

Pozycję, którą zajmie Polska w rodzinie krajów europejskich w pierwszych kilkudziesięciu latach nowego tysiąclecia, określi złożony system transportu drogowego i lotniczego. Tworzony dotychczas system, intensywnie rozwijany, powinien zawierać niezbędne elementy korygujące jego wykorzystanie do celów gospodarczych i społecznych nowoczesnego państwa.

W dziedzinie transportu drogowego i lotniskowego ostatnie lata przyniosły to, że na istniejącej sieci dróg krajowych nastąpił wzrost ruchu, który wyraża się tym, że wzrosła jego intensywność oraz nastąpił znaczny przyrost obciążeń nawierzchni drogowych spowodowanych dużo większym obciążeniem przekazywanym przez osie pojazdów na konstrukcje nawierzchni. W dziedzinie budowy nawierzchni lotniskowych tendencję tę zaobserwowano znacznie wcześniej. Zwiększonemu obciążeniu przekazywanemu na podwozie i nawierzchnię przez samoloty pasażerskie a szczególnie transportowe, których masa startowa wynosi nawet kilkaset ton, zaradano w ten sposób, że nawierzchnie te buduje się przede wszystkim z betonu cementowego. Technologia nawierzchni z betonu cementowego jest technologią dość złożoną, zarówno w odniesieniu do nawierzchni lotniskowych, jak i drogowych.

Jednak w sytuacjach, w których eksploatacja nawierzchni lotniskowych przebiega w warunkach wysokich temperatur otoczenia oraz dynamicznego oddziaływania strumienia gorących ga-



Fot. 1. Wytwórnia betonu o wydajności 50 m³/h, sterowana komputerowo i wyposażona w automatyczny system dozowania składników podczas pracy

O transport na europejskim poziomie

zów spalinowych, jedyną możliwą technologią zapewniającą utrzymanie ruchu lotniczego jest nawierzchnia betonowa. Przy nałożeniu się ww. czynników na nawierzchni wykonanej z betonu asfaltowego żywotność tych nawierzchni jest zwykle bardzo ograniczona. Nawierzchnie z betonu asfaltowego były dotychczas dominujące w krajowej sieci drogowej. Zalety i wady tych nawierzchni znane są użytkownikom dróg.

Intensywne prace badawcze prowadzone w kraju i na świecie ograniczyły w dużym stopniu negatywne skutki termicznych oddziaływań klimatycznych i intensywności ruchu na tych nawierzchniach. Jednak charakterystyka materiału będącego lepiszczem, którym jest asfalt, przesądza o charakterze pracy całego układu i nie pozwala na jednoznaczne i ostateczne wyeliminowanie uciążliwych cech charakterystycznych dla tych nawierzchni.

Pytanie, z czego i jak budować, pozostaje więc wciąż aktualne.

Dotychczasowe osiągnięcia w budowie nawierzchni z betonu cementowego na drogach i lotniskach

Nawierzchnie betonowe można nazwać nawierzchniami dwudziestego wieku, z pewnością ich okres świetności przenie się również na nowy wiek. Apogeum swoje osiągnęły one w połowie lat pięćdziesiątych minionego stulecia. Największe osiągnięcia ilościowe i jakościowe mają w ich budowie Stany Zjednoczone, które wybudowały dziesiątki tysięcy kilometrów dróg betonowych. Wytwarzają do ich budowy wysokiej klasy sprzęt specjalistyczny. W Europie dużymi osiągnięciami w tej dziedzinie wykazać się mogą: Wielka Brytania, która buduje większość nawierzchni łączonych i w stałych deskowaniach, Francja natomiast większość nawierzchni betonowych wykonuje w technologii ślizgowej, Szwajcaria i Belgia budują wiele tych nawierzchni, nie tylko na drogach głównych, ale również na drogach lokalnych i rolniczych. W krajach naszego regionu wiele kilometrów nawierzchni betonowych wybudowano w byłej Czechosłowacji i na Węgrzech. W byłym Związku Radzieckim na

przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych realizowano szeroko zakrojony program budowy nawierzchni betonowych, drogowych i lotniskowych, uruchamiając produkcję potrzebnego sprzętu do ich budowy. W Polsce nawierzchnie betonowe zaczęto budować w latach 1935-39. Założone tempo robót, w okresie największej koncentracji środków, wynosiło do 200 km rocznie! To odpowiadało w przybliżeniu optymistycznemu wariantowi budowy autostrad w kraju kilkadziesiąt lat później. Wybudowano w tym czasie około 180 kilometrów dróg betonowych. Zasadniczy ciąg komunikacyjny z tamtego okresu to trasa Warszawa – Białystok, którą eksploatowano przez czterdzieści pięć lat. W roku 1981 pokryto tę nawierzchnię dywanikiem bitumicznym. Ponownie próbę budowy nawierzchni betonowych podjęto w Polsce w latach pięćdziesiątych minionego stulecia. Zrealizowano w tym czasie nawierzchnie betonowe na tzw. trakcie brzeskim od Siedlec do Terespoła oraz w województwie białostockim od Zambrowa do Białegostoku i odcinek drogi Warszawa – Wilga. Na tym ostatnim odcinku w dalszej eksploatacji znajduje się kilkukilometrowy fragment nawierzchni betonowej, którego nie poddawano starannym zabiegom utrzymaniowym, a mimo to wykazuje cechy, które nie wymuszają konieczności wyłączenia go z dalszej eksploatacji – choć oczywiście nie spełnia już warunków komfortu jazdy. Ostatnie lata w kraju to renesans zainteresowań inwestorów, wykonawców i placówek naukowo-badawczych problematyką nawierzchni betonowych [5,6].

Problemy oraz korzyści wpływające z



Fot. 2. Sposób organizacji pracy zespołu układającego podczas budowy drugiej warstwy nawierzchni betonowej systemem „mokre na mokre”

eksploatacji nawierzchni betonowych prezentowano na kilku sympozjach i konferencjach naukowo-technicznych [1, 2, 3, 4].

Ważne jest to, że korzyści wynikające z utrzymania i walorów eksploatacyjnych tych nawierzchni drogowych dostrzeżono już w samorządach różnych szczebli. W większej skali w naszym kraju wybudowano 17-km odcinek drogi Wrocław – Krzywa, w nowoczesnej technologii ślizgowej i standardach spełniających wysokie wymagania technologiczne i użytkowe. W warunkach budowy tego odcinka nawierzchni betonowej zastosowano połączenia dyblowe płyt, które zapewniają ich odpowiednią współpracę. Dziwi często sceptycyzm, wypowiediany przy różnych okazjach oceniania możliwości realizacyjnych naszych przedsiębiorstw wykonawczych. Pragnę zapewnić, że wraz z naszymi firmami uczestniczyłem i realizowałem szeroki program budowy betonowych nawierzchni dla podstawowej sieci lotnisk, lotnictwa sił zbrojnych. Ten ambitny, wymagający wiedzy, doświadczenia i rzetelności w pracy program został zrealizowany z dużym powodzeniem, rękami polskich robotników, przy wykorzystaniu wiedzy polskich inżynierów, krajowych materiałów i surowców. Współczesny poziom techniczny, bogatsza oferta materiałowa, wiedza i doświadczenie oraz obiektywnie wysokie walory konstrukcyjne i eksploatacyjne nawierzchni betonowych stanowią zachętę i wyzwanie dla obecnego pokolenia drogowców. Należy stwierdzić również to, że w naszym kraju opracowano stosowne akty normalizacyjne i jest wystarczająca ilość pozycji literatury technicznej i naukowej z tego zakresu [7, 8, 9, 10].

Metody budowy nawierzchni betonowych

Rozróżnia się dwie zasadnicze metody wbudowania mieszanek betonowych:

- 1) w deskowaniu stałym (prowadnicach)
- 2) w deskowaniu ślizgowym.

Często pod tymi pojęciami rozumie się: pierwszą jako metodę „tradycyjną“, drugą nazywa się często metodą „ślizgową“, w niniejszej publikacji używana będzie także druga nazwa.

