ARCHITEKTURA
CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
ARCHITECTURE
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
2-A/1/2011
ZESZYT 11
ROK 108
ISSUE 11
YEAR 108

MARCIN GŁUCHOWSKI*

ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGII BETONU W KSZTAŁTOWANIU ARCHITEKTURY

APPLICATION OF MODERN CONCRETE TECHNOLOGY SOLUTIONS IN FORMING OF ARCHITECTURE

Streszczenie

Artykuł przedstawia nowoczesne rozwiązania z użyciem technologii betonu, dotyczące m.in. formuły SCC (Self-Compacting Concrete) – beton samozagęszczalny oraz SCC (Self-Cleaning Concrete) – beton samooczyszczający się. Trwałość i niezawodność oraz komfort w użytkowaniu tej technologii może korzystnie wpłynąć na rozwój współczesnych rozwiązań projektowych.

Słowa kluczowe: beton architektoniczny, beton samozagęszczalny, beton samooczyszczający się, architektura betonowa, technologia betonu

Abstract

This paper presents innovative solutions using concrete technology for including formula SCC – Self-Compacting Concrete and SCC – Self-Cleaning Concrete. Durability, reliability and comfort in the use of the above technologies may be beneficial for the development of modern design solution.

Keywords: architectural concrete, self-compacting concrete, self-cleaning concrete, concrete architecture, concrete technology

* Mgr inż. arch. Marcin Głuchowski, doktorant w Instytucie Projektowania Architektonicznego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1. Wstęp

„Sztuka budowania rzeczy dziś nie jest wyrażeniem plastycznym jakiegoś określonego ideału. Jest wyrażeniem każdego ideału, któremu architekt potrafi nadać formę". Możliwości nadania odpowiedniej formy w realizacji projektów stają się coraz większe.

Beton jest bardzo często stosowany przez architektów do kształtowania przestrzeni. Architekt może bowiem używać materiału już nie tylko jako warstwy konstrukcyjnej, ale także elewacyjnej – wykończeniowej, stosując ją na zewnątrz i wewnątrz budynku oraz małej architektury. Nowoczesne technologie pozwalają na uzyskanie materiału o różnorodnej grubości, zaczynając już od 1,5 cm (beton zbrojony włóknem szklanym), różnym odcieniu kolorystycznym, czy też fakturze. Posiadamy duże możliwości technologiczne zarówno jeśli chodzi o beton wylewany bezpośrednio na budowie oraz betonowe prefabrykaty.

Różnorodność wytwarzanych betonowych elementów prefabrykowanych wiąże się z nowymi technologiami systemów mocowania. W celu uzyskania bardzo dobrego efektu wizualnego i jakościowego elementy mocujące muszą być tak samo trwałe, jak elementy betonowe.

Artykuł przedstawia nowoczesne rozwiązania z użyciem technologii betonu dotyczące m.in. formuły SCC (Self-Compacting Concrete) – beton samozagęszczalny oraz SCC (Self-Cleaning Concrete) – beton samooczyszczający się. Trwałość i niezawodność, jak również komfort w użytkowaniu tej technologii może korzystnie wpłynąć na rozwój współczesnych rozwiązań projektowych.

2. Beton samozagęszczalny

Beton samozagęszczalny zastosowano po raz pierwszy na rynku europejskim w połowie lat 90. Obecnie używany jest jako materiał konstrukcyjny i elewacyjny w obiektach architektonicznych, elementach kształtowania przestrzeni oraz infrastruktury technicznej.

