



foto: Autostrada Wielkopolska SA

Technologia budowy autostrady A2 o nawierzchni betonowej

Wprowadzenie

Budowane obecnie w Polsce autostrady mają zróżnicowane nawierzchnie, jeżeli chodzi o górną warstwę nawierzchniową. Budowane są odcinki o nawierzchniach asfaltowych oraz betonowych. Stan na 2010 rok to: wybudowanych w Polsce ok. 800 km autostrad, z czego ok. 230 km o nawierzchniach z betonu cementowego. W budowie jest te-

raz ok. 580 km, z czego 105 km autostrady A2 o nawierzchni betonowej na odcinku Świecko – Nowy Tomyśl.

Typowym rozwiązaniem konstrukcyjnym w Polsce, jeżeli chodzi o nawierzchnie betonowe, jest następujący typ konstrukcji: płyta betonowa ułożona na geowłókninie i podbudowie z chudego betonu, pod którym znajduje się warstwa mrozoochronna i wzmocnione podłoże gruntowe.

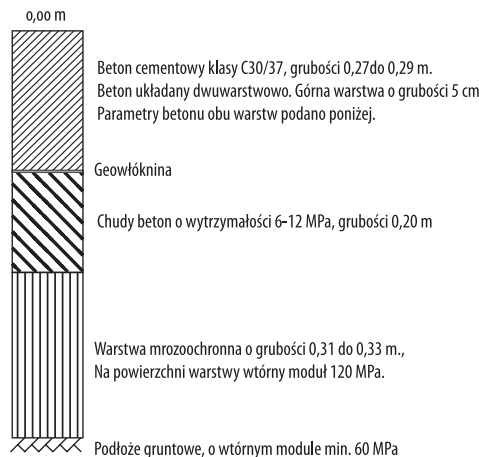
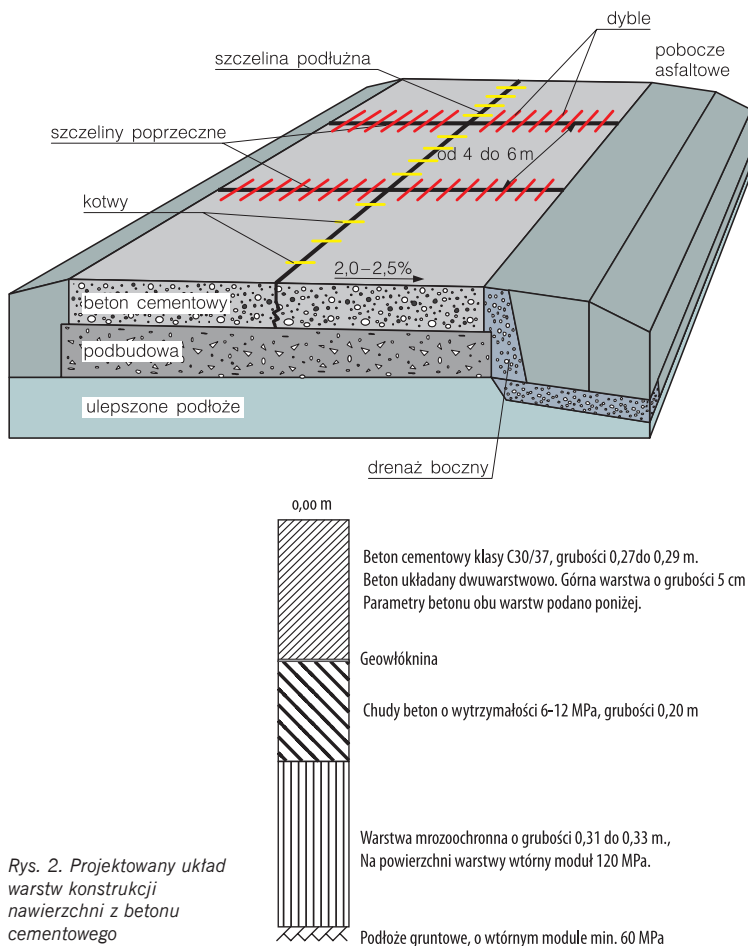
Przykładowa konstrukcja została pokazana na rys. 1. Wybudowano też odcinek eksperymentalny o długości ok. 1,6 km na autostradzie A4, gdzie w podbudowie zastosowano warstwę z kruszywa stabilizowanego mechanicznie o grubości 30 cm. Płyta betonowa ma również grubość 30 cm. Na tej samej autostradzie wybudowano również eksperymentalny odcinek nawierzchni o tzw. ciągłym zbrojeniu, to jest bez szczelin poprzecznych. Płyta zbrojona ma grubość 23 cm i spoczywa na podbudowie z chudego betonu o grubości 20 cm.