Pierwsza metoda „tradycyjna“ polega na ułożeniu nawierzchni betonowej między stałymi deskowaniami (prowadnicami), wykorzystuje maszyny, które przemieszczają się po tych prowadnicach. Metoda druga „ślizgowa“ polega na ułożeniu mieszanki betonowej warstwą o pożądanej grubości. Szalunki boczne (płyty) mają ograniczoną długość i przemieszczają się wraz z zespołem układającym maszynę w kierunku postępu robót. O skutecz-



Fot. 3. Zespół roboczy maszyny układającej mieszankę betonową w momencie wvibrowywania elementów łączących poszczególne płyty w kierunku podłużnym – dybli. Ręcznie w wyznaczonych miejscach wvibrowywane są stalowe elementy łączące – kotwy

ności o poprawności wykonania nawierzchni decyduje w tym przypadku dobór składników mieszanki i odpowiednia konsystencja, która zapewnia zachowanie właściwej geometrii pasma nawierzchni lub jej całości. Początkowo metodę tę stosowano wyłącznie w Stanach Zjednoczonych. W Europie szersze jej zastosowanie miało miejsce dopiero pod koniec lat siedemdziesiątych.

Betonowanie nawierzchni w deskowaniach stałych

Metoda ta przedstawiona zostanie w oparciu o doświadczenia brytyjskie i niemieckie. Nowa warstwa betonowej nawierzchni drogowej układana jest na warstwie izolacyjnej, która może być utożsamiana z warstwą poślizgową. Na tej warstwie ustawia się deskowanie, następnie dolne wkładki szczelinowe, elementy łączące – kotwy do szczelin podłużnych. Zespół roboczy – rozkładający zasila się mieszanką betonową z boku. Układarka rozprowadza mieszankę na całej szerokości pasma jezdni drogowej lub lotniskowej. Podzespół roboczy (dyblowarka) układa mechanicznie stalowe elementy łączące w dolnej warstwie betonu. Rozkładarka rozściela następnie górną warstwę betonu. Nawierzchnia ta wykonana jest zwykle dwuwarstwowo. Układarka zagęszcza, profiluje mieszankę warstwy górnej, wykonuje szczelinę podłużną. Wibratorem płytowym prowadzonym ręcznie dogęszcza beton przy świeżo uformowanej szczelinie. Podzespół wykańczający wyrównuje nawierzchnię. Ostateczne czynności to fakturowanie górnej powierzchni świeżo ułożonej płyty betonowej oraz pokrycie jej preparatem powłokotwórczym w celu zachowania zasad właściwej pielęgnacji świeżego betonu. W systemie budowy nawierzchni jedną warstwą – co też jest możliwe i równie często stosowane, zestaw układający jest skromniejszy. Z uwagi na ograniczony zakres tej publikacji, zagadnienia związane z wykonaniem i przygotowaniem podłoża i podbudowy nie będą tutaj przedstawione. Wyczerpu-

jące informacje można znaleźć w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych“.

Betonowanie nawierzchni w deskowaniach ślizgowych

Najczęściej stosowanymi zespołami układającymi mieszankę betonową na miejscu przeznaczenia są zespoły firm Gunter-Zimmerman, Virtgen, SGME i inne. Zasadą ich pracy jest to, że nie ma stałych szalunków i prowadnic. Profil podłużny i poprzeczny budowanej w ten sposób nawierzchni zapewniają linki sterujące zawieszane na odpowiedniej wysokości nad podbudową, rozpięte wzdłuż budowanej drogi i przez urządzenia sterujące zespołu, które poprzez system dźwigników najczęściej hydraulicznych korygują odpowiednio poziom lub pochylenia (na łukach) maszyny.

Zagęszczenie mieszanki betonowej realizuje płyta formująca. Zespół wibratorów pogrązalnych zlokalizowanych z przodu maszyny upłynnia mieszanke betonową przygotowaną o pożądanej konsystencji. Na taką mieszankę nasuwa się płyta formująca, nadając pożądany kształt geometryczny nawierzchni. Ilustracją tej fazy procesu jest fot. 2, która przedstawia fragment budowanej nawierzchni, na której przed maszyną umiejscowiono wyprodukowaną i rozładowaną ze środka transportowego mieszankę. Następna ilustracja przedstawia zespół czynności związany z montażem elementów łączących poszczególne płyty, umiejscowione we wcześniej ułożonej dolnej warstwie. Na uzyskanie nawierzchni odpowiedniej jakości oprócz technicznej sprawności poszczególnych zespołów i urządzeń układarki wpływ ma dobra organizacja dostaw mieszanki betonowej. Wymagana jest sukcesywna dostawa mieszanki betonowej w takiej ilości, która nie powoduje przerw w pracy zespołu układającego. Formowanie płyty nawierzchni odbywa się poprzez deskowanie boczne, płytę formującą oraz zacieraczki od góry. Objętość utworzona poprzez te elementy powinna być starannie wypetniona za-



