

dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek¹⁾

Kształtowanie jakości gładkiego betonu architektonicznego

DOI: 10.15199/33.2015.09.06

Beton architektoniczny, jak żaden inny, wymaga odpowiedniego doboru składników zarówno pod względem ilości, jak i jakości, ale również wykonawczej precyzji i staranności w celu odwzorowania założonego projektu i wizji architekta. Wykorzystanie odpowiednich materiałów oraz przestrzeganie zasad projektowania i wykonywania pozwala wykorzystać efekty synergii i niejednokrotnie stworzyć dzieła architektoniczne niemożliwe do uzyskania z żadnego innego materiału. Beton architektoniczny (nazywany też licowym, fasadowym, elewacyjnym, czy strukturalnym) to widoczna powierzchnia betonowa, która nie podlega wykończeniu powłokami kryjącymi, dla której zostały określone szczególne wymagania dotyczące wyglądu, m.in. kształtu, faktury, tekstury i koloru pozwalające uzyskać zamierzony efekt architektoniczno-plastyczny.

Specyfikacja betonu architektonicznego

Pierwszym krokiem w kierunku uzyskania projektowanej jakości betonu architektonicznego jest właściwa specyfikacja wymaganych cech. Przy jej tworzeniu uwzględnia się najczęściej ustalenia i wymagania dotyczące jakości powierzchni betonu zawarte w niemieckich wytycznych, które dzielą betony licowe na cztery klasy pod względem jakości wykonywanej powierzchni [1]. Pomocne mogą być również wytyczne wydane w Polsce [2].

Opis wymaganej powierzchni z betonu architektonicznego nie jest łatwy, zarówno z uwagi na brak krajowych przepisów i norm, jak również z powodu niemierzalnego charakteru niektórych cech wyglądu betonu, takich jak gładkość, matowość i jednorodność kolorystyczna powierzchni. Z tego powodu w praktyce wykonywanie betonu architektonicznego wiąże się z wieloma problemami i sytuacjami spornymi, których niejednokrotnie można uniknąć przez odpowiednie przygotowanie inwestycji. Kluczem do sukcesu jest właściwa organizacja procesu wykonywania betonu architektonicznego zapewniona przez odpowiedni „zespół realizacji betonu architektonicznego” (najlepiej jeszcze w fazie przedprzetargowej inwestycji). W skład takiego zespołu powinni wchodzić przedstawiciele inwestora, architekta i projektanta konstrukcji, ale również projektanta i dostawcy desek, wykonawcy robót budowlanych, dostawcy mieszanki betonowej (ewentualnie również środków antyadhezyjnych). Celem zespołu jest opracowanie pełnej specyfikacji wykonawczej betonu architektonicznego, która będzie efektem prac laboratoryjnych i polowych oraz wynikających z nich wszelkich ustaleń dotyczących właściwego wykonania betonu architektonicznego, w tym: wyglądu powierzchni; wymiarów i geometrii elementów; układu zbrojenia; otuliny; doboru systemu desek; poszycia płyt deskowaniowych oraz środków antyadhezyjnych; właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu; warunków transportu mieszanki betonowej, technologii betonowania, w tym pielęgnacji i zabezpieczenia powierzchni. Wszystko to powinno znaleźć się w Szczegółowej Specyfikacji Technicznej dotyczącej realizacji betonu architektonicznego. Jeśli jednak taka specy-

fikacja powstała w okrojonej formie, to zespół realizacji betonu architektonicznego powinien doprowadzić do jej uszczegółowienia. W specyfikacji powinny znaleźć się również uzgodnienia dotyczące przeprowadzenia próby w skali technicznej (element w skali 1: 1) na budowie, która służy poznaniu zdolności realizacyjnych i możliwości uzyskania specyfikowanych, akceptowalnych cech betonu architektonicznego w elementach i stworzeniu mierzalnego wzorca do oceny i odbioru konstrukcji z betonu architektonicznego.



Przykłady realizacji obiektów z betonu architektonicznego w Polsce: a) Prosta Tower w Warszawie; b) Muzeum Lotnictwa w Krakowie
[Źródło: Wikipedia; <http://grcservice.pl/project/muzeum-lotnictwa-krakow/>]

Czynniki wpływające na estetykę

Beton architektoniczny jest odpowiedzią na poszukiwanie naturalności, dlatego też obecnie jest tworzywem często wykorzystywanym przez wielu architektów. Można wręcz powiedzieć, że panuje moda na gładki beton licowy, który wymaga szczególnej uwagi przy projektowaniu oraz umiejętności wykonawczych, gdyż każdy błąd uwidoczni się w postaci nierówności powierzchni, przebarwień, plam, odprysków, deformacji, porów powierzchniowych, rys itp., opisanych w [3]. Wymienione defekty struktury betonu mogą mieć swoje źródło w czynnikach: materiałowych (np. skład betonu, jakość składników); projektowo-konstrukcyjnych (np. zbrojenie, otulina) oraz technologicznych (przebieg betonowania, pielęgnacja).

