

Rozwój konstrukcji i technologii nawierzchni betonowych w Polsce

1. Wprowadzenie

Pojawienie się kryzysu energetycznego w gospodarce światowej, w tym również i polskiej, w połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku spowodowało zainteresowanie administracji drogowej nawierzchniami betonowymi. Zainteresowanie to zostało spotęgowane zwłaszcza wtedy, gdy w połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku zaobserwowano nagminne zjawisko powstawania kolein w nawierzchniach asfaltowych, spowodowane m.in. zwiększającym się obciążeniem osi pojazdów jak i wzrostem intensywności ruchu [4].

W 1995 roku wybudowano 17 km dwujezdniowej drogi A-18 (na odcinku Krzywa – Olszyna) o nawierzchni z betonu cementowego, wykorzystując materiał pochodzący ze starych recyklowanych płyt betonowych. Następnie pojawiły się dalsze realizacje nawierzchni betonowych na autostradach, drogach ekspresowych i krajowych, w tym:

- modernizacja autostrady A4 na odcinku Krzywa – Wrocław (92 km)
- modernizacja dk 8 na odcinku Wolbórz – Polichno (technologia whitetoppingu – 17 km)
- modernizacja autostrady A18 na odcinku Gołnice – Krzywa (65 km)
- budowa autostrady A4 na odcinku Krzywa – Jędrzychowice (50 km)
- budowa autostrady A2 na odcinku Nowy Tomyśl – Świecko (105 km)
- modernizacja dk 8 na odcinku Piotrków Trybunalski – granica województwa mazowieckiego (85 km)
- budowa S8 na odcinku węzeł Łódź – Walichnowy (102 km).

Na rys. 1 pokazano rodzaje nawierzchni występujących na wybudowanych i projektowanych autostradach oraz wybranych drogach ekspresowych w Polsce.

Aktualnie mamy 350 km autostrad o nawierzchni betonowej oraz 850 km o nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowej. Na drogach ekspresowych istnieje lub jest w budowie ok. 200 km dróg o nawierzchni betonowej, a 340 km nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowej (zestawienie dotyczy dwujezdniowych dróg ekspresowych). Powstało ok. 400 km dróg gminnych o nawierzchni betonowej.

W 2001 roku opracowano katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych.

Aktualnie po zdobytych doświadczeniach katalog ten jest modyfikowany. W referacie przedstawione zostaną doświadczenia, jakie zostały zdobyte w kraju w zakresie projektowania i budowy nawierzchni betonowych w odniesieniu do konstrukcji oraz technologii.

2. Nowe konstrukcje nawierzchni betonowych

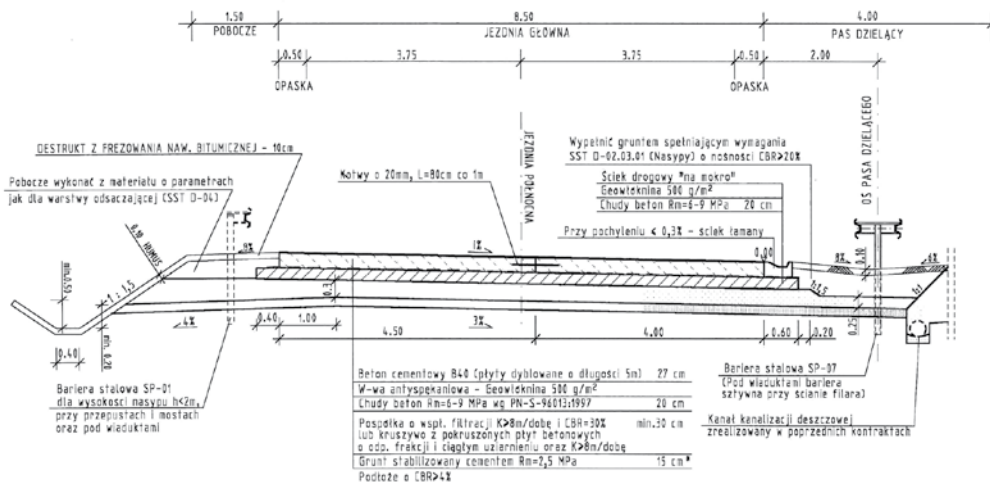
W związku z tym, że brak było w kraju własnych doświadczeń w zakresie projektowania i budowy nawierzchni betonowych, w pierwszych realizacjach skorzystano z doświadczeń niemieckich. Konstrukcja nawierzchni betonowej składała się z płyt betonowych o wymiarach 5 x 4,25 m, połączonych ze sobą za pomocą dybli i kotew. Płyty te ułożone były na geowłókninie spoczywającej na podbudowie z chudego betonu. Powierzchnia płyt była wykańczana tradycyjnie za pomocą szczotek lub płát jutowych [2].