Fot. 4. Fragment nawierzchni drogowej budowanej metodą ślizgową na całą szerokość pasa drogowego o szerokości około 15 m, po przejściu zespołu układającego i po wykonaniu koniecznych czynności fakturowania i hydrofobowego zabezpieczenia nawierzchni



Fot. 5. Zespół układający nawierzchnię betonową model SP-500 Virtgen metodą ślizgową pasem o szerokości 5,0 m na lotnisku w Kuala Lumpur

gęszczoną mieszanką betonową. Na fotografii 4 przedstawiono fragment uformowanej nawierzchni po przejściu zespołu układającego. Poszczególne fazy pracy zespołu układającego różnego rodzaju nawierzchnie betonowe lotniskowe i drogowe przedstawiają fot. 5 i 6.

W przypadkach szczególnych takich jak: zmiana geometrii drogi – poszerzenia lokalne lub małe – krótkie fragmenty nawierzchni, tam gdzie trudno przestawić zespół układający mieszankę betonową co kilkadziesiąt metrów, stosuje się układanie nawierzchni w statych szalunkach, a mieszanka zagęszczana jest listwą wibracyjną. Jest to oczywiście metoda uzupełniająca, ale znane są pomyślne realizacje takich nawierzchni, szczególnie na drogach lokalnych, gdzie tę metodę wykorzystywano z dużym powodzeniem. [6] Według tej technologii wykonano nawierzchnie betonowe podstawowej sieci lotnisk sił zbrojnych, które obecnie są eksploatowane.

Analiza porównawcza betonowych i asfaltowych nawierzchni drogowo-lotniskowych

Ogólne cechy eksploatacyjne obu rodzajów nawierzchni można przedstawić następująco:

- nośność nawierzchni
- równość
- szepność (współczynnik tarcia)
- opory toczenia
- cechy pozanormowe (kolor, natężenie dźwięku podczas ruchu i inne).



Fot. 6. Fragment budowanej betonowej nawierzchni drogowej szerokości 8,5 m w Niemczech.

Inne cechy wynikające z warunków budowy, kosztów utrzymania i trwałości oraz koszty towarzyszące zostały przedstawione w dalszej części publikacji.

Nośność nawierzchni wyraża jej zdolność do przenoszenia obciążeń od poruszających się kół pojazdów i przekazuje bezpiecznie te obciążenia na niższe warstwy podbudowy i podłoża gruntowego. Nośność nawierzchni betonowych dzięki własnej wysokiej sztywności płyty przekazuje te obciążenia w sposób, w którym nawet lokalne osłabienia nośności podłoża nie wpływają znacząco na zachowanie się tych nawierzchni. Ten rodzaj nawierzchni wykazuje większą odporność na przełomy wiosenne i znaczną trwałość w założonym okresie eksploatacji. Równość nawierzchni: wymagania normowe dla nawierzchni betonowych i bitumicznych są bardzo zbliżone. Polska norma PN-75/S-96015 formułująca te wymagania dla nawierzchni betonowych – wymaga, by prześwit między dolną krawędzią 4 m taty był nie większy od 5,0 mm, dla nawierzchni bitumicznych PN-74/S-96022 dopuszcza maksimum 4,0-mm przekroczenie.

Należy obiektywnie stwierdzić, że jakkolwiek nawierzchnie betonowe są nieodkształcalne i nie występuje na nich zjawisko znane krajowym użytkownikom dróg bitumicznych, to jednak wymagają one wyjątkowo starannych zabiegów utrzymaniowych – głównie w obszarze szczelin i ewentualnych pęknięć, by warunki komfortu jazdy były odpowiednio wysokie.

Szepność nawierzchni z kołami poruszających się po niej pojazdów jest zasadniczą cechą eksploatacyjną, zapewniającą bezpieczeństwo ruchu. Zagadnienie to jest szczególnie ważne dla ruchu samolotów po nawierzchniach lotniskowych. Wieloletnie doświadczenia i prace prowadzone w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych wykazały, że liczbowo wartość współczynnika szepności koła z nawierzchnią betonową jest wyższa niż dla nawierzchni bitumicznych. W badaniach odbiorczych zdarzało się, że po wykonaniu nowej nawierzchni bitumicznej z uwagi na stosunkowo niską wartość tego współczynnika, mając na uwadze bezpieczeństwo ruchu należało wykonać dodatkowe zabiegi uszorstniające te nawierzchnie.

