

# Beton - fascynujący materiał

Tekst: Paweł Kożuchowski

Zdjęcia: Centrum Nauki Kopernik, Maciej Wicik (str. 30-31), Tomasz Pijarczyk (str. 32-35)

Dziś beton w naszym otoczeniu znajdziemy wszędzie - od konstrukcji inżynierskich po elementy dekoracyjne, a nawet sztukę. Dzięki zaawansowanym technologiom i rozwojowi budownictwa beton jako tworzywo nabiera nowego znaczenia. Przybiera różnorodne formy – od natryskowych konstrukcji o fantazyjnym kształcie, poprzez niemal idealne betony architektoniczne aż po prawie przezroczyste betonowe ściany.

Typy betonu – podstawowe kryteria podziału

Funkcja użytkowa:

- betony konstrukcyjne
- izolacyjne termiczne
- żaroodporne
- wodoszczelne
- nawierzchniowe
- betony odporne na ścieranie
- betony osłonowe jako ochrona przed promieniowaniem
- betony architektoniczne
- betony wodoprzepuszczalne

Gęstość pozorna:

- betony ciężkie – powyżej 2600 kg/m<sup>3</sup>
- betony zwykłe - pomiędzy 1800-2600 kg/m<sup>3</sup>
- betony lekkie – poniżej 1800 kg/m<sup>3</sup>

Struktura wewnętrzna:

- betony zwarte – wypełnienie porów pomiędzy kruszywami zaprawą powyżej 85%
- betony półzwarne - wypełnienie porów pomiędzy kruszywami zaprawą częściową
- betony jamiste – brak wypełnienia porów pomiędzy kruszywami zaprawą



**H**istoria betonu sięga starożytności. Najwspanialszym przykładem jest zbudowana prawie dwa tysiące lat temu kopuła Panteonu z lanego betonu o średnicy ponad 43 metrów. Wszystko zaczęło się od prostego połączenia wapna i kruszywa, a odkrycie najpierw naturalnych cementów pucolanowych, a później – portlandzkich, hutniczych, glinowych, magnezjowych i anhydrytowych – doprowadziło do rozpowszechnienia betonu jako podstawowego budulca konstrukcji architektonicznych i inżynierskich. Dziś beton, czyli sztuczny kamień wykonuje się również na spoiwach takich jak żywice (epoksydowe, akrylowe, poliuretanowe) oraz asfalty i bitumy. Dziś o zastosowaniu betonu nie decyduje tylko cement, lecz przede wszystkim plastyfikatory, dzięki którym możemy z taką śmiałością go stosować.

Betony dzieli się na wiele rodzajów, w zależności od różnych parametrów, niemniej podstawowe

kryteria podziału to funkcje użytkowe, gęstość pozorna i struktura wewnętrzna materiału. Tak przyjęty podział funkcjonuje od wielu lat, lecz czy skutecznie? O wadze betonu możemy rozmawiać bez problemów, każdy z już nas spotkał się oprócz betonu zwykłego z betonem lekkim jako keramzytobeton lub pianobeton. O szczelności betonu rozmawialiśmy niejednokrotnie na budowie. Są jednak betony bardzo mało znane. Takim betonem jest beton jamisty czyli beton wodoprzepuszczalny. Ta technologia to tak naprawdę nowość w budownictwie na całym świecie, a drogę do niej uTORowały dopiero specjalistyczne cementy oraz superplastyfikatory.

Nieustannie od wielu lat badane są wznoszone konstrukcje, a właściwie ich wady. Wnioskiem, który można wyciągnąć z tych badań jest to, że jednym z kluczowych zagrożeń dla konstrukcji budowlanych jest woda. Tak banalne stwierdzenie spędza sen z oczu architektom, konstruktorom

i wykonawcom. Odwieczna walka z wodą to pasmo sukcesów i porażek, a także skutków, które przez wiele lat są zmorą dla użytkownika.

