fot. Grzegorz Kijowski

Odcinek autostrady A-18 Golnice – Krzywa

Drogi betonowe to nie tylko Stany Zjednoczone czy Niemcy

Historia nawierzchni wykonanych z betonu cementowego sięga początków XX wieku. Przez ten okres nastąpił duży rozwój technologii wykonywania nawierzchni. Pierwsze drogi betonowe były układane bezpośrednio na gruncie rodzimym, w ogóle nie przywiązywano wagi do ich podbudowy. Obecnie każda droga, niezależnie czy jest to autostrada, czy droga gminna, składa się z układu warstw, wśród których znajdują się: ulepszone podłoże, podbudowa, a dopiero na samym końcu warstwa wierzchnia. Oprócz rozwoju technologicznego nastąpił duży rozwój materiałowy. Na dużą skalę zaczęto stosować domieszki chemiczne, poprawiające cechy stwardniałego betonu (zwiększenie wytrzymałości, poprawa odporności fizycznej i chemicznej).

Na całym świecie trwają badania nad nawierzchniami sztywnymi. Kierunki badań i rozwoju nawierzchni betonowych można podzielić na kilka grup:

1. Ekonomia a trwałość nawierzchni
2. Utrzymanie i naprawa
3. Bezpieczeństwo i ochrona środowiska.

Poniżej przedstawię pierwszy z nich, mając na uwadze ciągłe remonty, jakie mają miejsce na naszych drogach i uciążliwości, jakie im towarzyszą.

Ekonomia a trwałość nawierzchni

Każda droga projektowana jest na określony czas użytkowania. Z reguły okres ten wynosi 20 lat dla nawierzchni bitumicznych, a 30 dla nawierzchni betonowych. W praktyce okres użytkowania dróg asfaltowych, bez poważanych remontów, nie przekracza 10 lat, a nawierzchnia betonowa z powodzeniem może być eksploatowana 50 lat i dłużej. Możemy się o tym przekonać, jadąc drogą w austriackich Alpach pomiędzy miejscowościami Drautal a Großglockner. Droga ma długość 50 km, z czego ponad 40 km jest zbudowane z płyt betonowych. Została wykonana w latach 1951-1956. Na 5-centymetrowej warstwie piasku układano 20-centymetrową nawierzchnię z betonu. Pomiędzy płytami zastosowano dyble. Do dnia dzisiejszego droga jest użytkowana i nie wymaga dużych nakładów finansowych związanych z jej utrzymaniem.

Innym przykładem dużej trwałości nawierzchni betonowych jest ponad 90-kilometrowy odcinek autostrady z Brukseli do Liége. Od grudnia 1972 roku, kiedy została oddana do użytkowania, podstawowym zabiegiem utrzymaniowym tej autostrady było uzupełnianie szczelin. Droga została wykonana w technologii zbrojenia ciągłego.

Pierwsze próby zastosowania tego typu nawierzchni odbyły się w latach 40. XX wieku. Pionierami w projektowaniu i wykonywaniu były Stany Zjednoczone, Australia, a na naszym kontynencie Belgia, Francja, Włochy oraz Holandia. W dalszym ciągu trwają badania nad ich rozwojem. W Wielkiej Brytanii przez ostatnie trzy lata grupa naukowców zajmowała się badaniem wpływu wytrzymałości betonu oraz rodzaju podbudowy na powstawanie pęknięć powierzchniowych w płycie betonowej. Efektem tych badań było ustalenie optymalnej wysokości zbrojenia dla płyty betonowej wykonanej z kruszywa żwirowego. Wysokość ta wynosi 1/3 grubości. Zbadano również zależność pomiędzy wytrzymałością na zginanie a wytrzymałością na ściskanie dla betonów wykonanych z różnego rodzaju kruszywa. Analizowano w tym przypadku wapienie oraz żwiry. Okazało się, że dla stałej wytrzymałości na ściskanie betony wykonane z użyciem kruszywa wapiennego odznaczały się

wyższą wytrzymałością na zginanie, średnio o 0,9 MPa. Naukowcy ustalili, że nie jakość podbudowy, a rozmieszczenie zbrojenia ciągłego, jak również wytrzymałość na zginanie mają decydujący wpływ na powstawanie pęknięć powierzchniowych.