Opór toczenia – wyrażony odpowiednim współczynnikiem jest dla dobrze utrzymanych nawierzchni betonowych i bitumicznych prawie taki sam i wynosi odpowiednio 0,01 do 0,02.

Kolor nawierzchni ma szczególnie duże znaczenie dla ruchu samolotowego w porze nocnej. Praktycznym kryterium jest zjawisko zwane luminancją, jest to



Fot. 7. Fragment betonowej nawierzchni lotniskowej wykonanej w szalunkach zagęszczonej listwą wibracyjną (białe pasma na nawierzchni to rezultat wyptywającego „szlamu” powstającego podczas wykonywania szczelin).

światłość emitowana przez powierzchnię pod określonym kątem. Lepszą luminancję uzyskuje się bez konieczności wykorzystania dodatkowej energii przeznaczonej na oświetlenie przez zastosowanie materiałów w kolorze jasnym. Jest oczywiste, że nawierzchnia betonowa lepiej spełnia to oczekiwanie.

Kontynuując analizę porównawczą nawierzchni z betonu cementowego i nawierzchni z betonu asfaltowego należy mieć na uwadze:

- trwałość nawierzchni
- koszty budowy i utrzymania
- możliwość pozyskania materiałów i maszyn do ich budowy
- kryteria energetyczne
- możliwość odtworzenia cech technicznych i użytkowych.

Trwałość nawierzchni to najbardziej pożądana kategoria techniczno-ekonomiczna, która wyraża zdolność nawierzchni do spełnienia określonych zadań technicznych przy racjonalnie uzasadnionym poziomie nakładów na jej eksploatację w założonym czasie. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich utrzymanie określa czas eksploatacji nawierzchni betonowych na 30 lat, nawierzchni bitumicznych na lat 20. Wymienione okresy technicznie uzasadnionego czasu eksploatacji wynikają z doświadczeń wielu krajów, w których nawierzchnie betonowe są stosowane. W niektórych krajach, takich jak Belgia czy Szwajcaria, granicę eksploatacji nawierzchni betonowych określono na lat czterdzieści. Obserwacje własne oraz doświadczenia utrzymaniowe wyniesione z budowy betonowych nawierzchni lotniskowych w naszym kraju czynią zasadnymi nawet tak bardzo optymistyczne wnioski.

Koszty budowy i utrzymania

Już w roku 1978 na Międzynarodowym Kolokwium Budowy Dróg Betonowych we Francji wyrażano opinię, że w oparciu o przeprowadzoną analizę ekonomiczną, w której analizowano

wieleset kilometrów budowy i eksploataowanych dróg, całkowity koszt budowy i utrzymania nawierzchni betonowych w okresie 20 lat był niższy dla nawierzchni betonowych niż „whole life cost” porównywalnych nawierzchni bitumicznych. Jest oczywiste, że koszty ewentualnych „porównywalnych” napraw nawierzchni bitumicznych są niższe niż dla nawierzchni betonowych. Dlatego pierwszą zasadą, która musi być bezwzględnie przestrzegana w odniesieniu do budowanych nawierzchni betonowych jest to, że „budowane nawierzchnie betonowe muszą być bezwzględnie dobrze wykonane od początku”. Ewentualne poprawianie usterek i wad wykonawczych czyni je trudno porównywalnymi z nawierzchniami wykonanymi w oparciu o spoiwa bitumiczne i to zarówno w odniesieniu do kosztów, parametrów technicznych i użytkowych.

Możliwość pozyskania materiałów i maszyn

Porównując możliwości budowy analizowanych nawierzchni betonowych i asfaltowych należy stwierdzić, że wszystkie materiały do budowy nawierzchni z betonu cementowego znajdują się na terenie kraju. Cement produkcji krajowej spełniający wysokie wymagania jakościowe i ilościowe produkowany jest w Polsce. Podobny stan występuje w dziedzinie kruszyw, które mogą być produkowane w kraju również w dostatecznej ilości.

Do budowy betonowych nawierzchni drogowo-lotniskowych spoza kraju należy sprowadzać wysokiej jakości masy zalewowe do szczylin.

Do budowy nawierzchni bitumicznych należy z zagranicy dostarczyć asfalt wraz z różnorodnymi środkami modyfikującymi jego właściwości lub surowiec w postaci ropy naftowej, który w krajowych rafineriach poddany zostanie procesowi przeróbki. Inne materiały do budowy nawierzchni bitumicznych występują również w dostatecznej ilości w kraju.

