



BetoNOWE

oblicze budownictwa

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Beton zmienia się wraz z rozwojem budownictwa. Charakteryzuje się coraz lepszymi cechami wytrzymałościowymi, jest coraz bardziej odporny na środowiska agresywne, szybko osiąga końcowe wytrzymałości. Docenia się nie tylko jego cechy użytkowe, ale także estetyczne. Obecny w każdym sektorze budownictwa, pozwala na rozbudowę niezbędnej infrastruktury. Wytwarzany z miejscowych surowców charakteryzuje się najmniejszym śladem węglowym w stosunku do konkurencyjnych materiałów konstrukcyjnych.

Obszary zastosowań

Beton wykorzystuje się w każdej dziedzinie budownictwa – od ogólnego po specjalistyczne. Ponieważ jest zdecydowanie najbardziej uniwersalnym i popularnym materiałem budowlanym, nie sposób przedstawić wszystkich jego zastosowań. W dalszej części artykułu skupiono się więc na wybranych.

Innowacje wprowadzone w technologii konstruowania nawierzchni betonowych pod koniec XIX w. spowodowały, że nawierzchnie te stały się alternatywą dla dróg asfaltowych. Beton, znakomity materiał do konstrukcji nawierzchni drogo-

wych, sprawdza się w miejscach, w których występuje duże natężenie ruchu drogowego, a także w warunkach wymagających częstej konserwacji. W literaturze wśród zalet betonowych nawierzchni drogowych wymienia się m.in. odporność na powstawanie kolein i warunki atmosferyczne, zapewnienie lepszej widzialności w nocy, dłuższy okres eksploatacji oraz przyjazność dla środowiska naturalnego. Agresywność obciążeń nawierzchni mostowych jest znacznie wyższa niż nawierzchni drogowych, dlatego betony mostowe charakteryzują się bardzo wysoką trwałością nawet w najtrudniejszych warunkach eksploatacji [1].



Betony to stale rozwijana i unowocześniana grupa materiałów budowlanych. W jakich zastosowaniach perspektywy jego dalszego rozwoju są najlepsze?



**MAREK SUROWIEC, członek zarządu,
dyrektor ds. strategii, Cement Ożarów**

Ostatnie dziesięciolecia były czasem bardzo intensywnego rozwoju technologii betonu. To dzięki betonom nowej generacji w budownictwie drogowym i mostowym można dziś stosować rozwiązania, które

dotąd były nieosiągalne. Co więcej, współczesny beton, produkowany według najnowszych technologii, nie tylko z sukcesem konkuruje ze stalą, ale nawet wypiera ją z budownictwa mostowego. Jako tworzywo konstrukcyjne spełnia przy tym wymagania zrównoważonego rozwoju, co stanowi doskonałą rekomendację do szukania kolejnych możliwości jego wykorzystania w budownictwie. A to w sektorze budownictwa komunikacyjnego wzrasta z roku na rok. Tylko w 2019 r. GDDKiA planuje oddanie do użytkowania ok. 180 km dróg z nawierzchnią betonową. Równocześnie szacuje się, że w technologii nawierzchni betonowych powstanie ok. 150 km dróg lokalnych. Wysoka trwałość betonu, coraz większa wiedza i doświadczenie wykonawców powodują, że beton wygrywa z innymi materiałami budowlanymi. Cechą betonu, która stanowi jednocześnie jedną z jego głównych zalet, docenianą nie tylko w budownictwie komunikacyjnym, jest długowieczność. Żywotność szacowana nawet na 50 lat w praktyce oznacza brak zjawiska koleinowania i konieczności wykonywania długotrwałych remontów. Co za

tym idzie – niższe koszty utrzymania dróg betonowych przy porównywalnych kosztach budowy dróg w technologiach asfaltowych.

Beton w budownictwie komunikacyjnym znajduje zastosowanie w wielu sektorach. Oprócz wspomnianych nawierzchni drogowych wykorzystuje się go m.in. w konstrukcjach inżynierskich, gdzie dźwigary strunobetonowe stanowią doskonałą alternatywę dla konstrukcji stalowych. Pełne spektrum prefabrykatów, włącznie z ławkami betonowymi, które są bezpieczniejsze niż metalowe czy drewniane, np. ze względu na możliwe akty wandalizmu, czynią beton atrakcyjnym materiałem do budowy infrastruktury towarzyszącej. Chętnie wykorzystuje się go do warstw podbudowy, doceniając nośność i szybkość zagęszczenia w stosunku do podbudowy z samego kruszywa. We wszystkich tych obszarach budownictwa komunikacyjnego beton i mieszanka betonowa zyskały na jakości, a trwałość niektórych prefabrykatów można liczyć w setkach lat. Dalsze wykorzystywanie betonu w budownictwie rozpatrywane jest w szerokiej perspektywie, co znajduje odbicie w wielotorowym rozwoju tego materiału, uwzględniającym wciąż ogromny potencjał tkwiący w betonie.

Szczegółowe informacje na temat wykorzystania betonu w drogownictwie można uzyskać na organizowanych przez nas konferencjach, na które serdecznie zapraszam. Więcej o tych wydarzeniach znajdą Państwo na naszej stronie internetowej www.nawierzchniebetonowe.com.pl.