Na rys. 2 pokazano przekrój poprzeczny autostrady A4 na odcinku Wrocław – Krzyżowa. Na rys. 3

Rys. 1. Nawierzchnie na autostradach w Polsce i wybranych drogach ekspresowych



Rys. 2. Przekrój poprzeczny autostrady A4 na odcinku Wrocław – Krzyżowa



pokazano szczegółowy zestaw warstw wraz z grubościami. Zastosowano dyble w rozstawie co 0,25 m oraz kotwy w rozstawie co 1 m. Zadaniem dybli jest włączenie do współpracy sąsiednich płyt. Natomiast kotwy mają za zadanie zapobieżenie rozsuwaniu się płyt w kierunku poprzecznym. Rola geowłókniny polega na odprowadzeniu wody przedostającej się przez ewentualne nieszczelności w szczelinach, zapobieżeniu erozji chemicznej podbudowy z chudego betonu solankami jak również zapobieżeniu spękanom odbitym pochodzącym z chudego betonu.

Na rys. 4 pokazano trwałość zmęczeniową nawierzchni określaną w latach 2006 – 2007 [1]. Projektowana trwałość zmęczeniowa wynosiła 30 000 000 osi 115 kN.

Przy realizacji modernizacji odcinka autostrady A4 na odcinku Wrocław – Krzyżowa zaprojektowano i wykonano dwa eksperymentalne odcinki nawierzchni betonowej. Na jednym z nich ułożono nawierzchnię betonową o ciągłym zbrojeniu bez szczelin poprzecznych. Na drugim nawierzchnię betonową ułożono na podbudowie z kruszywa o tak dobranym składzie, ażeby zapewniony był drenaż wody przedostającej się przez szczeliny w płycie.

Nawierzchnię o ciągłym zbrojeniu zastosowano pomiędzy dwoma obiektami mostowymi na długości ok. 1100 m [5]. Na rys. 5 pokazano schemat konstrukcji nawierzchni o ciągłym zbrojeniu.

