



Kompozycja z drewna, szkła i betonu uatrakcyjnia budynek

fol. Grzegorz Kijewski

O betonie architektonicznym słów kilka...

W Japonii architekt jest osobą, której słuchają na placu budowy. Jak powie, że należy zbudować szalunki na nowo, to robotnicy to robią. – Jak byłem w tamtym roku na warsztatach w Magorii, dowiedziałem się, że japoński architekt Tadao Ando, który jest furiatem i samoukiem, jak przychodził na budowę, to mógł pobić kierownika budowy bądź innych i nic mu nie zrobili. Tylko za to, że go nie posłuchali – mówi architekt Piotr Lewicki. – W Polsce niestety jest odwrotnie. Na placu budowy architekci są uważani za persona non grata. Brakuje nam dużo do Japonii, w której prace wykonywane są dokładnie, precyzyjnie i skrupulatnie. Może dlatego u nich uzyskanie idealnie gładkiej powierzchni betonu, bez żadnych defektów powierzchni, nie stanowi większego problemu.

Historia betonu architektonicznego jest tak długa jak cementu. Już w połowie XIX wieku architekci otrzymali materiał zbliżony swymi właściwościami do kamienia naturalnego, lecz dający się znacznie łatwiej formować i umożliwiający tworzenie konstrukcji monolitycznych. Widać to na tamach, murach oporowych, filarach mostowych, silosach na materiały sypkie, itd. Jednak zostawienie odsłoniętej powierzchni betonu, która będzie przyciągała

uwagę swym wyglądem, jest trudne do osiągnięcia, przynajmniej w naszych realiach.

Brak jakichkolwiek unormowań w zakresie betonu architektonicznego

W Polsce nie ma żadnej normy, która definiowałaby pojęcie betonu architektonicznego. W Austrii taką definicję możemy znaleźć w normach ÖNOR B 4200, część. 10 oraz ÖNOR B 2211, które definiują beton architektoniczny jako materiał, którego *powierzchnia w całości lub w części posiada uprzednio określony wygląd oraz którego wygląd nie jest naruszony przez części zakładane (rurki wypełniające, zaślepienia rur kotew, wkładki dystansowe itp.), rozmieszczone w sposób nieokreślony projektem.*

Jest to definicja bardzo rozległa, jednak narzuca nam pewne wymogi, których musimy przestrzegać. Wynika z niej, że już w projekcie danej konstrukcji określamy dokładnie wymogi odnośnie wyglądu zewnętrznego takiego betonu, tzn. kolor, rodzaj powierzchni – np. gładka, chropowata, struktura słoików drewna itp. W Polsce architekci chcący wykorzystać tę technologię zostają wrzuceni na głęboką wodę, nie mając unormowań w naszym kraju, najczęściej korzystają z opracowań zagranicznych. Poniżej przybliżę tematykę wybranych zagadnień normy austriackiej.

Tabela 1. Prefabrykaty – dopuszczalne odchylenia

Lp.	Zakres stosowania	Klasa tolerancji	Dopuszczalne odchylenia od wymiarów w projekcie [mm]				
			<0,6 m	0,6-1,6 m	1,6-10 m	10-24 m	>24 m
1.	Długości i szerokości elementów konstrukcji, elementy ścian i sufitów	1	± 10	± 16	± 20	± 24	± 32
2.		2	± 8	± 10	± 12	± 20	± 24
3.	Grubości płyt ściennych i elementów sufitów	1	± 12				
4.		2	± 10				
5.	Wymiary przekroju belek, słupów, podpór	1	± 10	± 16	± 24		
6.		2	± 8	± 10	± 20		

Norma ÖNOR B 2211

Określa cechy powierzchni dotyczące wielkości odchylek wymiarów, porowatości powierzchniowej, struktury powierzchni, jednolitości barwy oraz innych.

