



Temat specjalny

BETONOWE NAWIERZCHNIE DROGOWE

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

Program budowy dróg krajowych zakłada, że w latach 2014–2023 powstanie 2,2 tys. km dróg krajowych, w tym 35 obwodnic o długości ponad 360 km. Planowane drogi będą kosztować prawie 93 mld zł, przy czym ok. połowa tej kwoty będzie pochodziła ze środków unijnych. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad zapowiedziała, że 810 km nowych dróg powstanie w technologii betonowej, stawiając tym samym na dywersyfikację działań obu branż – betonowej i asfaltowej.



fol. PORR Polska Infrastructure SA

Decyzja GDDKiA dotycząca budowy 810 km dróg w technologii betonowej może zaskakiwać w kontekście danych historycznych – w ciągu ostatnich 20 lat na zlecenie GDDKiA wybudowano ich zaledwie 600 km. Obecna zmiana stanowiska jest wynikiem m.in. obserwacji doświadczeń zarządców dróg w innych krajach oraz podobieństwa kosztów budowy obu rodzaju dróg – betonowych i asfaltowych. Doceniono także trwałość tych pierwszych. Warto w tym kontekście przypomnieć, że rozwój technologii betonowych to proces permanentny, a w ostatnich latach dokonał się istotny postęp zarówno w zakresie konstrukcji, wdrożonych technologii, jak i prowadzonych prac badawczych.

Rozwój technologii betonowych

Początki nawierzchni betonowych sięgają czasów starożytnych, kiedy to Rzymianie zaczęli używać cementu pucolanowego do spajania warstw składających się na drogę. Pierwsza współcześnie rozumiana nawierzchnia betonowa powstała na początku XX w. w Stanach Zjednoczonych – długa na 1 milę i szeroka na 4,5 m, o grubości płyt betonowych 0,175 m i szczelinami rozszerzania z drewnianymi wkładkami usytuowanymi co 7,5 m. Z kolei pierwsze autostrady z nawierzchnią betonową pojawiły się w Niemczech, gdzie do 1939 r. wybudowano ich ok. 41 mln m². Polskie doświadczenia z tą technologią rozpoczęły się w 1912 r. w Krakowie.

W porównaniu do początków sięgających XX w. w nawierzchniach betonowych dokonały się ewolucja i rewolucja techno-

logiczna. Kamieniem milowym było zmniejszenie odległości między szczelinami poprzecznymi do 5 m, wprowadzenie podbudów płyt betonowych, obowiązkowe stosowanie domieszek napowietrzających beton oraz zastosowanie środków pielęgnacji świeżego betonu [1].

Rodzaje nawierzchni betonowych

Po ponad stuletnim okresie eksploatacji drogowych nawierzchni betonowych, podczas których zmieniały się materiały, technologia oraz sprzęt, współcześnie można wyróżnić następujące odmiany nawierzchni sztywnych:

- niezbrojone i niedyblowane (płyty krótkie) – ten najstarszy rodzaj nawierzchni betonowej, zwanej kalifornijską, tworzą tylko krótkie płyty niezbrojone i niedyblowane. Nawierzchnia, położona na podbudowach odpornych na erozję (chudy beton) lub warstwach drenujących, podzielona jest szczelinami podłużnymi i poprzecznymi (pozornymi, ciętymi na 1/3 grubości płyty);
- dyblowane i kotwione (płyty krótkie) – doświadczenia z nawierzchniami betonowymi pokazały, że dyblowanie płyt znacznie poprawia współpracę płyt na szczelinach – płyty mniej klawiszują, a szczeliny mniej się rozszerzają. Istotne jest przy tym prawidłowe zastosowanie dybli, w przeciwnym wypadku przy szczelinach dyblowanych mogą się pojawić zniszczenia nawierzchni, tzw. owalizacja, w następstwie której wykrusza się beton wokół dybla. Z kolei niedokładne ułożenie dybli, nierównoległe do osi i powierzchni górnej



REKMA Sp. z o.o.
ul. Szlachecka 7
32-080 Brzezie
tel. +48 12/633 59 22
fax +48 12/397 52 20



www.rekma.pl

- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach dróg i lotnisk
- Natrysk hydrofobowy i regeneracyjny nawierzchni
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą RMI

SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE





S8 Złoczew – Sieradz, fot. Strabag Sp. z o.o.