Maszyny zarówno do przygotowania nawierzchni betonowej, jak również do jej wbudowania, nie są możliwe do uzyskania u krajowych producentów. Podobnie wygląda sytuacja ze sprzętem wysokiej klasy przeznaczonym do produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych, jak również ze sprzętem do ich wbudowania. Należy obiektywnie zauważyć, że krajowe przedsiębiorstwa drogowe były i są dotychczas ukierunkowane na budowę nawierzchni bitumicznych, dlatego ich park maszynowy do budowy nawierzchni bitu-

micznych jest bogatszy. Istnieje jednak potrzeba i możliwość wyrównania szans choćby przez zawieranie stosownych umów dzierżawnych.

Kryteria energetyczne

Racjonalność gospodarowania nakazuje przestrzeganie kryteriów energetycznych przy wyborze typów nawierzchni. Nawierzchnie, które charakteryzują się niższym wskaźnikiem zużycia energii, powinny być preferowane przy podejmowaniu decyzji o ich zastosowaniu. Mając powyższe na uwadze, Francuzi [11] uzasadnili korzyści wynikające ze stosowania nawierzchni betonowych. Porównanie dla obu rodzajów nawierzchni przeprowadzono przy założeniu, że energochłonność wytworzenia 1 tony materiału wyrażona w Mcal/1000kg wynosi odpowiednio: cementu – 910 asfaltu – 10.000 kruszywa łamanego – 20.

Po przyjęciu odległości transportu materiałów, tj. asfaltu z rafinerii i kruszyw z kamieniołomu, do wytwórni rzędu 40 km, a transportu mieszanki bitumicznej z wytwórni do miejsca wbudowania 15 km, oraz cementu na budowę z tej samej odległości, a także przyjęciu przeciętnych składów mieszanek 5,5% asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej oraz 330 kg cementu z 1m³ mieszanki betonowej i przyjętym poziomie energochłonności dla wykonania nw. czynności:

- wytworzenie kruszywa łamanego – 20 Mcal/1000 kg
- transport materiałów – 35 Mcal/100km/1000 kg

Wskaźniki energochłonności dla wykonania i ułożenia betonu cementowego i asfaltowego w nawierzchni zestawiono w tablicy 1.

Uwzględniając gęstość pozorną materiałów, energochłonność 1 cm warstwy nawierzchni na 1 m² powierzchni wynosi:

- beton asfaltowy – 16,30Mcal
- beton cementowy – 4,48Mcal

Wynika z tego, że energochłonność nawierzchni z betonu cementowego jest prawie czterokrotnie niższa w porównaniu z nawierzchniami wykonanymi z betonu asfaltowego.

Możliwość wzmocnienia nawierzchni

Powszechnie przeważa pogląd, że nawierzchnie bitumiczne zdecydowanie lepiej nadają się do wzmocnienia niż nawierzchnie betonowe. Technologia

Tablica 1.

Proces technologiczny z materiałem	Beton asfaltowy [Mcal/ 1000 kg]	Beton cementowy [Mcal/ 1m ²]
Asfalt (0,055 x 10000)	550,00	-
Cement (0,330 x 910)	-	300,30
Kruszywo	18,90	41,40
Przygotowanie kruszywa (suszenie)	66,00	-
Mieszanie składników	15,00	36,00
Transport na odl. (40+15) km	19,25	46,20
Wbudowanie mieszanek	10,00	24,00
	679,15	447,90

wzmocnienia, jeśli względy obliczeniowe nie nakazują grubszych nakładek, pozwala na ułożenie dywanika grubości 5 cm. Nawierzchnie betonowe można wzmocniać stosując nakładkę betonową (bez stosowania kompozytów) o grubości co najmniej 12 cm lub ułożenie nowej nawierzchni zgodnie z normą PN-75/S-96015 o grubości nie mniejszej niż 15 cm. Rozwój nowych technologii betonowych, który zaobserwowano w ostatnich kilku latach, pozwala na stosowanie nakładek cienkich [9, 10] i ultracienkich nakładek regeneracyjno-wzmocniających. Obiektywnie jednak wzmocnienie nawierzchni z betonu cementowego jest problemem trudniejszym niż wzmocnianie nawierzchni bitumicznych.