A) Dopuszczalne są odchyłki w wymiarach i równości powierzchni, które nie przekraczają odchyłek zawartych w tabelach 1 i 2.

B) Porowatość powierzchni

Określa zawartość porów, zawierających się w granicach od 1 do 15 mm, na powierzchni betonu reprezentatywnego o wymiarach 50x50 cm. Pory nie mogą przekraczać 0,3% tej powierzchni. Odpowiada to powierzchni 7,5cm² i odpowiada jednemu porowi o średnicy 15 mm. Niedopuszczalna jest obecność porów powierzchniowych o średnicy większej niż 15 mm. Pory poniżej 1 mm nie wpływają istotnie na wygląd powierzchni i nie są brane pod uwagę.

C) Struktura

Wyróżnia 5 klas, które umożliwiają wykorzystanie szalunków lub deskowań, odpowiadających wymaganiom, aby uzyskać beton o pożądanej fakturze.

Klasa S1. Gładka, zamknięta powierzchnia betonu. Sąsiadujące ze sobą elementy szalunku muszą być tak szczelne, że w miejscu ich łączenia, na powierzchni betonu, występują pasy szerokości nie większej niż 1 cm będące pozostałością po mleczku cementowym/drobnej zaprawie. Karb tak spowodowany jest dopuszczalny.

Klasa S2, jak S1, z tym że połączenia pomiędzy sąsiadującymi ze sobą elementami szalunków muszą być tak szczelne, że w miejscu ich kontaktu na powierzchnię betonu nie może przedostać się mleczko cementowe/drobna zaprawa, a karby tym spowodowane są niedopuszczalne.

Klasa S1A, jak S1, ale przy użyciu określonego rodzaju szalunku podanego w wytycznych wykonawczych (np. ulepszonego powierzchniowo, wielowarstwowych płyt drewnianych, wygładzonego heblowania, o szczelnych złączach szalunku drewnianego, szalunku stalowego).

Klasa S2A, jak S2, ale przy użyciu określonego rodzaju szalunku podanego w wytycznych wykonawczych (np. ulepszonego powierzchniowo, wielowarstwowych płyt drewnianych, wygładzonego heblowania, o szczelnych złączach szalunku drewnianego, szalunku stalowego).

Klasa S3. Powierzchnia wykształcona strukturoaniem albo wyciskaniem według żądanego wzoru (np. chropowaty jak po pile, widoczne słoje drewna, beton płukany, naniesione matrycą specjalne wzory). Ślady po połączeniach pomiędzy sąsiadującymi ze sobą elementami szalunków muszą być tak szczelne, że w miejscu ich kontaktu na powierzchnię betonu nie może przedostać się mleczko cementowe/drobna zaprawa.

D) Jednolitość barwy

Niedopuszczalne są przebarwienia spowodowane rdzą, nieodpowiednią pielęgnacją, zastosowaniem kruszywa różnego pochodzenia. Również przebarwienia liniowe, spowodowane odwzorowaniem zbrojenia, są wadą betonu architektonicznego.

Co zrobić, aby uzyskać oczekiwany efekt?

Aby uzyskać efekt zadowalający, należy przestrzegać reżimu technologicznego produkcji tego materiału. Składa się na to wiele czynników, wśród których należy wymienić:

- zestawienie takiej krzywej uziarnienia, która umożliwi szczelne wypełnienie formy. Kruszywo ma spełniać wymagania normy PN-EN 12620
- stosowanie tego samego rodzaju cementu na całym obiekcie, aby uniknąć różnic w kolorze elewacji
- odpowiedniej jakości woda, dopuszczona do stosowania polskimi normami
- używać wysokiej jakości dodatków mineralnych (granulowanego żużla wielkopiecowego, popiołów lotnych, mączki wapiennej i innych), które powodują poprawę właściwości świeżej mieszanki betonowej (brak zjawiska bleedingu, poprawa urabialności, zmiana zabarwienia powierzchni) oraz wpływają na parametry fizykochemiczne betonu stwardniałego
- w razie potrzeby wykorzystywać domieszki o odpowiednio wysokiej jakości i spełniającej wymagania pakietu norm PN-EN 934