plyty, może powodować jej pęknięcia. Aby połączyć płyty w szczelinach, stosuje się kotwy, których wymiary i rozstaw zawarto w normie PN-EN 13877-1:2013. Choć technika osadzania kotew jest różna, najczęściej wciska się je w świeżo ułożoną mieszankę za pomocą wibratora:

- zbrojone (płyty krótkie i długie) – jak pokazują lata doświadczeń, zbrojenie płyt w znacznym stopniu wpływa na zmniejszenie liczby rys, ich rozwartości oraz pęknięć, a także zmniejszenie liczby szczelin skurczowych. Zaleca się zbrojenie płyt w przypadkach spodziewanych nierównomiernych osiadań podłoża, np. przy mostach i wiaduktach, nad przepustami i wykopami kanalizacyjnymi oraz na nasypach;
- o zbrojeniu ciągłym (płyty długie – warstwy) – ten sposób zbrojenia płyt jest niezwykle popularny w USA, Anglii, Belgii czy Francji, gdzie docenia się ten typ nawierzchni z uwagi na długi okres eksploatacji, komfortową jazdę bez nierówności i klawiszowania szczelin, dzięki czemu także utrzymanie nawierzchni nie wymaga dużych nakładów finansowych. Ich zaletą jest ównież brak występowania zjawiska przenikania wody do podłoża i pompowania w szczelinach;
- złożone (mieszane) – powstają z połączenia nawierzchni z betonu cementowego z nawierzchnią wykonaną z mieszanki mineralno-asfaltowej. Mogą to być nawierzchnie z betonu cementowego o ciągłym zbrojeniu przykryte cienką warstwą z mieszanki mineralno-asfaltowej, nawierzchnie z betonu cementowego niezbrojonego lub zbrojonego układane na istniejących nawierzchniach asfaltowych (tzw. *whitetopping* lub *ultra-thin-white-topping*) lub nawierzchnie z betonu cementowego umieszczone pomiędzy istniejącymi w planie nawierzchniami asfaltowymi lub betonowymi;
- inne rodzaje nawierzchni z betonu (z włóknami rozproszonymi, wałowanego, porowatego, piaskowego) – betony zbrojone włóknem rozproszonym cechuje mniejsza liczba spękań wewnętrznych i powierzchniowych, zwiększona mrozood-

porność, ścieralność, odporność na uderzenia udarowe oraz agresywne środowisko. Beton wałowany charakteryzuje się małą zawartością wody zarobowej. Nawierzchnie z betonu wałowanego są szeroko stosowane we Francji i Niemczech głównie do budowy dróg lokalnych, dla niewielkich obciążeń ruchem. We Francji dla obciążeń mniejszych od 130 kN stosuje się nawierzchnie z betonu piaskowego, w których beton charakteryzuje się znacznie większą zawartością piasku niż beton tradycyjny. Z kolei jako warstwy drenującej Francuzi wykorzystują beton porowaty (od 15 do 20% porowatości).

Oprócz przedstawionych nawierzchni wyróżnia się ponadto nawierzchnie z betonu sprężonego i prefabrykowane, jednak nie znajdują one w zasadzie zastosowania na drogach publicznych [1].

Wymagania stawiane betonom

Obowiązująca obecnie norma EN 206:2014 *Beton – wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* zastąpiła PN-EN 206-1:2003. W nowej normie znalazły się nowe terminy i definicje, m.in. znowelizowana definicja betonu według normy EN 206 brzmi: „Beton – materiał powstały ze zmieszania cementu, kruszywa grubego i drobnego, wody oraz ewentualnych domieszek, dodatków lub włókien, który uzyskuje swoje właściwości w wyniku hydratacji”. Nowa norma wprowadza do składu betonu włókna. Usunięto z niej ocenę konsystencji mieszanki betonowej według klasy konsystencji oznaczonej metodą Vebe, a dodano klasę konsystencji według metody rozpląwu stożka, którą stosuje się wyłącznie do betonu samozagęszczalnego. Nowa wersja normy nie definiuje betonu wysokiej wytrzymałości.

W EN 206:2014 dokonano także zmian w obrębie następujących obszarów:

- dodano zasady stosowania betonów z włóknami oraz betonów z kruszywem z recyklingu;



Wykorzystaj w swoich realizacjach 100 lat doświadczeń BASF

Domieszki do betonu
Posadzki przemysłowe
Systemy hydroizolacji
Systemy naprawcze

Master Builders Solutions - kompleksowe rozwiązania w zakresie domieszek do betonu, posadzek przemysłowych, systemów hydroizolacji oraz systemów naprawczych betonu.