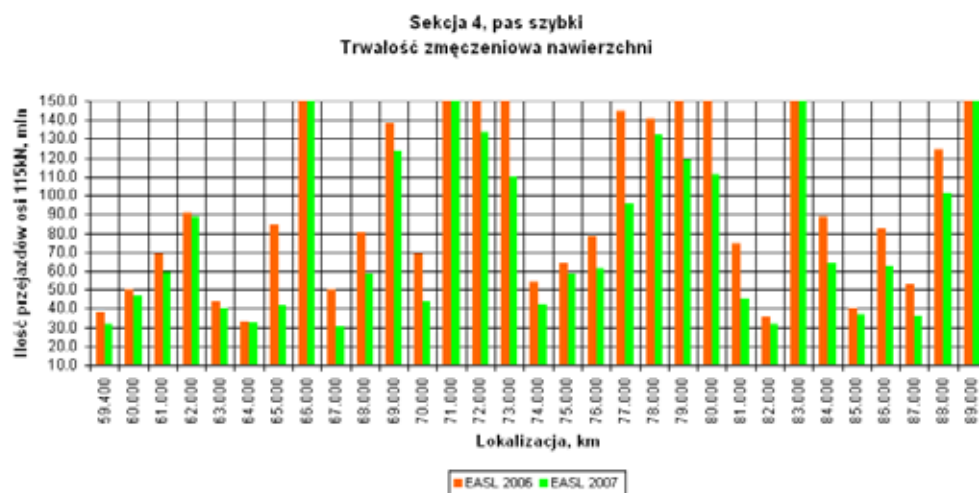


Rys. 3. Szczegół konstrukcji nawierzchni autostrady A4

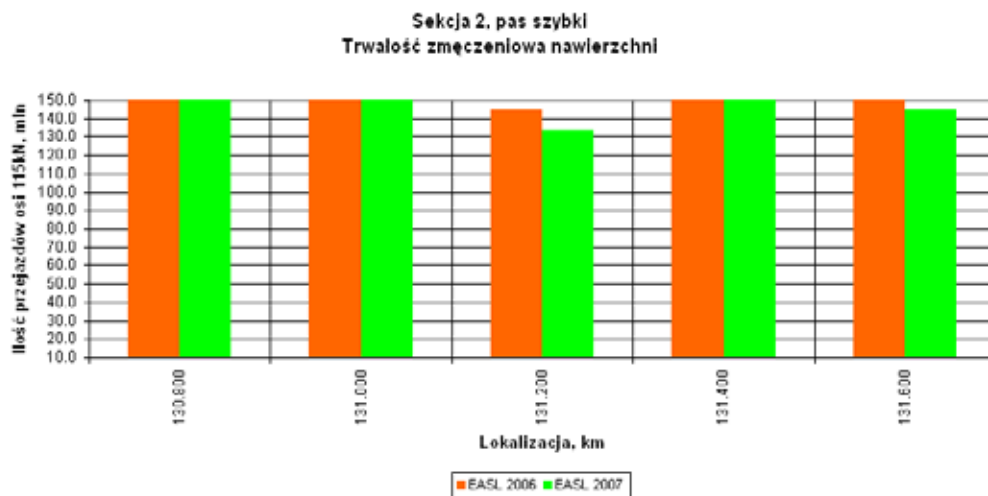


Rys. 5. Przekrój konstrukcji nawierzchni o ciągłym zbrojeniu

Rys. 4. Trwałość zmęczeniowa nawierzchni autostrady A4



Rys. 7. Trwałość zmęczeniowa nawierzchni betonowej o ciągłym zbrojeniu



Rys. 6. Układ zbrojenia w nawierzchni



Na rys. 6 pokazano widok ułożonego zbrojenia. Zastosowano zbrojenie podłużne ciągłe o średnicy 20 mm i rozstawie 18 cm. Poszczególne pręty łączyono na zakładkę w taki sposób, ażeby łączenie nie wystąpiło w jednej linii poprzecznej. Pręty poprzeczne o średnicy 12 mm układano pod kątem ok. 65° w rozstawie co 0,7 m.

Rys. 8. Widok zbrojenia na autostradzie A2



Przedmiotowy odcinek jest poddawany diagnostyce. Prowadzone są pomiary nośności, równości oraz inwentaryzacja mikropęknięć. Na rys. 7 zestawiono trwałość zmęczeniową nawierzchni. Jest ona większa od 100 000 000 osi 115 kN dla projektowanej 30 000 000 osi 115 kN.

Podobny odcinek zaprojektowano i wybudowano na autostradzie A2 Nowy Tomyśl – Świecko [2,6], z tym że tam nawierzchnię o ciągłym zbrojeniu ułożono na istniejącej nawierzchni z mieszanki mineralno-asfaltowej. Długość odcinka wynosi ok. 1 km. Odcinek ułożono na jednej jezdni. Na sąsiedniej jezdni ułożono odcinek w tradycyjnej technologii, a więc płyty dyblowane i kotwione. Oba odcinki poddawane są badaniom diagnostycznym i będą analizowane koszty utrzymania tych odcinków.