Barwa betonu licowego zależy od składu mieszanki betonowej, w tym głównie od koloru cementu, który może mieć różną kolorystykę w skali szarości, w zależności od rodzaju, klasy wytrzymałości i miejsca produkcji. W celu uzyskania jednolitego zabarwienia powierzchni betonu należy stosować cement pochodzący z jednej cementowni, a najlepiej z tej samej partii. Cementy z popiołami lotnymi mogą powodować różnice kolorystyczne na powierzchni betonu. Często wybierane są cementy hutnicze lub z dodatkiem żużla, gdyż pozwalają na uzyskanie jasnych betonów. Zastosowanie cementu białego daje dużo większe możliwości uzyskania atrakcyjnej i jednolitej kolorystycznie powierzchni niż w przypadku cementów powszechnego użytku. Dotyczy to szczególnie betonów barwionych w masie. Rodzaj kruszywa ma znacznie mniejszy wpływ

¹⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej;
e-mail: w.jackiewicz-rek@il.pw.edu.pl

na wygląd powierzchni, ale podczas stosowania jasnego cementu i ciemnego kruszywa mogą powstawać cienie na gładkiej powierzchni betonu. Bardziej istotna jest barwa piasku. Niedopuszczalne są zanieczyszczenia organiczne oraz minerały ilaste w kruszywie, dlatego też najczęściej wymagany jest piasek płukany, natomiast nie wolno stosować kruszywa z recyklingu i odpadowego. Plamy na powierzchni betonu mogą powstawać również w wyniku niewłaściwie zaprojektowanego i wykonanego zbrojenia. W przypadku niezachowania minimalnego odstepu między powierzchnią deskowania a zbrojeniem mieszanka w czasie betonowania będzie dociskać zbrojenie do deskowania. Niewykluczone, że powstaną wtedy odpryski w wyniku rdzewienia zbrojenia. W przypadku betonu licowego wymagana grubość otuliny jest większa niż w przypadku zwykłego betonu zbrojonego (np. 40 mm wg ACI). Rdza na powierzchni betonu może mieć również źródło w niestaranności przygotowania deskowania przed betonowaniem (pozostawione gwoździe, druty, czy inne elementy metalowe, które prędzej czy później ukazą się na powierzchni betonu w postaci rdzawych plam [4]).

Przy projektowaniu betonu architektonicznego **należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednią konsystencję mieszanki betonowej**. Nie powinna być ona zbyt gęsta, gdyż na powierzchni powstaną pory, natomiast zbyt ciekła może być przyczyną niepożądanego segregacji. **Konieczny jest właściwy dobór uziarnienia kruszywa i zawartości drobnych frakcji**, które wzbogacane są dodatkami mineralnymi. Dobrym rozwiązaniem, często wykorzystywanym w praktyce, jest stosowanie mieszanek betonowych samozagęszczalnych (SCC) lub prawie samozagęszczalnych (ASCC) do formowania idealnie gładkich, często o skomplikowanym kształcie elementów z betonu architektonicznego. Należy pamiętać, że nawet małe, lokalne zmiany wartości w/c w mieszance betonowej (nawet 0,01) skutkują powstawaniem różnego zabarwienia powierzchni betonu. Beton o mniejszej wartości w/c ma kolor ciemniejszy, a beton o większym w/c – jaśniejszy. Takie różnice można zaobserwować w przypadku nieszczelności na stykach płyt szalunkowych, gdzie na skutek wycieku mleczka cementowego przez styki, barwa betonu jest znacznie ciemniejsza. Od chłonności i szczelności deskowania zależy ilość odciągniętej wody z betonu, a w rezultacie wartość stosunku wody do cementu w powierzchniowej warstwie betonu. **Bardzo istotne jest zapewnienie szczelności deskowania** (przez gumowe uszczelki, taśmy, masy uszczelniające), które pozwolą na uniknięcie plam, przebarwień, porów i jam skurczowych oraz zapobiega późniejszemu pyleniu powierzchni betonu. Ważnym zagadnieniem jest również **właściwy dobór poszycia deskowania**. Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań wykończenia wielowarstwowej sklejki, które gwarantują uzyskanie wymaganej jakości powierzchni, o określonym stopniu gładkości.

Osobnym zagadnieniem są przerwy robocze i ślady połączeń elementów deskowania (odciski sklejki, otwory po ściągach). Nie musi to jednak stanowić problemu, gdyż przy zaplanowanym rozmieszczeniu poszczególnych elementów deskowania i dostępnych akcesoriach, powierzchnie betonu można optycznie kształtować, podkreślając lub ukrywając niektóre detale [5].