W artykule przedstawiono opis technologii budowy odcinka autostrady A2 o długości ok. 105 km. Charakterystycznym i ciekawym rozwiązaniem technologicznym tego odcinka jest zastosowanie w górnej warstwie nawierzchniowej tzw. technologii odkrytego kruszywa (niem. waschbeton). Jest to technologia, która w efekcie daje zmniejszenie hałaśliwości nawierzchni betonowych, a polega na wymywaniu zaprawy z górnej powierzchniowej warstwy.

Konstrukcja nawierzchni autostrady A2

Podstawowym parametrem projektowym w nawierzchniach drogowych jest obciążenie ruchem. Dla rozpatrywanego odcinka autostrady A2 na odcinku Nowy Tomyśl – Świecko przyjęto obciążenie osi obliczeniowej 115 kN. Przyjęto, że w okresie 30 lat intensywność obciążenia jednego pasa ruchu nie powinna być mniejsza od 40 000 000 osi. Prognozowany ruch na tym odcinku wynosi od 40

Rys. 1. Przykładowy widok konstrukcji nawierzchni betonowej na autostradach w Polsce



Rys. 2. Projektowany układ warstw konstrukcji nawierzchni z betonu cementowego

do 68 mln osi 115 kN i zmienia się na różnych odcinkach międzywęzłowych.

Na rys. 2 przedstawiono projektowany układ konstrukcyjny warstw.

Zmienna grubość płyty betonowej uzależniona jest od prognozowanego obciążenia ruchem na różnych odcinkach międzywęzłowych.

Założono, że ze względu na przemarzanie grubość konstrukcji nie powinna być mniejsza od 80 cm. Dla uzyskania odpowiedniej trwałości zmęczeniowej projektowanej konstrukcji przyjęto, że na górnej powierzchni warstwy mrozochronnej wtórny moduł nie powinien być mniejszy od 120 MPa, a na powierzchni podłoża 60 MPa. Ponadto założono, że oprócz obciążenia (wyrażonego w osiach obliczeniowych) nawierzchnia poddana jest działaniu temperatury. Przyjęto, że gradient temperatury wynosi 0,70/cm oraz że czas sumarycznego obciążenia od pojazdów i temperatury wynosi 25% całego okresu eksploatacji. Przyjęto ponadto, że płyty mają wymiar w planie 4x5 m i krawędzie poprzeczne są dyblowane, a podłużne kotwione.

Technologia budowy konstrukcji nawierzchni

Beton nawierzchniowy

Założono, że nawierzchnia betonowa będzie budowana dwuwarstwowo w technologii tzw. mokre na mokre. Górna warstwa betonu o grubości 5 cm i dolna odpowiednio od 24 do 26 cm. Górna warstwa będzie wykonana w tzw. technologii odkrytego kruszywa. Wymagania dla betonu nawierzchniowego zawarto w tabeli 1.