W przypadku budowli hydrotechnicznych, konstrukcji mostowych, ale także zbiorników, silosów oraz podziemnych części budowli sadowionych poniżej poziomu wód gruntowych (np. w stosowanych coraz częściej technologiach białej wanny) beton musi spełniać wymóg wodoszczelności. Wszystkie budowle, których część jest zanurzona pod wodą, wymagają użycia specjalnego rodzaju betonu. Narażone są bowiem na ścieranie oraz korozję, którym trudno zapobiec. Rolą betonu w tych przypadkach jest ochrona przed możliwą korozją strukturalną, co determinuje trwałość konstrukcji [2].

Rozwój technologii betonu doprowadził do powstania betonów nowej generacji, które oprócz wysokiej wytrzymałości charakteryzują się znacznie wyższymi parametrami w zakresie trwałości i właściwości reologicznych. Dzięki temu beton znajduje szersze wykorzystanie w budownictwie podziemnym. Wyższe parametry wytrzymałościowe betonów wysokowartościowych mogą w znacznym stopniu ograniczyć jego zużycie w głębionych szybach oraz poprawić szczelność obudowy i jej odporność na korozję. Specyficzne właściwości reologiczne samozagęszczalnych betonów wysokowartościowych, a zwłaszcza ich wysoka płynność i urabialność mieszanki betonowej, mogą w znacznym stopniu ułatwić formowanie obudowy tuneli, w których niejednokrotnie występuje znacznie zagęszczony układ zbrojenia [3].

Beton jest także dominującym materiałem konstrukcyjnym we współczesnej prefabrykacji. Jako materiał konstrukcyjny ma przed sobą dobre perspektywy w inżynierii materiałowej oraz technologiach i technikach budowania. Z kolei estetyka surowego betonu, odkrywana przez architektów i projektantów, sprawiła, że tworzywo to stało się nośnikiem nowych jakości. Doceniono także walory dekoracyjne betonu zarówno w architekturze bryłowej, jak i w aranżacji wnętrz.

Modyfikacja materiałowa

Rosnące wymagania ze strony użytkowników wymuszają stałe ulepszanie mieszanki betonowej i betonu stwardniałego. Obecnie trudno sobie wyobrazić nowoczesną budowlę z betonu wzniesioną bez użycia modyfikatorów. To dzięki nim można wykonywać betony o bardzo niskich wartościach współczynnika w/c (0,24–0,32) i wysokich wytrzymałościach (80–140 MPa). Oprócz doskonalenia betonów zwykłych rozwijane są także inne ich rodzaje, odpowiadające specyficznym wymaganiom w zależności od przeznaczenia, sposobu dostawy (transportu), technologii wykonywania itp.

Spośród dostępnych modyfikatorów największy wpływ na rozwój technologii betonu wywarły domieszki. W ich przypadku bardzo niewielka ilość modyfikatora – często poniżej 1% masy cementu – może istotnie wpłynąć na właściwości betonu.

Tab. 1. Problemy technologiczne betonu rozwiązywane przez modyfikację materiałową [4]

Cel technologiczny	Rozwiązanie →	Modyfikacja materiałowa
Zwiększenie ciekłości mieszanki betonowej przy niskim w/c		Domieszki upłynniające
Poprawa mrozoodporności betonu		Domieszki napowietrzające
Szybsze narastanie wytrzymałości wczesnej betonu		Domieszki przyspieszające wiązanie i (lub) twardnienie
Betonowanie w niskiej temperaturze		Domieszki przeciwmrozowe
Wydłużenie czasu urabialności mieszanki betonowej		Domieszki opóźniające wiązanie
Poprawa szczelności betonu		Domieszki uszczelniające, preparaty hydrofobizujące
Betonowanie pod wodą		Domieszki regulujące lepkość
Zwiększenie wytrzymałości betonu		Pył krzemionkowy
Zmniejszenie kruchości betonu		Polimer jako współspoiwo
Poprawa odporności na wnikanie wody		Impregnacja hydrofobizująca
Barwienie betonu		Pigmenty

Wśród osiągnięć współczesnej modyfikacji materiałowej betonu ważne miejsce zajmują betony określone jako autotechnologiczne, znaczne zmniejszające zakres i uciążliwości operacji technologicznych przy ich wykonywaniu i użytkowaniu. Takim materiałem jest np. beton samozagęszczalny, rozpylający się i zagęszczający pod własnym ciężarem, wypełniający deskowanie ze zbrojeniem i zachowujący jednorodność. Innym tego

rodzaju materiałem jest beton samonaprawialny. Uszkodzony nie wymaga interwencji z zewnątrz, ponieważ wewnątrz kompozytu umieszcza się materiał naprawczy jeszcze na etapie wytwarzania. Dzięki temu środek naprawczy jest dostępny wtedy, kiedy niezbędne staje się odtworzenie struktury tworzywa. Coraz częściej modyfikacji betonu dokonuje się na poziomie nanometrycznym.