Kluczową rolę w kształtowaniu wyglądu betonu architektonicznego pełnią **środki antyadhezyjne do desekowań**. Do gładkich betonów licowych powinny być stosowane preparaty na bazie wosku lub parafiny, które umożliwiają uzyskanie powierzchni betonowych szczególnie gładkich i czystych, a jednocześnie wydobywanie powietrza po ściankach deskowania, zmniejszając tym samym porowatość powierzchni betonu. W tym względzie istotne są nie tylko właściwości środka antyadhezyjnego, ale również sposób jego nanoszenia, ilość na powierzchni (nadmiar jest bardziej niekorzystny niż niedobór) i tzw. czas aktywności preparatu. Środek antyadhezyjny przedłuża ponadto żywotność deskowania i zabezpiecza powierzchnię licową poszycia przed ścieraniem i uszkodzeniami, co jest szczególnie istotne w przypadku wielokrotnego używania poszycia desko-

wania, gdyż stosowanie uszkodzonych lub nierównomiernie zużytych płyt deskowaniowych powoduje różną jakość powierzchni po rozformowaniu. Staranne nanoszenie i usuwanie nadmiaru preparatu w celu uzyskania jak najcieńszej warstwy, jednakowej grubości filmu na całej powierzchni deskowania gwarantuje gładką i jednolitą powierzchnię po rozdeskowaniu.

Bardzo duży wpływ na końcowy efekt ma **pielęgnacja betonu**, która powinna być tak prowadzona, aby zminimalizować ryzyko skurczu, a jednocześnie tak, aby działanie wody na powierzchnię nie powodowało zmian jej wyglądu. W zależności od rodzaju elementu przyjmuje się różne jej formy: przetrzymywanie w deskowaniu, owijanie stale nawilżaną włókniną, natrysk preparatu błonotwórczego na bazie wosków, zabezpieczenie folią po rozformowaniu.

Ocena jakości powierzchni

Do wstępnych ustaleń realizacyjnych betonu architektonicznego należy uzgodnienie warunków oceny jakości betonu w konstrukcji, czyli m.in. odległości obserwacyjnej i oświetlenia. Najlepiej jeśli odległość obserwacyjna jest zbliżona do tej, z której najczęściej użytkownicy konstrukcji będą oglądali powierzchnie betonowe (np. 20, 8, 1 m) [6].

Kryteria oceny betonu architektonicznego powinny zostać ustalone i zaakceptowane w początkowej fazie realizacji inwestycji. Podstawą uszczegółowienia kryteriów oceny betonu architektonicznego w konstrukcji powinien być zaakceptowany element wzorcowy wykonany w skali 1 : 1 na budowie. Na jego podstawie (oraz specyfikacji) prowadzona jest ocena zgodności jakości wykonanych elementów z wymaganiami. Końcowa ocena powinna kończyć się jednoznacznym stwierdzeniem, czy przedmiot oceny jest zgodny, czy nie, z zapisami specyfikacji i zatwierdzonym elementem próbnym.

Uzyskaniu zgodności efektów estetycznych z wymaganiami służy także dokładniejsza kontrola betonu, niż to wynika z wymagań normowych dotyczących zwykłego betonu. Powinna ona obejmować badanie jakości i powtarzalności zarówno składników do produkcji mieszanki betonowej, jak i betonu na poszczególnych etapach jego powstawania, tj. w węźle betoniarskim, podczas transportu i na budowie tuż przed wbudowaniem, układania i zagęszczania, pielęgnacji, zabezpieczenia. Konsystencja mieszanki betonowej powinna być kontrolowana w miarę możliwości w przypadku każdego betonowozu. Pozwala to uniknąć wbudowania mieszanki o innych właściwościach, czego konsekwencją mogłyby być niepożądane efekty na powierzchni betonu. Ponadto bardzo istotnym punktem kontroli powinien być przebieg pielęgnacji wbudowanego betonu i ochrona wykonanych fragmentów konstrukcji przed uszkodzeniami i zabrudzeniami wtórnymi.

Pomimo trudności realizacyjnych powstaje w Polsce wiele obiektów, w których beton kształtuje nie tylko formę, ale również klimat, nastrój i potęgę budynku.

Literatura

- [1] Merkblatt Sichtbeton. Planung, Ausschreibung, Vertragsgestaltung, Ausführung und Abnahme, BDZ / DBV 2004.
- [2] Kuniczuk K., Beton architektoniczny. Wytyczne techniczne, Polski Cement, 2011.
- [3] Jackiewicz-Rek W., Woyciechowski P., Wady betonu architektonicznego w konstrukcji, Materiały Budowlane, 2/2014.
- [4] Jackiewicz-Rek W., Woyciechowski P., Technologiczno-materiałowe warunki kształtowania gładkiej powierzchni betonu architektonicznego, Materiały II Ogólnopolskiej konferencji „Problemy realizacji inwestycji”, Puławy, 2004.
- [5] Dziegielewski P., Byrka G., Architektura, beton, deskowania – wyzwania i możliwości w świetle współczesnych realizacji, Dni Betonu, 2014.
- [6] Jackiewicz-Rek W., Kuniczuk K., Ocena jakości betonu architektonicznego w konstrukcji, Inżynier Budownictwa 11, 2013.

Przyjęto do druku: 29.07.2015 r.