i 5mm głębokości. Dopuszczalne odbicie ram konstrukcyjnych. Dozwolone klawiszowanie płyt szalunkowych do ok. 5mm.
T3	Gładkie, zamknięte powierzchnie o wysokim stopniu jednorodności. Dozwolony wypływ zaczynu do ok. 3mm szerokości. Dozwolone spoiny technologiczne do około 3mm szerokości.

Tabela 3. Klasy porowatości

Klasa	Suma powierzchni porów o średnicy 2÷15mm* [mm <sup>2</sup> ]
P1	do 3000
P2	do 2250
P3	do 1500
P4	do 750

\* pory o wielkości powyżej 15mm uznawane są za defekt, wymiary powierzchni badanej: 500mm x 500mm

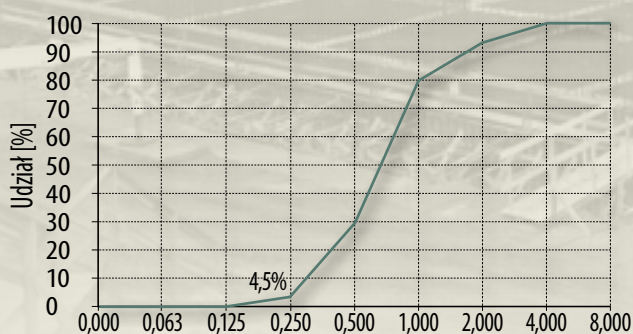


Tabela 4. Klasy jednorodności odcienia koloru

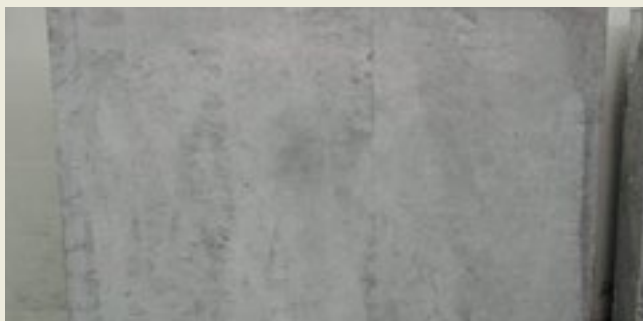
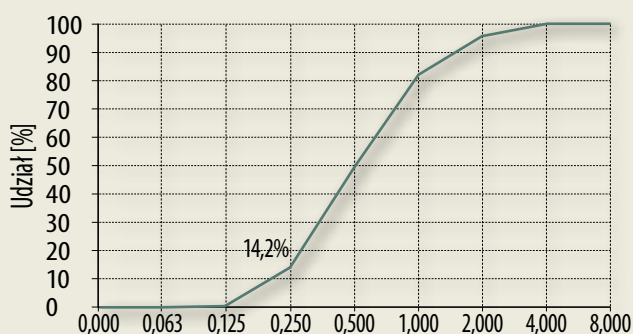
Klasa	Wymagania
FT1	Dozwolone są ciemne i jasne plamy lub powierzchnie. Zanieczyszczenia powierzchniowe oraz ślady rdzy są niedozwolone.
FT2	Dozwolone są powierzchnie o umiarkowanej różnicy w odcieniach. Zanieczyszczenia powierzchniowe oraz ślady rdzy są niedozwolone. Niedopuszczalne jest stosowanie różnych technik obróbki powierzchni oraz zmian w surowcach do produkcji mieszanki betonowej.
FT3	Dozwolone są powierzchnie o znikomej różnicy w odcieniach. Zanieczyszczenia i ślady rdzy są niedozwolone. Niedopuszczalne jest stosowanie różnych technik obróbki powierzchni oraz zmian w surowcach do produkcji betonu. Niedopuszczalne są naprawy powierzchni. Konieczne jest określenie wpływu środka antyadhezyjnego.

Uzyskanie zakładanego efektu architektonicznego zależy od wszystkich etapów realizacji konstrukcji, wliczając dobór składników betonu, odpowiednie przygotowanie deskowań (dobór środków antyadhezyjnych), zabudowę mieszanki betonowej oraz proces pielęgnacji betonu.

Dobór składników betonu powinien uwzględniać konieczność stosowania w składzie odpowiednio wysokiej zawartości frakcji drobnych (poniżej 0,125mm), wliczając zarówno frakcje pochodzące z kruszywa, jak i cement oraz dodatki. Niezwykle istotną rolę odgrywa odpowiedni dobór kruszywa frakcji 0/2mm (piasku), w którym należy zwrócić uwagę na zawartość frakcji poniżej 0,25mm. Zastosowanie piasku z niską zawartością frakcji poniżej 0,25mm może skutkować wzmożonym wydzielaniem wody (bleedingiem), zarówno powierzchniowym, jak i wewnętrznym oraz zwiększeniem udziału porów na powierzchni elementu betonowego (rys. 3 i 4). Należy także zgromadzić odpowiednią ilość składników do wykonania określonej partii elementów w technologii betonu architektonicznego (podobny kolor i odcień).