Biorąc pod uwagę wymagania zrównoważonego rozwoju w budownictwie i związaną z tym konieczność zagospodarowywania materiałów odpadowych, obserwuje się rosnącą tendencję do wykorzystywania uciążliwych odpadów przemysłowych jako składników betonu. Są to m.in. popioły lotne wapienne i fluidalne, stłuczka szklana, odpadowe pyły z produkcji kruszyw mineralnych, gruz betonowy czy też odpadowy pył perlitowy, a nawet odpad powstający przy produkcji bieli tytanowej. Tego typu odpady próbuje się wykorzystać nie tylko do wytwarzania betonu zwykłego, ale także jako składniki betonów i zapraw polimerowo-cementowych, a nawet żywicznych (bezcementowych). Problemy technologiczne betonu rozwiązywane przez modyfikację materiałową przedstawiono w tabeli 1 [4].

Betony specjalne

Betony specjalne swoją nazwę zawdzięczają temu, że są przystosowane do specjalnego przeznaczenia. W związku z tym muszą się cechować określonymi właściwościami. Do grupy betonów specjalnych należy m.in. **beton hydrotechniczny**, wyróżniający się odpowiednio do warunków eksploatacji także wodoszczelnością i (lub) mrozoodpornością, i (lub) odpornością na erozję, i (lub) odpornością na korozję. Jak wskazuje nazwa, jest on przeznaczony do budowli hydrotechnicznych. Podwyższoną wodoszczelnością, co najmniej do stopnia W-6, charakteryzuje się **beton wodoszczelny**, stosowany głównie do budowy zbiorników na cieple i obudowy rzek. Wyznacznikiem dostatecznej wodoszczelności betonu w danej konstrukcji jest brak widocznego zawilgocenia, a tym bardziej przecieku wody na zewnętrznej stronie tej konstrukcji. Wymagany stopień wodoszczelności zależy od wielkości parcia wody na beton i od wymiarów poprzecznych elementu betonowego.



DESKOWANIA

NOE-PL Sp. z o.o., ul. Jeziorki 84, 02-863 Warszawa
tel.: 22 853 00 91, e-mail: warszawa@noe.pl



www.noeplast.pl

Matryce NOEplast - kreatywne fakturowane powierzchni betonu

Oferta firmy NOE obejmuje sprzedaż szerokiego wachlarza akcesoriów betonowych, dystansów, deskowań i akcesoriów do deskowań. Ponadto w naszym asortymencie dostępne są również matryce do betonów NOEplast, pozwalające na kreatywne formowanie estetycznej faktury powierzchni betonowych. Są one przeznaczone do stosowania zarówno w zakładach prefabrykacji, jak i na placach budowy. Dzięki wyjątkowej trwałości specjalnej masy poliuretanowej możliwe jest wykonanie nawet do 300 powtórzeń. Zestaw standardowych matryc składa się z ponad 100 różnych wzorów oraz nieskończonej ilości matryc uformowanych na specjalne zamówienie naszych klientów.



DESKOWANIA

NOE[®] top S

BHP zintegrowane z płytami szalunkowymi

ponadto w ofercie firmy NOE:

- pełny zakres systemów deskowań
- akcesoria do betonowania
- kompleksowa obsługa techniczna

foto: Hala Sportowa w Calais we Francji

25 lat
w Polsce

www.noe.pl, www.noeplast.pl

Centrala Mazowsze
ul. Jeziorki 84
02-863 Warszawa
T +48 22 853 00 91
warszawa@noe.pl

Oddział Pomorze
ul. Grunwaldzka 35
84-230 Rumia
T +48 697 068 080
pomorze@noe.pl

Oddział Śląsk
ul. Ostatnia 3
41-909 Bytom
T +48 32 389 20 61
slask@noe.pl

Tab. 2. Zestawienie cementowych betonów specjalnych [5]

Nazwa betonu	Rodzaj zalecanego cementu	Rodzaj kruszywa	Dodatki lub domieszki	Charakterystyczne właściwości
Chudy	portlandzki 25 hutniczy 25	otczakowe	ewentualnie napowietrzające	możliwie najniższa ilość cementu
Hydrotechniczny	hutniczy pucolanowy	otczakowe	opóźniające wiązanie, napowietrzające: mączki kamienne	niskie ciepło hydratacji, mrozoodporność
Wodoszczelny	portlandzki 32,5	otczakowe i łamane	plastyfikatory, uszczelniające	wodoszczelność
O podwyższonej odporności na działania chemiczne	portlandzki 32,5 hutniczy 32,5 siarczanoodporny	łamane odporne na agresywne oddziaływanie środowiska (do 16 mm)	plastyfikatory, środki napowietrzające	wysoka wytrzymałość na ściskanie, wodoszczelność, odporność na korozję krystaliczną
Odporny na ścieranie	portlandzki 32,5 i >	łamane	uodparniające (do posypywania)	odporność na powierzchniowe ścieranie, wysoka wytrzymałość na ścieranie
Drutobeton	portlandzki 32,5 i >	0–2 mm otczakowe 2–4/8 mm łamane	plastyfikatory	odporność na zmęczenie, podwyższona wytrzymałość na zginanie
Nawierzchniowy	portlandzki 32,5 i > drogowe	kruszywa naturalne pochodzenia mineralnego	plastyfikatory, napowietrzające, uodparniające na ścieranie	mrozoodporność, udarność, odporność na podwyższone temperatury i sole rozmrażające
Ciężki	portlandzki hutniczy wolnowiązący	specjalne ciężkie	mączki z kruszyw ciężkich	nieprzepuszczalność promieni rentgenowskich
Żaroodporny	glinowy portlandzki	specjalne żaroodporne	mączki żaroodporne, plastyfikatory	odporność na temp. do 1000 °C z cementem portlandzkim i do 1400 °C z cementem glinowym
Drobnoziarnisty	portlandzki 32,5 i >	otczakowe i łamane 0–4/8 mm	plastyfikatory	wysoka wytrzymałość na ściskanie
Architektoniczny	portlandzki i kolorowe	skalne ceramiczne	uszczelniające, regulujące wiązanie	wygląd zewnętrzny