Nowoczesne produkty, wieloletnie doświadczenie, konkretne rozwiązania. Znalezienie wiarygodnego wsparcia dla Twoich projektów, nigdy nie było łatwiejsze.

Po więcej informacji odwiedź naszą stronę www.master-builders-solutions.pl

 **BASF**

The Chemical Company



Budowa placu w Opcznie w technologii RCC, fot. LafargeHolcim

- zmieniono koncepcję współczynnika k w odniesieniu do popiołu lotnego i pyłu krzemionkowego oraz dodano nowe zasady dotyczące mielonego, granulowanego żużla wielkopieczowego;
- wprowadzono zasady dotyczące koncepcji właściwości użytkowych w odniesieniu do stosowania dodatków, np. koncepcji równoważnych właściwości użytkowych betonu i kombinacji równoważnych właściwości użytkowych;
- zmieniono i dodano nowe pojęcia w zakresie oceny zgodności;
- włączono EN 206-9 *Dodatkowe zasady dotyczące betonu samozagęszczalnego (SCC)*;
- włączono dodatkowe wymagania dotyczące betonu do specjalnych robót geotechnicznych [2, 3].

Trwałość nawierzchni betonowych i przyczyny uszkodzeń

Zgodnie z wymaganiami zawartymi w *Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych* z 2001 r. oraz jego aktualizacji z 2013 r., nawierzchnie betonowe w Polsce projektuje się na okres eksploatacji nie krótszy niż 30 lat [4, 5]. Nawierzchnie betonowe w pierwszych latach eksploatacji wymagają jedynie oceny i uzupełniania oraz wypełniania szczelin dylatacyjnych, których szczelność powinna być stale monitorowana. W późniejszym czasie użytkowania mogą się pojawić pęknięcia krawędzi płyt w rejonie dylatacji. Pierwszych zabiegów związanych z poprawą szorstkości nawierzchni powinno się dokonać po ok. 10 latach eksploatacji, natomiast po 20–30 latach konieczne może się okazać wzmocnienie nawierzchni lub wymiana na nową z uwagi na ewentualne spękania siatkowe oraz pęknięcia w narożach i krawędziach płyt [1]. Popełnienie błędów podczas projektowania, w budowywania czy utrzymania nawierzchni betonowej, skutkujące obniżeniem parametrów nawierzchni i całej konstrukcji, może doprowadzić do pojawienia się wad i uszkodzeń wcześniej niż zakładano.

Do podstawowych grup uszkodzeń nawierzchni betonowych należą uszkodzenia powierzchniowe i strukturalne. Uszkodzenia

powierzchniowe mają znaczenie dla estetyki, komfortu jazdy i trwałości nawierzchni, ale nie wpływają w sposób istotny na przekrój poprzeczny i parametry mechaniczne płyt betonowych. Należą do nich ubytki powstające w wyniku wyłuskania ziarna kruszywa z powierzchni betonu, odpryski ziaren kruszywa, kraterzy z białymi wykwitami, pęknięcia włoskowate, złuszczenie, odpryskiwanie betonu, rdzawe plamy czy niedostateczna szorstkość powierzchni. Z kolei uszkodzenia strukturalne to wady znacząco wpływające na geometrię i mechanikę betonowych elementów nawierzchni, zwłaszcza te, które zaburzają ciągłość płyt i osłabiają przekrój elementu. Można wśród nich wymienić pęknięcia płyt, klawiszowanie, degradację szczelin dylatacyjnych, wysadziny, degradację wgłębną, obrywanie krawędzi, rozwarstwienia, pustki wewnętrzne, wtrącenia obce oraz spękania przyszczelinowe [6].

Zalety nawierzchni betonowych

Obecnie nawierzchnie betonowe mogą konkurować z asfaltowymi już na etapie wykonawczym, a w kontekście trwałości są bezkonkurencyjne. Porównując inne aspekty obu typów, nawierzchnie betonowe cechuje większa trwałość w długim okresie użytkowania (nie wymagają napraw, wymiany przez nawet 50 lat) [7]. Nawierzchnie betonowe są cenione przez kierowców – prawidłowo skonstruowane i teksturowane mają mniejsze odkształcenia (brak zjawiska koleinowania), dzięki czemu gwarantują większe bezpieczeństwo i komfort jazdy oraz zmniejszone zapotrzebowanie na paliwo. Z kolei jaśniejszy kolor nawierzchni betonowych i zwiększona refleksyjność poprawiają widoczność, zwłaszcza w nocy. W mieszankach betonowych do nawierzchni można stosować przemysłowe produkty uboczne i odpadowe (np. cementy z popiołem lotnym i żużlem wielkopieczowym), co nie tylko eliminuje potrzebę ich składowania, ale również zmniejsza zapotrzebowanie na nowe materiały, oszczędzając tym samym zasoby naturalne [8].