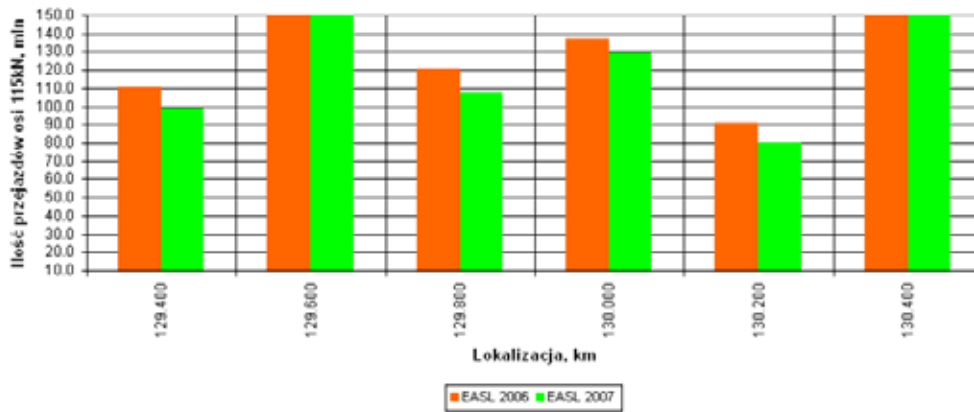
Na rys. 8 pokazano widok ułożonego zbrojenia na autostradzie A2.

Na autostradzie A4 ułożono również eksperymentalny odcinek długości 1300 m, na którym zastosowano podbudowę pod płytą betonową z kruszywa łamanego. Taka konstrukcja ma za zadanie łatwiejsze odprowadzenie wody ze szczelin. Na



Rys. 9. Przekrój nawierzchni z podbudową z kruszywa

Sekcja 3, pas szybki
Trwałość zmęczeniowa nawierzchni



Rys. 10. Trwałość zmęczeniowa nawierzchni betonowej z podbudową z kruszywa

rys. 9 pokazano konstrukcję nawierzchni tego odcinka.

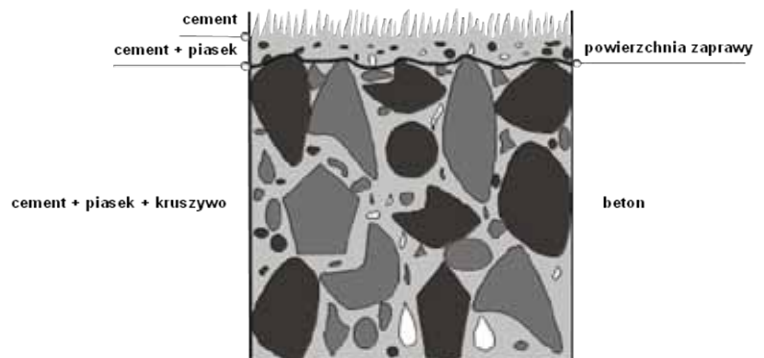
Na rys. 10 przedstawiono trwałość zmęczeniową nawierzchni betonowej z podbudową z kruszywa.

3. Nowe technologie i materiały

W poprzednim punkcie przedstawiono krajowe doświadczenia w zakresie konstruowania nawierzchni. W niniejszym punkcie przedstawione zostaną wymagania technologiczne i materiałowe. Jak wspomniano wcześniej w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku korzystano głównie z doświadczeń niemieckich. Aktualnie funkcjonują normy europejskie, które określają wymagania materiałowe i technologiczne odnośnie mieszanki betonowej i nawierzchni betonowej.

Sprecyzowane są wymagania materiałowe i metody badań w odniesieniu do: kruszywo, cementu, dybli, kotew, masy zalewowej, środków napowietrzających. W odniesieniu do mieszanki betonowej sprecyzowane są badania w odniesieniu do: konsystencji, gęstości, zawartości powietrza. W odniesieniu do betonu nawierzchni oraz samej nawierzchni betonowej sprecyzowane są wymagania oraz metody badań: mrozoodporności, odporności na działanie soli, rozstawu i średnicy porów, wytrzymałości na ściskanie (klasa betonu), wytrzymałości na zginanie (klasa w przedziale 2,0 do 10,0 MPa), wytrzymałości na rozciąganie – przy rozłupywaniu (klasy z przedziału 1,3 do 6 MPa). Ponadto określone są metody i wymagania odnośnie tolerancji grubości oraz metodyka kontroli wytrzymałości betonu pobranego z wykonanej nawierzchni. W przypadku układania dwuwarstwowego określone są procedury połączeń międzywarstwowych.