Postęp nauki

Projektowanie nawierzchni drogowych jest znacznie prostsze niż kilkadziesiąt lat temu. Jedną z przyczyn jest wykorzystywanie technik komputerowych. Daje to szansę znacznie szerszego podejścia do projektowania, umożliwia analizę danych uwzględniającą większą liczbę czynników wpływających na czas użytkowania drogi. Również wykorzystuje się modele nawierzchni bardzo zbliżone do rzeczywistych.

Prace nad takim oprogramowaniem trwają w wielu krajach, między innymi: Stanach Zjednoczonych (HIPERPAV II), Holandii (Vencon 1.0), Belgii (CIMpel, EvalMET©).

Ciekawym przykładem, umożliwiającym w prosty sposób porównanie różnych rodzajów nawierzchni, jest program EvalMET. Pomaga projektantowi wybrać najwłaściwsze rozwiązanie konstrukcyjne nawierzchni po zdefiniowaniu parametrów wejściowych, m.in. rodzaju i stanu nawierzchni, długości drogi lub powierzchni terenu, czasu oddania do użytkowania, liczby ciężkich pojazdów poruszających się po drodze, obecności sieci podziemnych, np. kanalizacji, oraz warunków klimatycznych. Na podstawie tych danych program dokonuje analizy pod względem:

- kosztów budowy i eksploatacji w projektowanym okresie
- odporności na koleinowanie
- właściwości przeciwpoślizgowych
- trwałości nawierzchni
- głośności.

Co ważne, twórcy programu nie ograniczyli się do projektowania dróg, lecz również uwzględnili analizę projektową parkingu lub skrzyżowania dróg. Wybór najlepszego rozwiązania konstrukcyjnego odbywa się metodą wielu kryteriów. Algorytm programu opiera się na funkcji dodanych wartości.

Kolejne przykłady

Wysoka trwałość i niskie koszy utrzymania dróg o nawierzchni betonowej skłoniły inne kraje do budowy dróg w tej technologii.

Na przełomie lat 60. i 70. XX wieku ówczesna Czechosłowacja, jako jeden z pierwszych krajów w Europie do budowy autostrad D1 i D2 (z Pragi przez Brno do Breclavia), wykorzystała ślizgowe rozściełacze betonu. Po około 30 latach eksploatacji Dyrekcja Dróg i Autostrad Republiki Czeskiej dokonała porównania kosztów budowy i eksploatacji dwóch odcinków autostrady D1 wykonanych z betonu i asfaltu. Obydwa odcinki charakteryzowały się podobnym obciążeniem ruchu oraz zbliżonymi warunkami klimatycznymi. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie kosztów.

Po 13 latach eksploatacji droga asfaltowa wymagała wymiany wierzchniej warstwy. Po kolejnych sześciu latach dalszej naprawie poddano podbudowę oraz na nowo ułożono warstwę asfaltu. W tym okresie na nawierzchni betonowej dokonano drobnych miejscowych zabiegów naprawczych.

	Nawierzchnia betonowa (okres użytkowania 1972-2002)	Nawierzchnia asfaltowa (okres użytkowania 1976-2002)
Koszt budowy [euro/m^2]	9,4	8,2
Utrzymanie i naprawa [euro/m^2]	14,3	31,8
Razem [euro/m^2]	23,7 (59%)	40,0 (100%)

Tabela 1. Porównanie kosztów budowy, eksploatacji i napraw autostrady betonowej i asfaltowej po 30 latach użytkowania

Odporność na ogień powoduje, że do budowy dróg w tunelach wykorzystujemy beton. Po pożarach, jakie miały miejsce w tunelach alpejskich, zwrócono szczególną uwagę na bezpieczeństwo podróżnych. Od 2001 roku u naszych słowackich sąsiadów wybudowano trzy tunele o nawierzchni betonowej. Pierwszy z nich ma długość ponad 4800 metrów, drugi – ponad 1400 metrów, a trzeci – 600 metrów. Wszystkie są wykonane z dwuwarstwowej nawierzchni betonowej. Ze względu na jasny, szary kolor betonu dodatkową zaletą jest zmniejszenie kosztów związanych z oświetleniem tuneli.

Ciekawe porównanie

W Indiach, państwie, w którym tradycja dróg betonowych wynosi ponad 70 lat, porównano ze sobą różne rodzaje nawierzchni. Zestawienie przedstawiono w tabeli 2.

Drogi betonowe wymagają większej dbałości podczas ich wykonywania. Jeżeli jednak, mimo większych problemów wykonawczych, uda się ściśle przestrzegać reżimu technologicznego, procentuje to osiąganiem bardzo wysokiej trwałości, sięgającej ponad 50 lat. Nakłady związane z utrzymaniem są minimalne, w szczególności gdy nawierzchnia jest ze zbrojeniem ciągłym.