Rys. 3. Wpływ zastosowania piasku o niskiej zawartości frakcji poniżej 0,25mm (4,5%) na jakości powierzchni elementu referencyjnego



Rys. 4. Wpływ zastosowania piasku o zawartości frakcji poniżej 0,25mm wynoszącej 14,2% na jakości powierzchni elementu referencyjnego

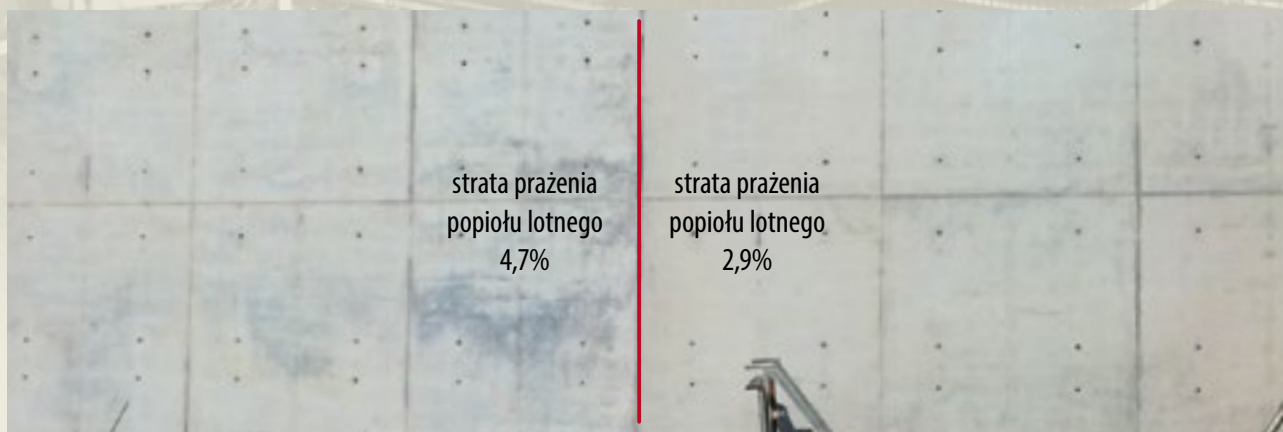
Dobór konsystencji mieszanki betonowej zależy od rodzaju oraz wymiarów wykonywanego elementu oraz od geometrii zastosowanego zbrojenia. Zazwyczaj dla mieszanek betonowych zagęszczanych mechanicznie konsystencja zawiera się w klasach **S3 do S4**, natomiast dla betonów samozagęszczalnych **SF2 do SF3**. Współczynnik wodno – cementowy (w/c) nie powinien być większy niż **0,55**. Szczególnie ważne jest, aby zachować powtarzalność konsystencji i współczynnika w/c w czasie realizacji danej konstrukcji (elementów betonowych). Dopuszczalne odchyłki konsystencji nie powinny przekraczać  $\pm 20$  mm (dla metody stożka opadowego), natomiast różnice współczynnika wodno – cementowego powinny być mniejsze od 0,02. Różnice konsystencji i współczynnika w/c mogą prowadzić do wyraźnych różnic w odcieniach poszczególnych obszarów elementu architektonicznego (rys. 5).



Rys. 5. Powierzchnia betonu z widoczną różnicą w odcieniach spowodowaną brakiem stałości konsystencji

W technologii betonu architektonicznego stosuje się dodatki poprawiające, zarówno właściwości mieszanki betonowej (konsystencję, pompowalność), jak i właściwości stwardniałego betonu (wytrzymałość na ściskanie, wodoszczelność). W kraju najbardziej rozpowszechnionym dodatkiem do betonu jest popiół lotny krzemionkowy. W przypadku stosowania popiołu lotnego w składzie betonu architektonicznego należy szczególnie zwrócić uwagę na zawartość strat prażenia, która świadczy o obecności cząsteczek niespalonego węgla w postaci koksiku o dużym rozwinięciu powierzchni. Popiół lotny krzemionkowy posiadający wysoką zawartość strat prażenia absorbuje składniki ciekłe mieszanki betonowej, w tym domieszki chemiczne, powodując szybką utratę właściwości reologicznych oraz obniżenie trwałości betonu. Zawarty w popiele lotnym niespalony węgiel, zmienia barwę powierzchni betonu prowadząc do zmiany odcienia fragmentów powierzchni (rys. 6).