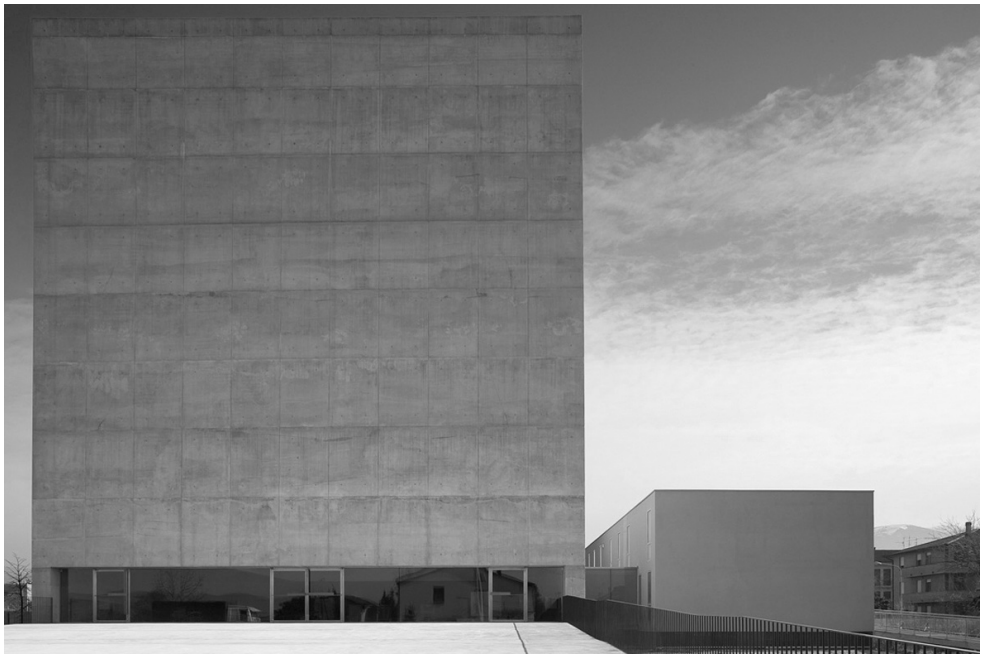
Wyprodukowanie tego materiału jest zdecydowanie bardziej skomplikowane niż w przypadku betonu tradycyjnego. Niezbędne jest bowiem uzyskanie zdolności przygotowywanej mieszanki do samozagęszczania poprzez samoczynne usuwanie z jej objętości powietrza, które dostało się przypadkowo. Charakterystyczną cechą takiej mieszanki jest przede wszystkim wysoka płynność betonu, która daje możliwość sprawnego przepływu między zbrojeniem, zapewnia szczelne wypełnienie deskowania pod ciężarem własnym, pozwala na uzyskanie stabilność struktury, tzn. braku segregacji i wycieku wody oraz samoczynne wydalenie pęcherzyków powietrza. Właściwą dla technologii płynność mieszanki wykorzystuje się dzięki zastosowaniu superplastyfikatorów na bazie polikarboksylanów i polieterów. Na redukcję ilości cementu oraz regulowanie wytrzymałości betonu wpływają dodatki mineralne, m.in. popioły lotne, pył krzemionkowy, mączki kamienne itd. Ważny przy wytwarzaniu materiału w ww. technologii jest czas i kolejność dodawania składników. Wszelkie domieszki należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta, wykonując uprzednio próbę docelowej mieszanki.

Beton samozagęszczalny ze względu na płynny stan wymaga stosowania deskowań o szczelnych stykach oraz uwzględnienia parcia bocznego znacznie większego niż w przypadku tradycyjnej metody. W celu zmniejszenia parcia bocznego należy układać mieszankę samozagęszczalną w bardzo wolnym tempie, nie przekraczając 2 m/h. Brak konieczności

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

mechanicznego wibrowania betonu samozagęszczalnego umożliwia betonowanie konstrukcji posiadającej skomplikowane formy z gęstym zbrojeniem. Możliwość uzyskania estetycznej i gładkiej powierzchni sprawia, iż beton samozagęszczalny jest używany jako beton architektoniczny.

Włoskie biuro architektoniczne Fuksas Architects zaprojektowało i zrealizowało kompleks parafialny w Foligno, w którego skład wchodzą: kościół, dom parafialny i kaplica. Betonowa świątynia, ukończona w 2009 r., prezentuje czystą materię XX i XXI w., tworząc współczesne sacrum. Forma budynku kościoła składa się z dwóch prostopadłościanów – zewnętrznego, wykonanego z betonu woskowanego, oraz wewnętrznego – z betonu porowatego. Bryły połączone są ze sobą ściętymi ostrosłupami, przez które wprowadzane jest światło do wnętrza.



Il. 1. Kościół w Foligno, *Fuksas Architects* widok z poziomu człowieka (źródło: www.archdaily.com)

Ill. 1. The church in Foligno, *Fuksas Architects*, the view from the human level (source: www.archdaily.com)

Doskonałym materiałem użytym w realizacji okazał się beton samozagęszczalny, który zastosowano przede wszystkim do wykonania rusztu, na którym oparto żelbetową płytę podłogi o grubości 1,5 m. Konstrukcja ścian zewnętrznego prostopadłościanu wykonana jest ze słupów żelbetowych, z rozpiętymi pomiędzy nimi belkami. W przestrzeniach pomiędzy nimi znajdują się okna oraz panele warstwowe, w których podstawowym elementem są płyty styropianowe obłożone betonem zbrojonym o grubości 10 cm, którego warstwy połączono ze sobą za pomocą łączników ze stali. Podstawą konstrukcji dla wewnętrznego prostopadłościanu jest natomiast ruszt stalowy.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Il. 2. Kościół w Foligno, *Fuksas Architects,* widok wnętrza (jak w il. 1)

Ill. 2. The church in Foligno, *Fuksas Architects*, interior view,
photo from internet part www.archdaily.com

Widzimy zatem, że zastosowanie nowoczesnych technologii betonu pozwala na formowanie bardzo skomplikowanych form architektonicznych.