Specjalnymi właściwościami cechuje się beton przewidziany **do pracy w środowisku chemicznie agresywnym**. Wykonuje się go z odpowiednio odpornych składników, o właściwej szczelności, lub stosuje się odpowiednią izolację powierzchniową, uniemożliwiającą kontakt betonu ze środowiskiem agresywnym.

W przypadku betonu do nawierzchni uznaje się go za odporny na ścieranie, jeśli przy badaniu na tarczy Boehmego grubość startej powierzchni nie przekroczy 0,25 cm dla betonu przewidzianego do dużego i ciężkiego ruchu oraz 0,30 cm dla betonu przewidzianego do średniego ruchu. **Beton o podwyższonej odporności na ścieranie** uzyskuje się poprawiając te cechy. Zwykle nie wykonuje się całej masy betonu odpowiadającej podwyższonej odporności, a jedynie warstwę zewnętrzną. Uzyskanie wymaganej odporności na ścieranie zależy od składników betonu oraz od jego właściwości fizycznych i mechanicznych.

Beton zwykły jest typowym materiałem kruchym o niekorzystnej, mikrospekanej strukturze wewnętrznej. Natomiast materiały o budowie włóknistej wykazują z reguły wyższy stosunek wytrzymałości na rozciąganie i zginanie do wytrzymałości na ściskanie. Dzięki wprowadzeniu w strukturę betonu

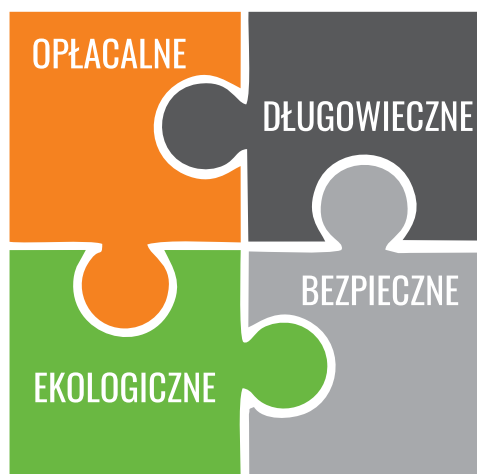
dotatku w postaci włókien stalowych, polipropylenowych, nylonowych i z wielu innych tworzyw sztucznych, ale i także włókien roślinnych i szklanych uzyskano **fibrobetony**. Każde z dodanych włókien prowadzi do określonej zamierzonej korzyści w stosunku do betonu bez włókien, którą można określać wielkością energii, np. dla ugięcia, odporności czy zniszczenia.

Rodzajem betonu specjalnego jest także beton cementowy **do nawierzchni drogowych i mostowych**. Powinien posiadać w zasadzie takie same właściwości fizyczne, mechaniczne oraz odporności na oddziaływania zewnętrzne w przypadku wszystkich typów nawierzchni. Drobne różnice mogą wynikać z klasy jezdni, którą dobiera się ze względu na warunki eksploatacji. Dla betonu cementowego **do nawierzchni lotniskowych** w celu uodpornienia i przedłużenia jego trwałości stosuje się dodatek ciętego drutu stalowego oraz środka napowietrzającego – oddzielnie bądź jednocześnie.

Jako osłonę przed promieniami radioaktywnym stosuje się **beton ciężki** ($p > 2,8 \text{ T/m}^3$), który posiada właściwości pochłaniania i zatrzymywania promieniowania – tym wyższe, im beton jest cięższy i im więcej zawiera wody chemicznie zwią-



BETONOWE drogi w Polsce to **DOBRY WYBÓR**



Jakie zalety ma prefabrykacja?
W jakich obszarach budownictwa
są one najlepiej wykorzystywane?



mgr inż. TOMASZ KUSZNIEREWICZ,
prezes zarządu Optem Sp. z o.o.