Ponadto założono, że minimalna wytrzymałość na ściskanie powinna wynosić 40 MPa. Projekt doboru składników mieszanki betonowej powinien zawierać:

- wyniki badań cech mechanicznych i fizycznych cementu, wg PN-EN 197-1
- wyniki badań cech kruszyw, wg PN-EN 12620
- dobór składników betonu (zawartość kruszywa, cementu, wody, środków chemicznych)
- wyniki badań wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach PN-EN 206-1
- wyniki badań mrozoodporności, wg EN 12390-9
- wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu po 7 i 28 dniach, wg PN-EN 12390-5 lub wyniki badań wytrzymałości rozciągania przy rozłupywaniu po 7 i 28 dniach, wg PN-EN 12390-6
- wyniki badań zawartości powietrza w mieszance betonowej, wg PN-EN 12350-7
- wyniki badań konsystencji metodą oznaczenia stopnia zagęszczenia, wg PN-EN 12350-4
- wyniki badań gęstości mieszanki betonowej, wg PN-EN 12350-6

W przypadku stosowania w mieszankach cementu CEM I niskoalkalicznego, odpornego na siarczan, lub cementów CEM II, CEM III zaleca się wydłużenie okresu badań wytrzymałościowych betonu do 56 dni.

Mieszanka betonowa powinna zawierać określoną ilość składników drobnziarnistych, umożliwiającą ich urabialność, równocześnie powinna posiadać strukturę zamkniętą i być odporna na segregację. Całkowity udział frakcji drobnziarnistych < 0,25 mm dla mieszank o uziarnieniu do 32 mm nie może przekroczyć 450 kg/m³. W mieszankach betonu z odstąpionym kruszywem o uziarnie-

Tabela 1. Wymagania dotyczące betonu nawierzchniowego

Warstwy betonu	Klasa ekspozycji	Klasa wytrzymałości na ściskanie	Klasa wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu	Uziarnienie kruszyw [mm]
Górna warstwa betonu (GWB)	XF4, XM2	C 30/37	F 5,5(1)	GWB do 8 mm
Dolna warstwa betonu (DWB)	XF4			DWB do 32 mm

Tabela 2. Wymagania dotyczące betonu na etapie projektowania

Wymagania dla betonów nawierzchniowych na etapie projektowania recepty	Wymaganie	Badania wg
Mrozoodporność	FT1	PKN-CN/TS 12390-9
Klasa wytrzymałości na zginanie Klasa wytrzymałości na rozciąganie ⁽²⁾	F 5,5 ⁽¹⁾ S 3,0 ⁽³⁾	PN-EN 12390-5 PN-EN 12390-6
Wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie [mm], nie większy niż:	0,2	PN-EN 480-11
Procentowa zawartość porów powietrza A ₃₀₀ [%], nie mniej niż:	1,8	

⁽¹⁾ Oznaczenie klasy wytrzymałości na zginanie należy wykonać metodą dwupunktowego obciążenia próbki

⁽²⁾ Badanie alternatywne do badania klasy wytrzymałości na zginanie

⁽³⁾ W przypadku oznaczania cechy na próbkach sześciennych (150 mm) należy uzyskać średnią wytrzymałość na rozciąganie nie mniejszą, niż 3,3 N/mm².

niu do 8 mm udział frakcji poniżej 0,25 mm może przekroczyć wartość 500 kg/m³, przy czym wykonawca wykaże się szczególną dokładnością zabiegów pielęgnacyjnych ułożonej warstwy. Zawartość cementu w mieszance należy ustalić na etapie projektowania recepty. Do górnej warstwy należy użyć kruszywa odpornego na polerowanie o PSV > 53. Minimalna zawartość cementu w mieszance betonowej o uziarnieniu do 32 mm powinna wynosić 340 kg/m³, a w mieszankach betonowych z odstąpionym kruszywem minimalna zawartość cementu powinna wynosić 420 kg/m³.

Wskaźnik wodno-cementowy mieszanki betonowej (w/c) nie powinien przekraczać wartości 0,45.