Z tego względu, w betonach architektonicznych klas SB3 oraz SB4, należy zapewnić powtarzalność właściwości popiołu lotnego stosowanego na poszczególne elementy, a jego ilość w składzie betonu należy ograniczyć do minimum wynikającego z potrzeby uzyskania odpowiedniego efektu powierzchni i właściwości reologicznych mieszanki betonowej.



Rys. 6. Zmiany zabarwienia powierzchni betonu spowodowane różną wartością strat prażenia w popiele stosowanym w poszczególnych partiach betonu

Ze względu na specyfikę betonów architektonicznych w klasie SB2 zalecane, a w klasach SB3 i SB4 wymagane jest wykonanie elementu referencyjnego, w odniesieniu do jakości którego, oceniane będą pozostałe elementy. Wykonanie elementu referencyjnego powinno odbyć się z wykorzystaniem zakładanej receptury mieszanki betonowej oraz techniki zagęszczenia i pielęgnacji, które mają być zastosowane na późniejszych etapach prac.

W klasach betonu architektonicznego SB3 i SB4 należy zapewnić również stałość składu betonu (pod kątem ilościowym i jakościowym) w czasie realizacji obiektu.

Na etapie wykonawstwa betonu architektonicznego należy zwrócić szczególną uwagę na:

- jakość zastosowanego deskowania, szczególnie płyt poszycia (ubytki, zarysowania, itd.),
- odpowiednie pokrycie lakierem ciętych krawędzi płyt deskowania,
- oczyszczenie deskowania, w szczególności usunięcie resztek z prac zbrojarskich,
- zastosowanie dodatkowych uszczelnień szalunków zapobiegających wypływowi zaczynu cementowego,
- odpowiedni dobór i aplikację środka antyadhezyjnego,
- stosowanie na danej powierzchni płyt szalunkowych pochodzących od jednego producenta.





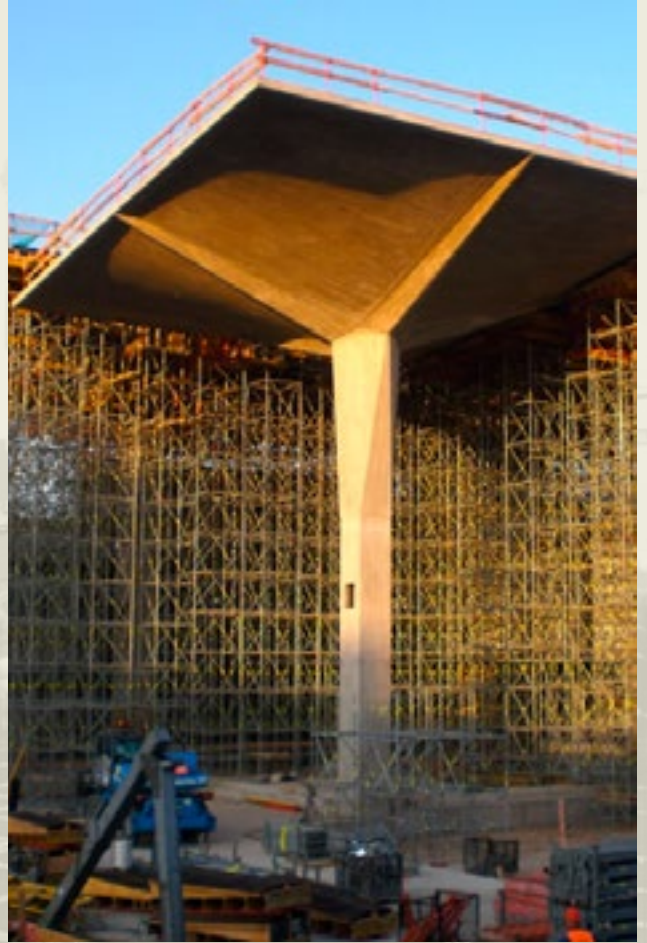
*Rys. 7. Centrum badań i rozwoju grupy HeidelbergCement AG w Bergamo (Włochy)*



*Rys. 8. Kościół Boga Ojca Miłosiernego w Rzymie (Włochy)*



Rys. 9. Teatr Nowy w Pilźnie (Czechy)



Rys. 10. Betonowe kielichy na dworcu w Katowicach (Polska)



Rys. 11. Sala koncertowa w Blaibach (Niemcy)