W obecnych warunkach rynku budowlanego, gdzie cena roboczogodziny wzrasta, a braki kadrowe pogłębiają się, prefabrykacja zyskuje na wartości. Wykonawstwo obiektu prefabrykowanego może być kilkakrotnie szybsze od

analogicznych klasycznych rozwiązań monolitycznych. Dodatkowo dostawca prefabrykatów, taki jak firma Optem, potrafi przejąć część prac wykonawczych, przez co odciąża generalnego wykonawcę. Kolejną ważną kwestią jest zintensyfikowana rozbudowa sieci kolejowej i przetargi, w których czas realizacji zadania staje się ważnym elementem oceny oferty. Realizacje kolejowe wymagają najczęściej połówkowego wykonywania obiektów i jednoczesnego ograniczenia liczby wyłączeń ruchu odbywającego się na czynnych torach. Stosując prefabrykowane rozwiązania, wykonawca jest również mniej narażony na ryzyka związane ze zmianą ceny materiałów składowych. W przypadku odległych czasowo realizacji istnieje możliwość zakupu elementów prefabrykowanych przed docelowym wbudowaniem.

Sama technologia produkcji prefabrykatów żelbetonowych rozwinęła się w ostatnich latach, co wpływa korzystnie na jakość dostarczanych elementów. Inwestorom bardzo zależy na trwałych rozwiązaniach o niskim koszcie eksploatacyjnym. Naprzeciw tym oczekiwaniom wychodzą rozwiązania firmy Optem, które łuki oraz ramy prefabrykowane charakteryzują się brakiem łożysk i urządzeń dylatacyjnych. Ogranicza to prace utrzymaniowe do mało inwazyjnych, a elementy nośne obiektu nie wymagają wymiany przez cały okres użytkowania. Wszystkie wymienione aspekty powodują, że coraz więcej obiektów jest częściowo lub całkowicie prefabrykowana. Tendencja wzrostowa wykorzystania prefabrykacji mobilizuje dostawców do wprowadzania nowych produktów i rozwoju. Dzięki temu polski rynek prefabrykacji odrodził się i rośnie w dynamicznym tempie.

zanej lub półzwiązanej (niewyparowywującej w przeciętnych warunkach klimatycznych).

Specjalne właściwości muszą posiadać betony pracujące w temperaturach powyżej 250 °C. Według krajowych ustaleń, wyróżnia się **betony żaroodporne**, przeznaczone do pracy w temperaturach do 1200 °C, oraz **betony ogniotrwałe**, przeznaczone do pracy w temperaturach powyżej 1200 °C. Te betony oprócz odporności na wysokie temperatury i wytrzymałości na ściskanie ocenia się według odkształcalności termicznej i przewodnictwa cieplnego. Dopuszcza się różną wartość tych cech w zależności od roli konstrukcyjnej i izolacyjnej, jaką



w rzeczywistości mają spełniać. O właściwościach tych betonów decydują ich składniki: spoiwo, kruszywo i ewentualnie dodatki oraz domieszki.

Betonem specjalnym jest także **beton architektoniczny**, stosowany do wykonywania powierzchni zewnętrznych bloków i płyt ściennych. Dekoracyjny charakter uzyskuje w wyniku nadania mu wymaganej faktury zewnętrznej przez dobór odpowiednich składników betonu (np. kolorowych cementów, barwników, kruszyw kolorowych i o odpowiednim kształcie) oraz obróbkę powierzchni.

Beton zawierający małą ilość cementu (nie więcej niż 180 kg/nE) to **beton chudy**. Służy do wykonywania podbudowy pod nawierzchnie betonowe, do wyrównywania podłoża gruntowego, na którym ma być posadowiona konstrukcja, lub do wykonywania obudowy stabilizującej przewody układane w wykopach. Jego wytrzymałość wynosi zwykle 6–10 MPa.

W **betonie polimerowo-cementowym** oprócz cementu stosuje się dodatkowo polimer jako środek wiążący. W porównaniu do betonów zwykłych dodatek polimeru poprawia wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, adhezję (przyczepność) do stali, betonu i ceramiki budowlanej, odporność chemiczną i na ścieranie, szczelność, odporność i mrozoodporność.

Dużym osiągnięciem technicznym jest **beton samozagęszczalny**. Jego istota polega na tym, że skład mieszanki pozwala na samorozlewność i samozagęszczanie pod wpływem własnej masy przy całkowitej likwidacji porów powietrznych. Wyeliminowanie konieczności mechanicznego zagęszczania umożliwia betonowanie konstrukcji o znacznym stopniu zbrojenia oraz nietypowych formach.

Stosownie do różnych warunków lokalnych wykonuje się betony cementowe według indywidualnych rozwiązań, tzw. **betony szczególne**. W większości przypadków wymagają one atestów dopuszczających do ich stosowania.

Główne cechy charakteryzujące najczęściej spotykane w praktyce specjalne betony cementowe podano w tabeli 2 [5].

Renowacja i ochrona betonu

Wyczerpujący komplet zaleceń dotyczących wyrobów i systemów stosowanych podczas wszystkich etapów napraw



fol. zhu difeng, fotolia.com

i ochrony elementów oraz konstrukcji betonowych zawarto w zbiorze norm z serii PN-EN 1504. Szeroko pojęta skuteczna naprawa obiektów betonowych to w większości przypadków skomplikowany zabieg. Jego końcowy efekt zależy od wielu czynników, przede wszystkim od właściwego doboru materiałów i systemów naprawczych oraz poprawności przeprowadzenia zwykle licznych operacji.