W tym miejscu rodzi się nowa myśl – czy nie lepiej przestać walczyć z wodą, lecz po prostu ją zaakceptować i pozwolić jej płynąć? Podobnie jak w przypadku powodzi, której nie powstrzymają żadne wały. Szansę stwarza naturalne zjawisko wodoprzepuszczalności. Dzięki porowatej strukturze betony jamiste pozwalają na swobodny przepływ wody. Na świecie z betonu jamistego wykonuje się drogi dojazdowe, z asfaltobetonu jamistego - autostrady, z żywicznych betonów jamistych - ścieżki, parkingi i osłony wokół drzew, a z elastycznych granulatów gumowych – nawierzchnie sportowe i place zabaw. Z ciekawym i innowacyjnym pomysłem wyszli Japończycy, stosując na skarpach beton jamisty zasypany ziemią jako azurową antyerozyjną konstrukcję porośniętą trawą. Różnorodnych zastosowań technologii

wodoprzepuszczalnych można znaleźć jeszcze wiele.

#### Jak powstaje beton jamisty

Idea jest bardzo prosta. Podstawą jest dobór kruszywa oraz odpowiedniego spoiwa. Kruszywa w betonie jamistym, w odróżnieniu od klasycznego betonu, powinny być dobierane w taki sposób, aby uzyskać odpowiednio dużą objętość porów – najlepiej stosować kruszywa jednofrakcyjne (np.: 4/8 mm, 8/16 mm, 16/32 mm). Jako kruszywa możemy stosować żwir, grys oraz kruszywa lekkie, np. keramzyt lub popiołyort. Dobór rodzaju kruszywa odpowiada głównie za wodoprzepuszczalność i wagę, ma także wpływ na odporność mechaniczną betonu jamistego. Dobór spoiwa to drugi istotny element, decydujący głównie o odporności mechanicznej i estetyce gotowej nawierzchni. Istotą doboru spoiwa są jego parametry fizyczne, takie jak lepkość, tiksotropowość, czas życia, czas wiązania. Podstawowe spoiwa

stosowane w technologii betonu jamistego to:

- specjalne cementy z superplastyfikatorami → potrafią skutecznie wiązać kruszywa pomimo bardzo niewielkiej grubości zaprawy cementowej, pozostającej wyłącznie na powierzchni kruszywa. Tak dobrane spoiwa cementowe nie spływają z kruszywa, nie zasklepiają porów, są odporne na erozję. Klasyczne cementy bez plastyfikatorów nie są w stanie tego zapewnić. Dodawanie do nich plastyfikatorów znacznie utrudnia wykonanie stabilnej mieszanki i znacznie zwiększa koszt wykonania betonu jamistego.
- Żywice epoksydowe → spoiwo doskonałe, które pozwala na tworzenie wodoprzepuszczalnych betonów jamistych z kruszywa ozdobnych. Jednak nie wszystkie żywice epoksydowe do tego się nadają. Parametry żywicy muszą być dobrane równie precyzyjnie

jak w przypadku cementów. Istotnym mankamentem epoksydów jest ich niewielka odporność na promieniowanie ultrafioletowe, które powoduje ich żółknięcie. Trudnością jest także konieczność pracy na spoiwie dwuskładnikowym, co znacznie utrudnia proces wykonawczy.

- Żywice poliuretanowe → spoiwo również doskonałe, które pozwala na tworzenie wodoprzepuszczalnych betonów jamistych z kruszywa ozdobnych. Parametry mechaniczne poliuretanów są takie jak epoksydów. Poliuretany mają jednak dodatkowe dwie zalety - nie żółkną pod wpływem promieniowania UV i są dostępne w postaci jednoskładnikowej. Ich wiązanie odbywa się poprzez utwardzanie wilgocią z powietrza. Przy zastosowaniu spoiw poliuretanowych można tworzyć także elastyczne nawierzchnie bezpieczne i sportowe z granulatów gumowych.





akwaplanacji, czyli powstawania filmu wodnego na ich powierzchni, a ponadto lepiej tłumią hałas.