Tabela 2. Porównanie różnych rodzajów nawierzchni stosowanych do budowy autostrad

	Nawierzchnia bitumiczna	Nawierzchnia betonowa dyblowana	Nawierzchnia ze zbrojeniem ciągłym (CRCP)	
Rodzaj normy	IRC-37[1)]	IRC-38[2)]	Brytyjska-HD 26/94, część 3, vol. 2, sekcja 2[3)]	AASHTO'93[4)]
Całkowita grubość nawierzchni [mm]	800	675	625	610
Rodzaj betonu	–	C32/40	C32/40	C32/40
Odległość pomiędzy dylatacjami [m]	–	4,25	–	–
Grubość płyty betonowej [mm]	–	300	250	230
Zbrojenie	–	Tylko dyble	0,69%	0,57%
Trwałość	Niska (5-6 lat)	Wysoka (powyżej 30 lat)	Wysoka (powyżej 30 lat)	Wysoka (powyżej 30 lat)
Oszczędność na paliwie	–	10-20%	10-20%	10-20%
Utrzymanie nawierzchni	Wysokie	Niskie	Bardzo niskie	Bardzo niskie
Opinie ze świata	Niska ocena	Dobra ocena	Bardzo dobra ocena. Belgia, USA i wiele innych krajów stosuje tę technologię. W USA 45000 km jest wykonanych z CRCP.	
Wykonanie	Łatwe	Wymaga doświadczenia	Wymaga większego doświadczenia	

[1)] Indyjskie wytyczne dotyczące projektowania nawierzchni podatnych.
[2)] Indyjskie wytyczne dotyczące projektowania nawierzchni sztywnych dla autostrad.
[3)] Norma brytyjska – Projektowanie i utrzymanie nawierzchni. Instrukcja projektowania Dróg i Mostów.
[4)] Instrukcja projektowania nawierzchni, Część II – nawierzchnie sztywne.

Nawierzchnie o zbrojeniu ciągłym nie mają szczelin poprzecznych

fot. Michał Braszczyński

Nawierzchnie betonowe w Polsce

W Polsce nie ma tradycji budowania dróg wykonanych z betonu. W latach 80. ubiegłego stulecia, podczas kryzysu energetycznego, wybudowano próbne odcinki dróg z warstwą betonową. Możemy je spotkać, podróżując po powiecie hrubieszowskim. Są to drogi gminne, które do dnia dzisiejszego z powodzeniem pełnią swoją rolę. Jest ich łącznie około 20 km. Na podkreślenie zasługuje fakt, że drogi te zostały wykonane za pomocą profesjonalnej maszyny do układania nawierzchni betonowej.

Kolejną dużą próbą budowy drogi betonowej był odcinek autostrady A18 na odcinku Golnice – Krzywa. Ten siedemnastokilometrowy odcinek autostrady ma powierzchnię 260 tys. m^2, grubość płyty wynosi 26 cm i jest ona ułożona w dwóch warstwach (19 i 7 cm). Był to pierwszy odcinek autostrady betonowej wybudowanej po II wojnie światowej w Polsce. Po 12 latach eksploatacji komfort podróżowania po tej drodze jest równie dobry jak po dwóch latach od oddania.

Drogi betonowe zyskują coraz większe grono zwolenników w Polsce. Pod koniec 2006 roku Polska miała 550 km autostrad, z czego 190 km było z betonu. Zdobywamy również doświadczenie z nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi w naszym kraju. W poprzednim roku eksperymentalnie wybudowano po raz pierwszy w Polsce odcinek autostrady w technologii zbrojenia ciągłego. Oby nasze doświadczenia były właściwie wykorzystane i służyły przyszłym pokoleniom.

mgr inż. Grzegorz Kijowski

Opracowano na podstawie materiałów:

1 *10. Międzynarodowe Sympozjum „Drogi Betonowe", Bruksela, 18-22 września 2006*

2 *Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Rozwój nawierzchni betonowych w Polsce na przykładzie modernizacji autostrady A4", Wrocław, 22-24 września 2004*

3 *Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa nawierzchni dróg z betonu cementowego", Lublin 10 kwietnia 2001*

Widok zbrojenia ciągłego nawierzchni betonowej

fot. Piotr Piestrzyński