Znaczącym przykładem wykorzystania betonu samozagęszalnego jest także najwyższy budynek na świecie, Burdż Chalifa w Dubaju w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, w którym z ww. materiału wykonano m.in. płytę fundamentową o grubości 3,7 m. Podczas budowy ustalono wiele rekordów budowlanych, m.in. na wysokość pompowania mieszanki betonowej – 606 metrów. Do 154 piętra konstrukcja budynku jest żelbetowa, wyższe partie budynku wykonane są w konstrukcji lekkiej stalowej.

„Jednakże wzrastająca liczba zastosowań betonu architektonicznego pociąga za sobą konieczność zaangażowania w proces jego powstawania coraz większej grupy projektantów, inżynierów oraz zwykłych pracowników budowlanych. Osoby te, bardzo często nie mając wcześniej doświadczenia w pracy z betonem architektonicznym, a tym bardziej z betonem samozagęszczalnym, zazwyczaj nie zdają sobie sprawy z tego jakie warunki należy spełnić, jaki reżim technologiczny zachować, czy też jakie materiały zastosować, by struktura powierzchni betonu osiągnęła zamierzony cel...” [2].

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Il. 3. Burdż Chalifa, *Skidmore, Owings and Merrill* (źródło: www.virus4fun.ch)

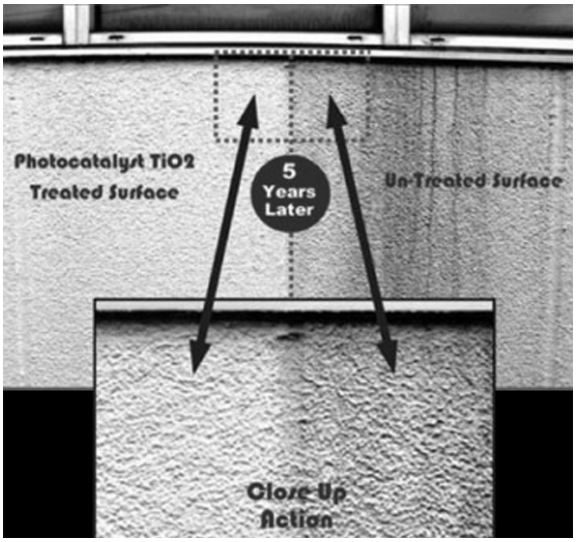
Ill. 3. Burdż Chalifa, *Skidmore, Owings and Merrill*,
(source: www.virus4fun.ch)

3. Beton samooczyszczający się

Beton samooczyszczający się – SCC (Self-Cleaning Concrete) jest jednym z najnowszych produktów technologicznych betonu, używanym w architekturze oraz innych dziedzinach budowlanych. Inspiracją do powstania tego inteligentnego materiału stała się próba podniesienia estetyki konstrukcji betonowej, która opierała się na postępie prac badawczych nad dwutlenkiem tytanu oraz rozwoju nanotechnologii.

Beton z dodatkiem nanodyspersyjego dwutlenku tytanu tworzy materiał o parametrach tradycyjnego betonu, który pobudzony światłem słonecznym, neutralizuje szkodliwe tlenki azotu, gromadzące się w powietrzu na skutek dużego ruchu pojazdów spalinowych. Fotochemiczne aktywowanie się dwutlenku tytanu w wyniku działania na powierzchnie betonu promieniowania UV uruchamia łańcuch reakcji chemicznych, dzięki któremu następuje utlenianie się zanieczyszczeń. Dwutlenek tytanu redukuje także w bardzo dużym stopniu gromadzenie się brudu oraz występowanie grzybów i glonów na powierzchni betonowej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Il. 4. Beton samooczyszczający się, porównanie po 5 latach użytkowania,
(źródło: nanoarchitecture.net)

Ill. 4. Self-Cleaning Concrete, comparison after 5 years of use,
(source: nanoarchitecture.net)

Il. 5. Kościół Dives in Misericordia (Bogaty w Miłosierdzie), *Richard Meier,* widok z lotu ptaka
(źródło: www.bezsmogu.cz)

Ill. 5. Dives in Misericordia Church, *Richard Meier*, view from flight of bird
(source: www.bezsmogu.cz)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Przykłady obiektów architektonicznych z użyciem wspomnianych technologii można znaleźć przede wszystkim we Włoszech, Francji czy Japonii. Popularyzacja materiału ciągle wzrasta.