#### Aspekty techniczne

Wielokrotnie zadawane jest pytanie, jak beton jamisty zachowa się zimą? Odpowiedź na to pytanie brzmi - zachowa się dobrze, ponieważ zamrznięta woda w porach betonu rozpręży się we wszystkich kierunkach równocześnie, a siły zniszą się wzajemnie. Oczywiście

- Asfalty → spoiwo naturalne otrzymywane z ropy naftowej. Dzięki asfaltom powstają klasyczne asfaltobeton drogowe, a także asfaltobeton jamiste. W przypadku tych ostatnich istotnym ograniczeniem wykonawczym jest konieczność pracy w wysokich temperaturach, ponieważ to dzięki nim asfalt staje się płynny, a utwardza się stygnąc. Po odpowiedniej modyfikacji spoiwa asfaltowego można tworzyć również wodoprzepuszczalne nawierzchnie drogowe. Nawierzchnie takie są odporne na zjawisko

strach jest uzasadniony i nie całkiem bezpodstawny. Od wielu lat badane są nawierzchnie drogowe z asfaltobetonów jamistych pod kątem ich odporności na warunki zimowe. Badania testowych odcinków w Polsce wykazują że takie nawierzchnie ulegają stopniowej degradacji po wielu latach. Trudno jest jednak stwierdzić, co ma na to największy wpływ - obciążenie dynamiczne zamrzniętej nawierzchni, brak odwodnienia przez szczelne podbudowy, czy może brak odwodnienia przez obrzeża i krawężniki? Technologia betonu jamistego musi być wykonana

konsekwentnie. Na świecie od wielu lat stosuje się wodoprzepuszczalne obrzeża dróg wykonane w technice obsadzania krawężników na żywym betonie jamistym. Dzięki kompleksowemu odwodnieniu nawierzchni z betonów jamistych ryzyko uszkożeń spada wielokrotnie.

Kolejnym ważnym aspektem jest zabrudzenie nawierzchni porowatych. Można temu zaradzić na dwa sposoby. Zabrudzenie jest nieuniknione, więc należy bądź zrezygnować z takich nawierzchni w określonych przypadkach lub w miarę precyzyjne przewidzieć rodzaj zabrudzeń i dobrać do nich nawierzchnię. Rezygnować należy z takich nawierzchni w miejscach występowania trwałego błota, zanieczyszczeń tłustych, w miejscach dużego zapylenia. Pory w nawierzchni zasklepione drobnymi cząstkami staną się po pewnym czasie nieprzepuszczalne dla wody. Inaczej ten problem wygląda w przypadku zabrudzeń piaskowych. Piasek nie spowoduje trwałego uszczelnienia, należy się jednak liczyć ze zmniejszeniem wodoprzepuszczalności.

Aby właściwie dostosować rodzaj nawierzchni do przewidywanych zabrudzeń, należy określić wielkość zanieczyszczeń w stosunku do wielkości porów w nawierzchni wodoprzepuszczalnej. Im większe pory, tym więcej zanieczyszczeń

może wnikać w nawierzchnię, ale łatwiej jest ją czyścić. Dobrym rozwiązaniem jest także łączenie betonów jamistych z grubych kruszyw, które stanowią warstwę drenażu z porowatą nawierzchnią z drobnych kruszyw jako warstwą eksploatacyjną. Należy także uwzględnić prędkość przepływu i spływu wody. Nawierzchnie z kruszyw o dużych średnicach są dużo bardziej wodoprzepuszczalne, co umożliwiło ich samooczyszczanie podczas dużych opadów. Trudniej oczyszczają się, choć mniej się brudzą, nawierzchnie z kruszyw drobnociąskowych. Dobre efekty daje również czyszczenie nawierzchni wodą pod ciśnieniem oraz odkurzenie. Warunek zawsze jest jeden - woda musi mieć dokąd odpłynąć lub zostać zgromadzona w celu oczyszczenia (np. w osadnikach).