Zalety i wady nawierzchni betonowych

Przedstawiona analiza cech właściwych dla nawierzchni betonowych oraz procesu przygotowania i wbudowania pozwala na przedstawienie niżej wymienionych właściwości tych nawierzchni. Do cech dodatnich należy zaliczyć:

1. Uzyskanie pożądanych cech wytrzymałościowo-eksploatacyjnych w okresie całego założonego okresu eksploatacji, w tym podstawowej cechy, jaką jest nośność, odporność na wysadzinę, przełomy oraz wysoka szorstkość
 2. Długi okres eksploatacji przy zachowaniu wysokiego poziomu bezpiecznego użytkowania nawierzchni
 3. Stosunkowo niskie w porównaniu z nawierzchniami wykonanymi z betonu asfaltowego nakłady związane z utrzymaniem nawierzchni
 4. Możliwość wykorzystania podstawowych materiałów pochodzenia krajowego, a w dużej mierze materiałów miejscowych
 5. Mniejsza energochłonność budowy co w czasach racjonalizacji kosztów jest sprawą o zasadniczym znaczeniu.
- Do cech ujemnych nawierzchni betonowych należy zaliczyć:

1. Stosunkowo wysokie koszty budowy, gdyż występuje konieczność wymiarowania nawierzchni na pełny założony okres jej eksploatacji
2. Konieczność użycia wysokiej klasy

sprzętu układającego nawierzchnię i jego specjalistycznych zespołów roboczych, które eliminują wystąpienie ewentualnych niedokładności

3. W krajowych warunkach klimatycznych występuje konieczność wykonywania szczelin w nawierzchniach, które są „słabymi ogniwami“ w całej, nawet bardzo dobrze wykonanej nawierzchni

4. Zachowanie wymaganego okresu koniecznego do pełnego przebiegu procesu wiązania i utwardzenia betonu. Rozwój chemicznych dodatków do betonu pozwala obecnie na znaczące skrócenie tego 28-dniowego, wymaganego okresu oddania do użytku nawierzchni po jej wybudowaniu.

Perspektywy i możliwości stosowania nawierzchni betonowych w krajowym budownictwie drogowo-lotniskowym

Mówiąc o perspektywach i potrzebie lub nawet konieczności stosowania nawierzchni betonowych w krajowym budownictwie dróg i lotnisk, należy mieć na uwadze dwa czynniki, tj. sferę projektowania tych nawierzchni oraz sferę realizacji robót, a przede wszystkim zachowanie wysokich reżimów technologicznych. Dotychczasowe projektowanie nawierzchni drogowych, a przede wszystkim lotniskowych opiera się na klasycznych założeniach i rozwiązaniach metody Westergarda i Burmistera. Zalety i wady tych metod są znane. W nowoczesnym projektowaniu nawierzchni koniecznością staje się:

- uwzględnienie różnych sposobów przenoszenia obciążeń przez poszczególne płyty i ich wzajemną współpracę
- uwzględnienie ogólnie rozumianych naprężeń termicznych wraz z całym zakresem oddziaływań naturalnych i to zarówno w cyklu jednodobowym, jak i cyklu rocznym. Konieczne szczególnie dla nawierzchni lotniskowych wykonywanych z betonu jest uwzględnienie oddziaływań strumienia gorących gazów spalinowych
- uwzględnienie wpływów i warunków nieciągłego podparcia płyt (brak współpracy płyta-podbudowa)
- uwzględnienie geometrycznych wielkości oddziaływań (różne kształty geometryczne i ich wzajemne usytuowanie). Współczesne narzędzia obliczeniowe (komputery), których programy oparte są o metody elementów i różnic skończonych, pozwalają na realizację wymienionych postulatów.

W sferze technologii na pierwszy plan wysuwają się następujące rozwiązania:

- budowa nawierzchni o zbrojeniu ciągłym

– budowa nawierzchni z użyciem ogólnie rozumianych materiałów kompozytowych.

Rozwiązanie pierwsze stosowane powszechnie w Belgii i Stanach Zjednoczonych od ponad dwudziestu lat udowodniło jednoznacznie swoje walory. Nawierzchnie te są nawierzchniami bez szczelin. Koszty ich utrzymania w związku z tym są znacznie obniżone.