Fakty i mity

Na temat nawierzchni betonowych od lat pokutuje wiele nieprawdziwych opinii. Jedną z nich jest dość ogólne stwier-

dzenie, że beton jest po prostu za drogi i Polski nie stać na nawierzchnie betonowe. Jakiś czas temu beton faktycznie był rozwiązaniem droższym od asfaltu na etapie budowy, jednak na skutek zawirowań na rynku ropy naftowej w okresie od marca 2009 r. do marca 2012 r. cena tego surowca gwałtownie wzrosła, a jej wahania są dynamiczne. Z kolei ceny cementu i betonu od lat utrzymują się na stabilnym poziomie, co świadczy o atrakcyjności nawierzchni betonowych, zwłaszcza w połączeniu z niskimi kosztami transportu oraz brakiem ryzyka walutowego. Można także usłyszeć argument, że czołowi producenci asfaltu w Polsce to firmy z prawdziwie polskim kapitałem, a większość firm produkujących beton ma zagranicznych udziałowców. Tymczasem do produkcji betonu wytwarzanego w lokalnej wytwórni zużywane są całkowicie polskie surowce, głównie cement i kruszywa. Asfalt zaś jest pochodną ropy naftowej, a jego produkcja jest silnie uzależniona od importu [9].

Przykłady różnego rodzaju obiegowych opinii można by mnożyć, warto jednak opierać się na faktach i dowodach popartych praktyką oraz danych empirycznych, a te nie pozwalają wątpić, że za budową nawierzchni betonowych przemawiają pozytywne doświadczenia ich użytkowników w Polsce i na świecie, jak również wiele publikacji naukowych i opracowań.

Literatura

- [1] Szydło A.: *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego*. Polski Cement. Kraków 2004.
- [2] EN 206:2014 *Beton – wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
- [3] Bobrowicz J., Czarnecki L., Giergiczny Z.: *PN-EN 206 – rok 2014* [online]. Referat wygłoszony podczas VIII Konferencji *Dni betonu 2014*, Wisła, 13–15 października 2014 [dostęp: 14 sierpnia 2015]. Dostępny w Internecie: http://www.dnibetonu.pl/page/archiwum_abstract/?pa_id=823.
- [4] *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych*. IBDiM. Warszawa 2001.
- [5] *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych*. Politechnika Wrocławska. Wrocław 2013.
- [6] Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Dudziec P.: *Nawierzchnie betonowe – klasyfikacja i przyczyny powstawania uszkodzeń* [online]. Materiały konferencyjne VIII Konferencji *Dni betonu 2014*, Wisła, 13–15 października 2014 [dostęp: 14 sierpnia 2015]. Dostępny w Internecie: http://www.dnibetonu.pl/page/archiwum_lista/?order=subject&conf=11&.
- [7] *Concrete Pavement, The Right Choice Beneath Your Tires* [online]. American Concrete Pavement Association (ACPA), USA 2010 [dostęp: 14 sierpnia 2015]. Dostępny w Internecie: <http://1204075.sites.myregisteredsite.com/downloads/QDs/QD028P%20-%20Concrete%20Pavements%20-%20The%20Right%20Choice%20Beneath%20Your%20Tires.pdf>.
- [8] Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M.: *Zrównoważony rozwój technologii nawierzchni betonowych – aspekty funkcjonalne*. Materiały konferencyjne VII Konferencji *Dni betonu 2012*, Wisła, 8–10 października 2012.
- [9] www.betonowki.pl
- [10] Tagi – Budownictwo inżynierskie [online]. „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” [dostęp: 10 sierpnia 2015]. Dostępny w Internecie: <http://www.nbi.com.pl/tagi/>.



Budowa drogi betonowej w Piaskach, CEMEX Infrastruktura Sp. z o.o.



A1 Stryków – Tuszyn, fot. Stowarzyszenie Producentów Cementu



A1 Stryków – Tuszyn, fot. Strabag Sp. z o.o.



Budowa placu w Opocznie w technologii RCC, fot. LafargeHolcim