Typowe uszkodzenia obiektów betonowych obejmują przede wszystkim zarysowania i spękania betonu oraz degradację otuliny betonowej połączonej z korozyjnymi uszkodzeniami zbrojenia. Większość napraw polega więc na przeprowadzeniu iniekcji, reprofiliacji oraz ewentualnie wykonaniu powłoki zabezpieczającej. Najczęściej są to typowe zabiegi w postaci skucia zużytego betonu, oczyszczenia i ewentualnego uzupełnienia oraz zabezpieczenia stali zbrojeniowej, reprofiliacji przekroju z zastosowaniem warstwy szczepnej, a także ewentualnego zabezpieczenia powierzchni elementu powłoką odcinającą beton od czynników środowiskowych. Do reprofiliacji stosuje się najczęściej kompozyty polimerowo-cementowe, PCC lub żywiczne, PC. W niektórych przypadkach materiałem naprawczym może być beton zwykły lub zwykła zaprawa cementowa, ewentualnie beton zbrojony włóknami stalowymi, w tym układanie metodą natryskową. W przypadku iniekcji, której celem jest przywrócenie ciągłości elementu lub uszczelnienie rysy, wykorzystuje się zazwyczaj materiały zawierające polimery. Zabezpieczenia powłokowe w proponowanych rozwiązaniach wykonywane są jako laminaty poliestrowo-szklane lub powłoki elastyczne, w tym bitumiczne. Bardzo często w przypadku przywracania nośności elementów lub ich wzmacniania jako materiał naprawczy stosowane są nowoczesne wyroby z kompozytów polimerowych zbrojonych włóknami węglowymi [6].

Znaczenie ekologiczne

W porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi materiałami budowlanymi beton jest produktem niskoemisyjnym. Przewodzone są dalsze badania w kierunku zwiększenia możliwości betonu jako materiału konstrukcyjnego i zmniejszenia jego oddziaływania na środowisko w całym cyklu życia. Poprawa ekologicznych właściwości betonu jest uzyskiwana w różny

Jak dynamiczny rozwój technologii betonu wpływa na branżę szalunków? Czy można mówić o innowacyjności w odniesieniu do systemów szalunkowych?



WOJCIECH ANT CZAK, dyrektor projektów, Palisander Sp. z o.o.

Dynamicznie zmieniająca się sytuacja na rynku budowlanym stawia coraz to nowe wyzwania przed branżą szalunkową. W budownictwie od zawsze dążono do terminowej realizacji inwestycji. Właśnie nacisk

na szybkość wykonywania prac skłonił nas do poszukiwania rozwiązań, które będą usprawniały proces budowlany. Dlatego też wprowadziliśmy kontrolę dojrzałości betonu – usługę przynoszącą wymierne korzyści klientom. Jest ona skierowana przede wszystkim do osób kierujących budową. Dzięki niej istnieje możliwość szybszego rotowania potencjałem szalunkowym, a co za tym idzie – szybszego zakończenia robót żelbetowych. Przekłada się to bezpośrednio na mniejsze koszty ogólne i generuje zapas czasowy.

Kontrola dojrzałości betonu polega na umieszczeniu małego, bezprzewodowego czujnika na prętach zbrojeniowych bezpośrednio przed ułożeniem mieszanki betonowej. Narzędzie bada temperaturę rzeczywistą betonu w cyklu dobowym. Pomiaru są bardzo precyzyjne, ponieważ wykonywane są automatycznie co 15 minut. Czujnik pozostaje w betonie na stałe, a wszelkie dane sprawdzane są zdalnie w aplikacji. Takie rozwiązanie pozwala wyeliminować konieczność przywożenia na budowę urządzeń dużych rozmiarów i dokonywania pomiaru wyłącznie w wyznaczonym miejscu. W naszym przypadku wystarczy tylko naładowany smartfon z włączonym Bluetoothem i dostępem do przesyłania danych. Zapisane dane gromadzone są w chmurze, dzięki czemu mamy do nich dostęp z dowolnego miejsca na ziemi. Aplikacja przetwarza zgromadzone odczyty i na ich podstawie oblicza rzeczywistą wytrzymałość betonu w danym miejscu i w danej chwili. Możliwość dodania nieograniczonej liczby czujników pozwala mieć całą budowę pod kontrolą we własnym telefonie.

sposób. Na etapie jego przygotowania przez optymalizację składu betonu dzięki domieszkom i dodatkom, wykorzystywaniu w konstrukcjach budowlanych betonów o wyższej wytrzymałości, zwiększając efektywność transportu przez lokalne pozyskiwanie kruszywa do jego produkcji czy też zastosowaniu wysokowartościowego cementu w celu optymalizacji jego ilości