- spełnienie wymagań surowcowych w dużym stopniu przyczynia się do uzyskania betonu odpowiednio wysokiej jakości, aby nie powstawały problemy podczas wbudowywania mieszanki. Istotne jest zrozumienie procesów zachodzących podczas procesów twardnienia i wiązania, aby docelowo receptura betonu architektonicznego została opracowana perfekcyjnie. Oczywiście powinniśmy przestrzegać wymagań zawartych w normie PN-EN 206-1. Projektowanie receptury betonu jest procesem długotrwałym i wymaga fachowego przygotowania i czasu. Należy brać to pod uwagę, by uniknąć sytuacji, w której jutro mamy wbudowywać beton, a receptura nie jest jeszcze ostatecznie opracowana
- użycie odpowiedniego szalunku. Wytrzymałość szalunku, a co za tym idzie niewielką odkształ-

Wyszlifowany beton daje interesujący efekt

Tabela 2. Równość (jako rozstaw punktów pomiarowych przyjmujemy rozstaw punktów, w których tęta styka się z powierzchnią ściany, stropu, sufitu itp.)

Lp.	Elementy budowli	Klasa tolerancji	Dopuszczalne odchyłki przy rozstawie punktów pomiaru [mm]	
			2,5 m	4,0 m
1.	Szalowane powierzchnie betonowych sufitów i ścian	E 1	± 16	± 20
2.		E 2	± 8	± 12
3.	Ściągnięte łąką powierzchnie stropów itp.	E 3	± 20	± 24

całość, można uzyskać przez dostateczną ilość ściągów, przy równoczesnym zastosowaniu odpowiednio sztywnych konstrukcji wsporczych dla tych szalunków. Do określenia sił działających uwzględniamy szybkość układania świeżej mieszanki betonowej, jej konsystencję i czas wiązania, dodatkowo sposób zagęszczania i oczywiście grubość i wysokość wbudowywanego elementu. Powierzchnia szalunku jest odwzorowaniem powierzchni betonu architektonicznego i zawsze jest lepsza od powierzchni betonu. Stąd bardzo istotny jest wybór szalunku i jego jakości. Należy zwracać uwagę, by nie dopuścić do ich rozszczelnienia. Szczególnie ważne jest to w przypadku deskowań drewnianych, które są narażone na wpływ warunków atmosferycznych. Naroża powinny być zaokrąglone, w celu uniknięcia uszkodzeń, np. podczas zdejmowania szalunków.

- korzystanie z wysokiej jakości środków antyadhezyjnych. Zdarzają się już środki, które dedykowane są betonowi architektonicznemu. Najlepszymi są preparaty, które po nałożeniu na powierzchnię szalunku wysychają (ich zasada działania oparta jest na sieciowaniu polimerów). Ograniczają wówczas osadzanie się pyłów i sprzyjają powstawaniu mniejszej ilości porów. Należy zwracać szczególną uwagę na równomierne rozprowadzenie tych środków na powierzchni deskowania.
- odpowiednie umiejscowienie zbrojenia. Musimy zachować minimalną otulinę stali zbrojeniowej. W przeciwnym razie zmniejszy trwałość elementu, a po kilku latach mogą pojawić się przebarwienia powierzchniowe pochodzące od rdzy.
- wbudowywanie świeżej mieszanki betonowej. Proces mieszania winien być przedłużony o 50% w stosunku do betonu konstrukcyjnego, co ma zapewnić wysoką jednorodność mieszanki. Najlepiej zaplanować prace budowlane, tak aby pierwsze mieszanie wykorzystał na beton konstrukcyjny (prawdopodobieństwo uzyskania różnego zabarwienia betonu) i kontynuować do momentu skończenia wbudowywania mieszanki betonowej w element. Transport betonu z wężła musi przebiegać bez żadnych przestojów na placu budowy. Samo betonowanie ma przebiegać bez postojów, z zachowaniem odpowiedniego zagęszczania i bardzo starannie.