Kościół Dives in Misericordia (Bogaty w Miłosierdzie), którego nazwa nawiązuje do tytułu jednej z encyklik Jana Pawła II, stanowi doskonały przykład wykorzystania betonu samooczyszczającego się. Rzeźbiarska forma obiektu sakralnego oraz dominująca śnieżna biel potęgują wrażenie skupienia i podniosłości dla odbiorcy.

Charakterystycznym elementem kompozycji formy obiektu amerykańskiego architekta Richarda Meiera są trzy żagle o wysokości do 26 m. Do realizacji budynku, którą ukończono w 2003 r., wykorzystano 600 ton cementu zawierającego dwutlenek tytanu. Podczas całego okresu realizacji projektu plac budowy budził zainteresowanie, przyciągając bardzo wielu architektów i inżynierów budowlanych. Budowlę nazwano „kamieniem milowym nowej architektury na przełomie mileniów". Widzimy zatem, że stosowanie betonu samooczyszczającego się daje bardzo wiele możliwości technicznych korzystnych jakościowo i eksploatacyjnie.

Il. 6. Kościół Dives in Misericordia (Bogaty w Miłosierdzie), *Richard Meier*, widok wnętrza (źródło: www.bezsmogu.cz)

Ill. 6. Dives in Misericordia Church, *Richard Meier*, interior view, (source: part www.bezsmogu.cz)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4. Wnioski

Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań technologii betonu w kształtowaniu architektury korzystnie wpływa na rozwój współczesnych rozwiązań projektowych. Przedstawione w niniejszym artykule przykłady zastosowania betonu samozagęszczalnego i samooczyszczającego się potwierdzają słuszność powyższego zdania. Autorzy projektów stają przed coraz większymi wyzwaniami twórczymi, mając do dyspozycji materiał o większej wytrzymałości, możliwościach plastycznych oraz estetyce.

Ważne jest, ażeby architekci i inwestorzy nie bali się używać nowoczesnych technologii budowlanych w kreowaniu przestrzeni, które przecież charakteryzują czasy, w jakich żyjemy. Dzieło budowlane powinno być zawsze charakterystyczne dla konkretnego czasu, w którym zostało wykonane. Ażeby trwale zaznaczyć styl architektury współczesnej wraz z możliwościami technicznymi, jakie mamy do dyspozycji, powinniśmy stale rozwijać warsztat swoich umiejętności i nieustannie stosować go w praktyce projektowej.

Literatura

[1] Gawlicki M., *Inteligentny SCC*, [w:] *Budownictwo, Technologie, Architektura*, Polski Cement, nr 4/2005.

[2] Gołaszewski J., Szwabowski J., *Specyfika technologii betonu samozagęszczalnego*, [w:] *Budownictwo, Technologie, Architektura*, Polski Cement, nr 3/2009.

[3] Jozanis W., *Beton architektoniczny – tworzywo przyszłości – i jego wykorzystanie praktyczne z zastosowaniem elementów prefabrykowanych*, [w:] Materiały konferencyjne „Dni Betonu, Tradycja i Nowoczesność 2008", Stowarzyszenie Producentów Cementu, Wisła 2008.

[4] Kozłowski D., *O naturze betonu – czyli idee, metafory i abstrakcje*, w: *Architektura betonowa*, D. Kozłowski (red.), Polski Cement, Kraków 2001.

[5] Kozłowski D., *O naturze betonu – czyli idee, metafory i abstrakcje*, [w:] *Architektura betonowa*, D. Kozłowski (red.), Polski Cement, Kraków 2001, 8.

[6] Kuniczuk K., *Samozagęszczalny beton architektoniczny – uwagi praktyczne*, [w:] Materiały konferencyjne „Dni Betonu, Tradycja i Nowoczesność 2008", Stowarzyszenie Producentów Cementu, Wisła 2008.

[7] Kuniczuk K., *Beton architektoniczny – kryteria wykonywania, oceny i odbioru*, [w:] Materiały konferencyjne „Dni Betonu, Tradycja i Nowoczesność 2010", Stowarzyszenie Producentów Cementu, Wisła 2010.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