Kolejnym istotnym zjawiskiem jest podsiąkanie kapilarne - proces niedostrzegalny gołym okiem, z którym materiały budowlane próbują walczyć na co dzień. Woda zawarta w podłożu podnosi się w materiale betonowym przez siły adhezji i napięcia powierzchniowe jest stopniowo wchłaniana przez materiały wykończeniowe. Żywym dowodem są porosty pomiędzy fugami na kostce, mech pomiędzy płytami betonowymi na tarasie czy odklejające się płytki terakoty na balkonie. Wojna

z podsiąkaniem została wypowiedziana już dawno temu. Dziś powszechnym zabiegiem jest stosowanie izolacji mineralnej na szlachlicie dociskowej pod płytkami terakoty lub inne metody „odciągnięcia” wilgoci. Stosowanie betonów jamistych jest nową alternatywą. Jego porowata struktura w sposób naturalny powoduje, że beton jamisty nie wykazuje podsiąkania kapilarnego. Obrazowo mówiąc, materiały wykończeniowe układane na betonie jamistym są suche, choć w dolnej warstwie betonu jamistego przepływa woda.

Wykończenie cementowego betonu jamistego to równie ważny element do rozpatrzenia. Na cementowych betonach jamistych najlepiej sprawdzają się nawierzchnie wodoprzepuszczalne kruszyw spajanych żywicą, z granulatów gumowych spajanych żywicą poliuretanową, z asfaltobetonów, a także z klasycznych kostek i płyt betonowych bądź kamiennych. Nawierzchnie z kostek lub płyt należy wykonywać zawsze z pustą fugą lub z fugą wodoprzepuszczalną.

#### Centrum Nauki Kopernik

Technologie nawierzchni wodoprzepuszczalnych już od kilku lat stosowane są także w Polsce, niemniej kompleksowe myślenie o be-

tonie jamistym to nowość. Pierwszą realizacją na dużą skalę jest ogród na dachu Centrum Nauki Kopernik, gdzie wykonano blisko 2,5 tysiąca m<sup>2</sup> nawierzchni wodoprzepuszczalnej z drobnego bazaltu na podbudowie z betonu jamistego.

Maciej Wicik, kierownik projektu Budowy Centrum Nauki Kopernik ze Stołecznego Zarządu Rozbudowy Miasta, który z technologią betonu jamistego spotkał się po raz pierwszy, jest mile zaskoczony sprawnością tego rozwiązania: *Świeżo wykonane nawierzchnie pomyślnie przeszły pierwszy test podczas tegorocznych anomalii pogodowych. Pomimo obfitych i bardzo częstych opadów na dachu CNK nie zdarzyły się nigdy problemy z odprowadzaniem wody.* Zalety technologii betonów jamistych i nawierzchni wodoprzepuszczalnych podkreśla także Renata Zawadzka z firmy Werbena Art.: *Nawierzchnie wodoprzepuszczalne wykonywaliśmy samodzielnie na miejscu, równoległe z pracami ogrodniczymi, co pozwoliło na bardzo szybką realizację robót.*

Efekty już wkrótce będzie można obejrzeć osobiście – dach CNK zostanie udostępniony gościom jesienią 2010 roku.



#### Beton jamisty – przykłady zastosowań

- drenaż pod nawierzchnie piesze, drogowe
- drenaż na dachach zielonych i tarasach
- drenaż pod płyty kamienne i betonowe na tarasach
- drenaż punktowy i liniowy na parkingach
- zbiorniki retencyjne i rozszczapujące
- stabilizowane wypełnienie kubatur, spadków itp.
- wodoprzepuszczalne fundamenty i płyty pod urządzenia na dachach
- wodoprzepuszczalne płyty chodnikowe, schody itp.
- stabilizowana warstwa dociskowa na dachach balastowych
- warstwa eksploatacyjna nawierzchni pieszych, drogowych
- stabilizowane opaski żwirowe wokół budynków, na dachach zielonych płaskich i skośnych
- podbudowa pod obrzeża i krawężniki
- zabezpieczenia antyerozyjne skarp
- osłony wokół drzew
- elementy dekoracyjne (ławki, fontanny, donice itp.)