Nawierzchnie betonowe układane są z reguły dwuwarstwowo w technologii „mokre na mokre”, wynika to z faktu stosowania dybli i kotew, które są wciskane w mieszankę betonową najczęściej dolną. W takim przypadku górna warstwa jest wolna od karbów po dyblach i kotwach. Górną powierzchnię tej warstwy najczęściej wykańcza się stosując teksturowanie jej za pomocą szczotki, juty ciągnionej lub innych sposobów. Na rys. 11 pokazano przekrój przez górną warstwę. Teksturowanie wykonywane jest najczęściej w zaprawie. Tak wykonana nawierzchnia jest „główna” w stosunku do nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych i dlatego mało konkurencyjna.



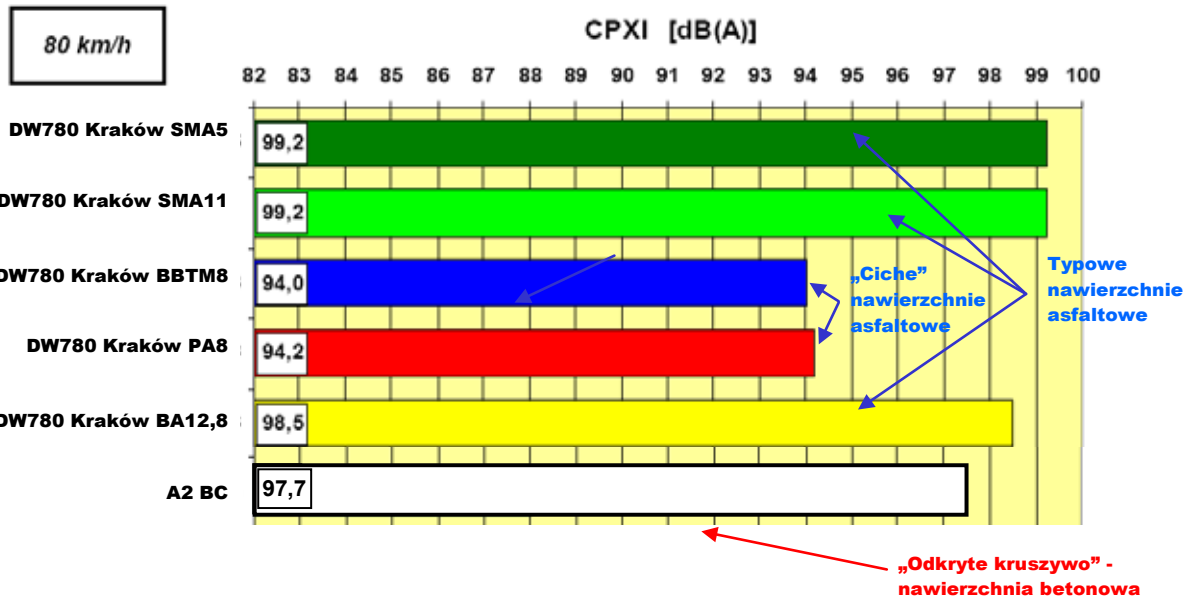
Rys. 11. Przekrój górnej powierzchni nawierzchni

Przy budowie autostrady A2 na odcinku Nowy Tomyśl – Świecko (105 km) zastosowano tzw. technologię odkrytego kruszywa. Jest to technologia pozwalająca obniżyć hałas emitowany na styku koło/nawierzchnia. Beton w tej technologii układany jest dwuwarstwowo „mokre na mokre”, przy czym górna warstwa o grubości 5 cm ma specjalnie dobrane kruszywo i większą wytrzymałość, co wiąże się ze zwiększeniem masy cementu. Uziarnienie górnej warstwy betonu nie powinno przekraczać 8 mm. Wskaźnik polerowalności użytego kruszywa nie mniejszy niż 53 (PSV \geq 53). Minimalna zawartość cementu 420 kg/m³.