Na Kongresie Drogowym w Wiedniu w roku 1994 stwierdzono, że są one w stanie spełnić marzenie o trwałych i bezpiecznych drogach. W budowie nawierzchni kompozytowych zrobiono już bardzo wiele, zmieniając cechy samego materiału z kruchego, jakim jest beton na materiał sprężysto-odkształcalny, którego struktura jest mniej wrażliwa na lokalne przeciążenia spowodowane różnorodnymi czynnikami zewnętrznymi i losowymi, w tym nawet na obciążenia sejsmiczne. Rozwinięte prace badawcze w tej dziedzinie dają możliwość uzyskania materiału, dla którego wygenerowane „odkształcenia doraźne“ nie będą „odkształceniami trwałymi“, co w żargonie naukowym można nazwać „betonem z funkcją kształtu“.

Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe w tej dziedzinie muszą przynajmniej podwoić czas użytkowania tych nawierzchni. Ten aspekt uzasadniać będzie jednak wyższe nakłady na inwestycje i infrastrukturę. W tej sytuacji problem trwałości betonowych nawierzchni drogowo-lotniskowych może znaleźć należyte rozwiązanie.

Podsumowanie

Przekonanie o tym, że nakłady ponoszone na budowę trwałych nawierzchni, do których należy zaliczyć nawierzchnie betonowe, mogłyby się zwrócić w ciągu krótkiego czasu ich użytkowania, gdyż zminimalizowany zostałby koszt ich wielokrotnych napraw, staje się coraz bardziej powszechne również w naszym kraju. Dziś już bez przesady można powiedzieć, że problem przedwcześnie zużytych nawierzchni drogowych – głównie bitumicznych, urośnie w najbliższym czasie do rangi problemu narodowego. Inwestycje i remonty mogą okazać się przedsięwzięciem doraźnym, jeżeli technologii i metody budowy spełniać będą tylko woluntarystyczne decyzje, preferujące monokulturę w tej dziedzinie inżynierii lądowej. W obecnej sytuacji konieczne staje się udostępnienie nowych równorzędnych technologii, taką moim zdaniem jest technologia nawierzchni z betonu cementowego w krajowym budownictwie dróg i lotnisk. Dziś beton w świecie przeżywa renesans. Świadczą o tym nakłady ponoszone na prace badaw-

cze w tej dziedzinie. Dowodem tego jest szeroki program podjęty przez Federalną Agencję Inwestycyjną Stanów Zjednoczonych pod nazwą Civil Engineering Research Foundation. W warunkach naszego kraju, spełniono już szereg przedsięwzięć, które program budowy trwałych nawierzchni drogowo-lotniskowych czynią uzasadnionym, racjonalnym, nowoczesnym i tańszym. Współczesne nawierzchnie naszych dróg i lotnisk muszą być równie nowoczesne, jak otaczające je świadomie kształtowane społeczeństwo i państwo.

prof. Piotr Nita
Instytut Techniczny
Wojsk Lotniczych

Literatura

- 1 „Lokalne drogi betonowe“. Konferencja naukowo-techniczna, zorganizowana przez Polski Cement. Sp. z o.o. Kraków 1999 r.
- 2 „Nowoczesne lokalne drogi betonowe“. Symposium Naukowo-Techniczne, organizatorzy: Grupa Góraźdże, Urząd Marszałkowski Województwa Opolskiego, Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz Spółka Polski Cement, Góraźdże 2000 r.
- 3 „Beton na progu nowego milenium“. Konferencja Naukowo-Techniczna organizowana przez Stowarzyszenie Producentów Cementu i Wapna, Kraków 2000 r.
- 4 „Beton w inżynierii komunikacyjnej“, Symposium naukowo-techniczne, organizatorzy Grupa Góraźdże oraz Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego. Poznań 2001 r.
- 5 Katalog typowych nawierzchni sztywnych, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2001 r.
- 6 Giergiczny Zbigniew: Budowa drogi lokalnej Skomlin – Zbęk, Ogólnopolski Tygodnik Budowlany „Profile“ nr 13 (1680) XLV rok 2000
- 7 Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań, Warszawa 1975 r.
- 8 PN-V-83002 i Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań, Warszawa 1998 r.
- 9 Nita Piotr: Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999 r.
- 10 Rolla Stefan: Nowoczesne nawierzchnie betonowe, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983 r.
- 11 Ray M.: Panorama de l'evolution recente de la technique eles chaussees en beton en France, RGRA, nr 554/1979.