Rys. 3. Technologia odstąpienia kruszywa



Rys. 4. Widok nawierzchni z odstąpionym kruszywem

Tabela 3. Wymagania dotyczące geowłókniny

Właściwości	Wymagania
Masa na jednostkę powierzchni	$450 \text{ g/m}^2 \leq MA \leq 550 \text{ g/m}^2$
Grubość przy 20 kN/m ² obciążenia	$d_{20,5\%} \geq 2,5 \text{ mm}$
Wytrzymałość na rozciąganie	$\geq 10 \text{ kN/m}$
Wskaźnik wodoprzepuszczalności w kierunku pionowym	$K_{v20,5\%} \geq 1 \times 10^{-4}$
Wskaźnik wodoprzepuszczalności w kierunku poziomym	$K_{H20,5\%} \geq 5 \times 10^{-4}$
Odporność na alkalia	$\geq 96\% \text{ PP/PE}$

Warstwy należy układać za pomocą dwóch rozścielaczy, i tak zorganizować roboty, ażeby nie następowało mieszanie mieszanek z warstwy górnej i dolnej.

Teksturowanie powierzchni górnej warstwy betonu wykonuje się przez częściowe odstonięcie kruszywa. Górną warstwę wbudowanej i zagęszczonej mieszanki betonowej o projektowanej grubości i uziarnieniu do 8 mm należy niezwłocznie po ułożeniu skropić środkiem chemicznym powierzchniowo czynnym (opóźniacz wiązania), a następnie w tym samym cyklu technologicznym nanieść preparat powłokowy zabezpieczający beton przed utratą wody. W przypadku stosowania preparatu o kompleksowym działaniu (połączenie funkcji środka opóźniającego oraz preparatu powłokowego do pielęgnacji) nie ma konieczności dodatkowego zabezpieczenia świeżo ułożonej nawierzchni preparatem powłokowym. Wykonawca zdecyduje o czasie usunięcia niezwiązanej warstwy zaprawy z drobnym kruszywem na podstawie przeprowadzonych prób w laboratorium w zależności od istniejących warunków atmosferycznych, receptury mieszanki betonowej, jak i rodzaju zastosowanego opóźniacza wiązania. Usunięcie niezwiązanej warstwy należy wykonać za pomocą szczotek mechanicznych.

Na rys. 3 pokazano technologię odstania kruszywa. Na rys. 4 pokazano widok nawierzchni z odstoniętym kruszywem.

Geowłóknina

W tabeli 3 podano wymagania dla geowłókniny.

Chudy beton

Do podbudowy zastosowano chudy beton o wytrzymałości 6-12 MPa.

Warstwa mrozoochronna

Do warstwy mrozoochronnej należy zastosować takie materiały, ażeby wskaźnik wodoprzepuszczalności był większy od 5,6 m/dobę. Wskaźnik zagęszczenia nie może być mniejszy od 1,03, a stosunek modułów E2/E1 należy wyznaczyć eksperymentalnie odpowiednio do wskaźnika zagęszczenia 1,03.

Podłoże

Podłoże należy tak przygotować, ażeby wtórny moduł na górnej powierzchni nie był mniejszy od 60 MPa, a wskaźnik zagęszczenia nie mniejszy od 1,00.

Podsumowanie

Nawierzchnie betonowe nie mają w Polsce ugruntowanej tradycji. Stosowane od 1995 r. na szerszą skalę na drogach krajowych i autostradach powoli zajmują stosowne miejsce w technologii robót drogowych. Wykonane do tej pory odcinki są obserwowane i diagnozowane. Wprowadzenie na odcinku autostrady A2 od Nowego Tomysła do Świecka nawierzchni betonowej o górnej warstwie z tzw. odkrytym kruszywem jest dalszym krokiem do doskonalenia jakości i technologii nawierzchni betonowych w Polsce. Liczę, że z pozytywnym skutkiem dla dobra ochrony środowiska i rozwoju technologii nawierzchni betonowych w Polsce. Doświadczenia zagraniczne pokazują, że taka technologia pozwala w znaczny sposób obniżyć poziom hałasu, który jest nawet mniejszy od poziomu hałasu wytwarzanego przez mieszanki typu SMA w nawierzchniach asfaltowych.

prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Katedra Dróg i Lotnisk
Politechnika Wroclawska



fol. Autostrada Wielkopolska SA