ULMA Construcción Polska S.A., Koszajec 50, 05-840 Brwinów
tel.: 22 506 70 00, e-mail: kontakt@ulmaconstruction.pl



www.ulmaconstruction.pl

WÓZKI NAWISOWE CVS FIRMY ULMA

W 2016 roku ULMA Construcción Polska S.A. sprowadziła do kraju i po raz pierwszy zastosowała nową generację wózków CVS dla realizacji obiektów mostowych w technologii nawisowej. Jest to rozwiązanie stosowane przede wszystkim w miejscach, gdzie podparcie konstrukcji wsporczej ze względu na trudne warunki terenowe nie jest możliwe. Wózek CVS, dzięki zastosowaniu w ich konstrukcji elementów systemu MK są niezwykle uniwersalne i wydajne. Można je dostosować do każdego kształtu i rozmiaru segmentów, a ze względu na niewielką masę, ich przemieszczanie nie wymaga dodatkowych nakładów pracy czy sprzętu.

w betonie. Wykorzystanie betonu w budownictwie umożliwia dalsze oszczędności w zużyciu energii w cyklu eksploatacyjnym budynku, co uzyskuje się m.in. dzięki dużej pojemności cieplnej betonu. Co istotne, materiał można poddać recyklingowi po zakończeniu eksploatacji konstrukcji. Beton z wyburzenia może zostać rozdrobniony i ponownie wykorzystany jako kruszywo lub materiał do budowy dróg bądź jako surowiec do produkcji cementu. Możliwe jest także wykorzystywanie w pierwotnej formie całych elementów betonowych z rozbiórki.

Bardzo ważną cechą betonu w niskoemisyjnej gospodarce jest jego potencjał powolnego pochłaniania dwutlenku węgla. Podczas eksploatacji budowli betonowej proces pochłaniania odbywa się głównie na powierzchni. Po rozdrobnieniu betonu z wyburzenia powierzchnia pochłaniania wzrasta i rośnie wraz z czasem ekspozycji kruszywa betonowego na oddziaływanie atmosferycznego CO₂. Jak pokazują wyniki badań potencjału karbonatyzacji betonu, 5–20% CO₂ wyemitowanego w procesie produkcji cementu zostaje pochłonięte w okresie użytkowania betonu, natomiast kolejne 5–10% we wtórnym cyklu eksploatacji po recyklingu [7].

Kierunki rozwoju

Ponieważ zasadniczą wadą betonu jest jego podatność na powstawanie mikropęknięć, mogących doprowadzić z czasem do powstawania nowych, znacznie większych rys, przełomowym odkryciem było wykorzystanie bakterii do renowacji powierzchni betonowych. Tym samym samonaprawiający się beton ma szansę stać się bardzo popularnym materiałem w budownictwie.

Przyszłość należy także do technologii betonu fotokatalizacyjnego, opartego na zastosowaniu nanocząsteczek TiO₂, który



fol. Jürgen Fälchle, fotolia.com

wykazuje właściwości fotokatalityczne oraz hydrofilowe. Na powierzchni betonu zawierającego nanokrystaliczny dwutlenek tytanu tworzą się rodniki wodorotlenowe OH^- , które utleniają i rozkładają różnego rodzaju zanieczyszczenia organiczne, takie jak tłuszcze, oleje, spaliny, bakterie, gazy zapachowe. Dzięki temu obniżeniu ulega ilość zawartych w nich tlenków azotu i siarki. Beton samoczyszczący został zastosowany po raz pierwszy w 2003 r. do budowy kościoła Dives in Misericordia Tor Tre Teste w Rzymie i biurowca policji w Bordeaux. W polskich realiach technologia została wykorzystana do budowy nawierzchni drogowej i chodnika w ciągu ul. Witosa w Nowej Soli i ścieżki rowerowej przy rondzie Daszyńskiego w Warszawie. Wykonane przez specjalistów z Polskiej Akademii Nauk pomiary stężenia NO_x wykazały ich redukcję w granicach do 30% w stosunku do poprzedniego stanu [8, 9].

W Polsce budowane są także chodniki z zielonego betonu. W 2018 r. zastosowano go w projekcie biurowym Generation Park w Warszawie, w tym roku tego typu chodnik powstanie na powierzchni prawie 1900 m² wokół trzeciego i czwartego budynku biurowca HighFive realizowanego przy ul. Pawiej w Krakowie [10].

Beton coraz częściej staje się elementem dekorującym przestrzeń miejską. Monolityczny beton nawierzchniowy z wyeksponowanym kruszywem położony na placach i parkingach, ścieżkach i podjazdach na nowo kreuje przestrzeń miejską. Różnorodność kolorów i tekstur mineralnych pozwala architektom i urbanistom na dowolną aranżację przestrzeni.

Stosunkowo nowym obszarem badań w inżynierii materiałów budowlanych jest nanotechnologia. Można się spodziewać, że wkrótce wprowadzi ona duże zmiany i nowe rozwiązania istotnych problemów tej dyscypliny. Efektem



ComRebars Sp. z o.o., ul. E. Imieli 14, 41-605 Świętochłowice
tel.: 32 223 44 00, e-mail: office@comrebars.eu



www.comrebars.eu

ComRebars Sp. z o.o. to polski producent prętów kompozytowych z powodzeniem zastępujących stal zbrojeniową w elementach betonowych. Oprócz produkcji, nasza firma świadczy usługi projektowo - wdrożeniowe z zastosowaniem kompozytów.