Po ułożeniu nawierzchni spryskuje się ją specjalnymi środkami chemicznymi, które opóźniają wiązanie, a następnie szczotkuje się nawierzchnię, zbierając zaprawę i odkrywając kruszywo. Na rys. 12 pokazano widok takiej nawierzchni.

Rys. 12. Widok nawierzchni z odkrytym kruszywem





Rys. 13. Porównanie wyników badań hałasu nawierzchni betonowej z odkrytym kruszywem z nawierzchniami asfaltowymi

Na rys. 13 pokazano porównanie hałasu nawierzchni z mieszank mineralno-asfaltowych i betonowych z tzw. odkrytym kruszywem [2]. Analizując zestawione wyniki badań, można wywnioskować, że nawierzchnie betonowe z odkrytym kruszywem emitują mniejszy poziom hałasu w porównaniu z tradycyjnymi nawierzchniami asfaltowymi typu SMA czy beton asfaltowy.

4. Podsumowanie

Analizując rozwój technologii betonowych nawierzchni drogowych w Polsce na przestrzeni ostatnich piętnastu lat, można zauważyć istotny postęp w zakresie konstrukcji, wdrożonych technologii i prowadzonych prac badawczych. W drogownictwie sukcesem, jeżeli chodzi o wdrożenie nowych technologii, jest ich weryfikacja na eksploatowanej drodze. Znaczna liczba nowych rozwiązań technologicznych przedstawionych w referacie została pozytywnie zweryfikowana. Obserwując i diagnozując nowe nawierzchnie, należy stwierdzić, że poprawiła się zdecydowanie jakość budowanych

nawierzchni. Wdrożenie nowych technik diagnostyki nawierzchni pozwala na szczegółową analizę jakości i trwałości budowanych i eksploatowanych nawierzchni. Budowa nawierzchni z mieszank mineralno-asfaltowych oraz betonowych wywala pozytywną konkurencję, rozwój technologii i prac badawczych.

Administracja drogowa we współpracy z ośrodkami badawczymi powinna aktywnie kontynuować lub podjąć pracę nad rozwiązaniem problemów projektowania i budowy nawierzchni dróg, takich jak:

- doskonalenie technologii budowy nawierzchni betonowych w zakresie redukcji hałasu
- rozwój nawierzchni betonowych w zakresie whitetoppingu (wzmocnienia nawierzchni z mieszank mineralno-asfaltowych płytami betonowymi)
- prace nad technologią nawierzchni długowiecznych mieszanych (betonowych i z mieszank mineralno-asfaltowych).

Węzeł autostradowy A4 i A18



foto: Michał Braszczyński

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

Literatura

- 1 Ocena trwałości nawierzchni A4 Krzywa – Wrocław Bielany. Podsumowanie, TPA, Instytut Inżynierii Lądowej P.Wr., 2007
- 2 I. Ruttmar, A. Szydło, Technology of the Expose Aggregate Concrete – Improvement of Safety and Driving Comfort on Concrete Pavements, Experience in Poland. Int. Conf. MOBILITA 11, Bratislava, 2011
- 3 I. Ruttmar, A. Szydło, Experience from Construction of Concrete motorways In Poland. 10-th Int. Symposium Concrete Roads, Brussels, 2006
- 4 A. Szydło, Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja. Polski Cement, Kraków 2004
- 5 A. Szydło, Doświadczalne nawierzchnie o ciągłym zbrojeniu na autostradzie A4 i na lotnisku w Lublinku, Drogownictwo 11/2006
- 6 A. Szydło, Technologia budowy autostrady A2 o nawierzchni betonowej. „Budownictwo, Technologie, Architektura” nr 2/2010