Spełnienie powyższych wytycznych może doprowadzić do uzyskania oczekiwanego efektu. Musimy pamiętać, że nieprzestrzeżenie choćby jednego etapu w całym procesie technologicznym może przynieść efekt odwrotny od spodziewanego.

Poprzez uzyskanie światłocieni na falistej elewacji można zmniejszyć niedokładności wykonania

Mamy do wyboru Etiopię albo Japonię

– Nie wiem, czy pan widział budynek Ambasady Holandii w Etiopii, którego elewacja jest wykonana z betonu barwionego w szalunku drewnianym. Wszelkie wady powierzchni schowane są w strukturze powierzchni i nie widać niedoróbek w wykonawstwie. Mamy więc do wyrobu pójść właśnie w Etiopię lub w Japonię, gdzie powierzchnia elewacji betonowych jest idealnie gładka – mówi Piotr Lewicki. – W Polsce próby uzyskania betonu architektonicznego często kończyły się fiaskiem. Brakuje nam wykonawców, którzy będą na tyle mocno przestrzegać reżimu technologicznego, aby efekt końcowy był właściwy. Można pokusić się o stwierdzenie, że na 10 prób tylko jedna jest zadowalająca. Wykonawcy robią podstawowe błędy w postaci zastosowania nieodpowiednich środków antyadhezyjnych, niewłaściwego zagęszczenia, doboru niewłaściwej mieszanki betonowej oraz braku odpowiedniego dozoru podczas wbudowywania – dodaje.

Późniejsze usunięcie wad elewacji budynków jest bardzo kosztowne i przewyższa koszty samego betonu architektonicznego. Naprawy najczęściej odbywają się poprzez uzupełnianie bruzd i ubytków masami wypełniającymi. Uzyskany efekt niejednokrotnie jest znacznie bardziej niekorzystny niż zostawienie tych niedoróbek. Oczywiście zastosowanie innych zabiegów naprawczych jest niejednokrotnie droższe, ale obróbka powierzchni, np. poprzez piaskowanie, szlifowanie, daje efekt, który można zaakceptować.

Niestety, wszelkie zmiany przeprowadzone na budowie muszą zostać wprowadzone do projektu wykonawczego, co pociąga za sobą dodatkowy czas i koszty.

W polskich realiach najbardziej rozsądnym wyjściem jest stosowanie prefabrykacji betonowej w przypadku, gdy chcemy uzyskać elementy o gładkiej powierzchni. Problemem jest wysoki koszt takiej prefabrykacji, wynoszący około 600 PLN/m², co jest porównywalne z ceną bardzo dobrej jakości kamienia elewacyjnego.

Co zrobić, aby to zmienić

Przede wszystkim wprowadzić normę na beton architektoniczny, a przynajmniej wytyczne dotyczące przebiegu całego procesu technologicznego. Z reguły na placu budowy wykonawcy wbudowują beton architektoniczny jak zwykły beton. Opieranie się na tłumaczeniach norm z innych państw lub innych opracowań przy przygotowywaniu specyfikacji technicznej jest niewystarczające. Problemem jest również wymuszanie na wykonawcy odpowiedniego wykonania, nie mając za sobą unormowań prawnych.

A co najważniejsze, jeżeli zmienimy kulturę pracy na placu budowy, może okazać się to wystarczające.

mgr inż. Grzegorz Kijowski

Opracowano na podstawie tłumaczenia „SICHT-BETON” autorstwa Janusza M. Karwackiego oraz rozmowy przeprowadzonej z Piotrem Lewickim i Kazimierzem Łatakem z Biura Projektów Lewicki-Łatak



fol. Grzegorz Kijowski