Podstawowe zalety naszego produktu to:

- 2,5-krotnie wyższa wytrzymałość na rozciąganie,
- całkowita odporność na korozję, agresywne i trudne środowisko,
- 9-krotnie niższa waga,
- dielektryczność oraz antymagnetyczność,
- konstrukcje betonowe zbrojone prętami kompozytowymi nie wymagają późniejszych konserwacji, napraw czy remontów.

Zapraszamy do kontaktu.



ELKON POLSKA Sp. z o.o. ul. Starzyńskiego 46B, 05-090 Dawidy
Bankowe, tel.: 608 208 208, e-mail: biuro@elkonpolska.pl



www.elkonpolska.pl

MOBILNY WĘZŁ BETONIARSKI ELKON MIX MASTER 30

Sam produkuj betony i stabilizacje dokładnie tam, gdzie tego potrzebujesz! Szybciej, taniej i prościej niż myślisz! Wszystko dzięki Elkon Mix Master 30 – najnowszej, ultramobilnej wytwórni betonu i stabilizacji w formie przyczepy, która zmienia zasady gry. Elkon Mix Master 30 nie wymaga złożonej instalacji i obsługi, może za to produkować mieszanki stabilizowane cementem i betony praktycznie każdej klasy, według receptur i z wydrukami WZ. Wytwórnię można łatwo konfigurować dodając silosy cementu, wyładunki cementu workowanego, załadunki do betonomieszarek, sterowania zdalne i komputerowe. Technologia jutra już dzisiaj w Twojej firmie.



fol. Pink Badger, fotolia.com

sukcesywnego usuwania wad betonów tradycyjnych przez stosowanie odpowiednich domieszek i dodatków oraz rozwoju chemii budowlanej jest z kolei technologia betonów wysokowartościowych i ultrawysokowartościowych, które ze względu na swoje właściwości znajdują coraz większe zastosowanie w szeroko pojętych konstrukcjach zespolonych.

Perspektywiczne myślenie o betonie widać także w obszarze regulacji prawnych. Beton towarowy jako wyrób, który zgodnie z przepisami obowiązującymi do 31 grudnia 2016 r. nie był objęty obowiązkiem znakowania znakiem budowlanym, powinien od 1 lipca 2019 r. być wprowadzany do obrotu wraz z krajową deklaracją właściwości użytkowych. Obowiązująca norma PN-B-06265:2018-10 – krajowe uzupełnienie do normy PN-EN 206+A1:2016-12 – dostosowuje zapisy normy EN 206 do krajowych realiów branży budowlanej.

Literatura

- [1] Cicek E.: *Zapobieganie powstawaniu spękań w betonowych nawierzchniach*. „Cement, Wapno, Beton” 2018, nr 6, s. 453–467.
- [2] Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Świerczyński W.: *Po co beton ma być wodoszczelny?*. „Budownictwo, Technologie, Architektura” 2015, nr 1, s. 76–78.
- [3] Kucharska M., Dybeł P., Wałach D.: *Zastosowanie betonów nowej generacji w budownictwie podziemnym*. „Budownictwo Górnicze i Tunelowe” 2018, nr 1, s. 13–19.
- [4] Łukowski P.: *Modyfikacja materiałowa i jej rola w technologii betonu – spojrzenie z perspektywy dziesięciu konferencji „Dni Betonu”*. „Budownictwo, Technologie, Architektura” 2019, nr 1, s. 62–67.
- [5] Jamroży Z.: *Beton i jego technologie*. Warszawa 2005.
- [6] Czarnecki L., Łukowski P., Śliwiński J.: *Materiałowe uwarunkowania awarii i napraw konstrukcji z betonu*. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna *Awarie budowlane. Zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje*. Red. M. Kaszyńska. T. 1. Szczecin 2011, s. 55–74.
- [7] Środa B.: *Beton – niskoemisyjny materiał budowlany przyszłości*. „Budownictwo, Technologie, Architektura” 2017, nr 1, s. 70–71.
- [8] Danielewska K., Pszczołkowska A., Górecki T.: *Nanotechnologia w budownictwie*. „Materiały Budowlane” 2007, nr 2, s. 46–47.
- [9] Jackiewicz-Rek W.: *Beton na froncie walki o jakość powietrza* (online). YouTube. Dostępny w Internecie: <https://www.youtube.com/watch?v=pqUuSHIPhtY> (dostęp 7 lipca 2019).
- [10] Kruszyński J., Skanska Property Poland Sp. z o.o.: *Chodniki antysmogowe powstaną przy biurowcu HighFive* (online). [BudownictwoInzynieryjne.pl](http://www.budownictwoinzynieryjne.pl), czerwiec 2019. Dostępny w Internecie: <http://www.nbi.com.pl/chodniki-antysmogowe-powstana-przy-biurowcu-highfive/> (dostęp 5 lipca 2019).



KRUSZGEO SA

Rzeszów · ul. M. Reja 16 · www.kruszgeo.com.pl

BIURO HANDLOWE · tel./fax 17 853 67 38



**ŻWIRY · GRYSY
PIASKI · KRUSZYWA
BETON TOWAROWY
PIASKI SUSZONE KWARCOWE**

USŁUGI GEOLOGICZNE

Dział Górnictwo-Geologiczny · tel. 17 85 09 151

