

- [7] Hunt P., Bunker J., Analysis of Unbound Granular Pavement Deterioration for Use in Asset Management Modelling, A Literature Review, Department of Main Roads, Queensland, 2001
- [8] Sayers M. W., Gillespie T. D., The Ann Arbor Road Profilometer Meeting, Michigan, September 1986
- [9] Sayers M. W., Gillespie T. D., Paterson W. D. O., Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurement, World Bank Technical Paper Number 46, 1986
- [10] Sayers M. W., Karamihas S. M., The Little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Roads Profiles, Michigan, 1998
- [11] Szpinek S., Badania równości nawierzchni lotniskowych, „Drogownictwo” 6/2014
- [12] Szpinek S., Niepewność oceny równości nawierzchni drogowej, „Drogownictwo” 3/2013
- [13] Szpinek S., Widmo amplitudowe nierówności podłużnych nawierzchni drogowych, „Drogownictwo” 9/2001
- [14] Wyczałek I., Jamroży P., Wyczałek M., Pomiary płaskości i spadków nawierzchni metodami geodezyjnymi, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 20/2015, 77-92



WIESŁAW DĄBROWSKI

OAT Sp. z o.o.
wieslaw.dabrowski@oat.pl

Czas przeszły i przyszły nawierzchni betonowych w Polsce

Część 1. Wybrane zagadnienia dotyczące dotychczasowych doświadczeń w budowie i utrzymaniu

Na początku XIX wieku rozpoczęto w Polsce budowę dróg o nawierzchni ulepszonej na szeregu odcinków, wykorzystując przy tym najnowsze osiągnięcia techniczne. Zachowana jeszcze z tamtego okresu dokumentacja techniczna dotycząca projektowania i budowy dróg świadczy o wysokim poziomie techniki w dziedzinie drogownictwa w Księstwie Warszawskim, Polsce Kongresowej, a także w Galicji [1]. W latach 1820–1823 wybudowano pierwszą drogę bitą w Królestwie Polskim zwaną *Traktem Brzeskim*. Dzięki temu możliwy stał się eksport wyrobów na chłonny rynek rosyjski. Trakt prowadził z Warszawy przez Mińsk, Siedlce, Międzyrzec, Białą Podlaską, Terespol do Brześcia, a jego długość wynosiła 178 staj czyli blisko 190 km. W 1823 r. wykonano także drogę bitą z Koła do Kalisza o długości 61 staj czyli 65 km. W kolejnych latach budowane były inne odcinki dróg o nawierzchni utwardzonej jak np. trakt krakowski – do Raszyna, trakt poznański – do Oltarzewa, czy trakt petersburski do Jabłony [2]. Wraz z utratą niepodległości przez Polskę nastąpił okres stagnacji w omawianej dziedzinie. Z uwagi na inne ważniejsze problemy, przestano przywiązywać wagę do rozbudowy dróg. Na dotychczasowych naszych terenach powstawały wprawdzie nowe drogi, ale nie był to spójny system mający na celu powiązanie poszczególnych miast i regionów. Trzy sąsiednie mocarstwa, które zawłaszczyły nasze ziemie, brały pod uwagę wyłącznie własne cele państwowe, a ponadto prowadziły niezależne działania strategiczne. W związku z tym na ziemiach polskich wrogię nam mocarstwa nie dbały o rozbudowę dróg i nie przywiązywały wagi do rozwoju ważnych szlaków komunikacyjnych [1]. Należy tu także dodać, że dodatkowo w tym czasie na ziemiach polskich następował rozwój szlaków kolejowych, które stały się ważnym środkiem komunikacji i przewozu towarów, podobnie jak miało to miejsce w całej Europie.

Na początku XX wieku, wraz z pojawieniem się pierwszych pojazdów samochodowych o napędzie spalinowym, zapoczątkowany został nowy etap w światowym drogownictwie. Udział Polski, która odzyskała niepodległość w wyniku wielkich wydarzeń na scenie europejskiej, był w tym rozwoju stosunkowo niewielki, gdyż pierwsza wojna światowa, a później wyczerpujący konflikt z Rosją Radziecką uniemożliwiły prowadzenie planowej gospodarki drogowej, wobec wielu pilniejszych potrzeb jakie występowały w tym okresie. Liczne oddziały wojskowe, które przemieszczały się wraz ze swoimi taborami przez Polskę, stanowiły ogromne obciążenie dla i tak już niedostatecznej sieci dróg i mostów. Pod koniec pierwszej wojny światowej większość dróg na terenach, które znalazły się w granicach nowo powstałego Państwa Polskiego znajdowała się w stanie prawie całkowitego zniszczenia [1].

W takiej sytuacji powstałe w listopadzie 1918 roku Państwo Polskie przejęło zarząd nad siecią dróg w kraju, który był ogromnie wyniszczony na skutek kilkuletnich działań wojennych. Na terenie wszystkich byłych ziem rozbiorowych rozpoczęto odbudowę dróg i obiektów inżynierskich, ponadto dostosowywano przepisy techniczne, a przede wszystkim podejmowano nowe działania inwestycyjne. Kolejność zadań ustalana była według najpilniejszych potrzeb. W latach 1928–1929 udało się w znacznym stopniu poprawić podstawową sieć dróg w Polsce. Środki na rozbudowę dróg przewidziane w budżecie państwa i uzyskane przez samorządy wystarczały, aby utrzymać drogi w zadawalającym stanie. Światowy kryzys gospodarczy, jaki wystąpił w latach 1926–1933 pozbawił jednak samorządy drogowe prawie wszystkich środków potrzebnych na rozbudowę dróg. Najbardziej krytyczny był rok budżetowy 1932–1933, w którym oszczędności w budżecie państwa wprowadzono w pierwszej kolejności kosztem nakładów na drogownictwo.

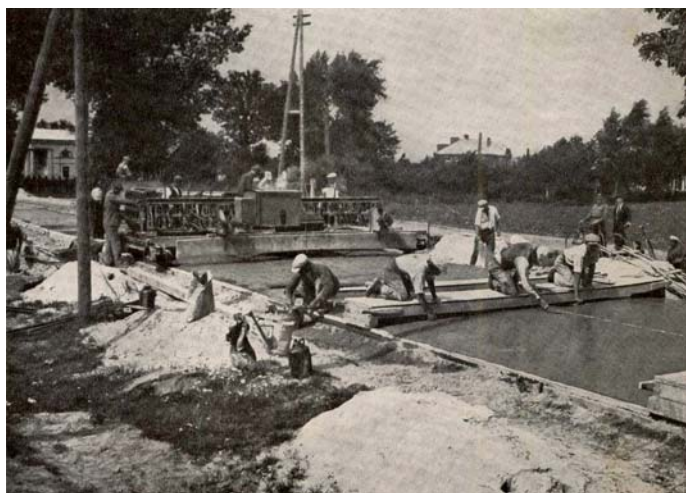
W całym okresie trwającego kryzysu nie prowadzono prawie żadnych robót utrzymaniowych, a dodatkowo występujące w tamtych latach niekorzystne warunki pogodowe sprawiły, że całość spraw związanych z drogownictwem po okresie kryzysu stała się najpilniejszym ze wszystkich zadań państwa. W 1934 r. Ministerstwo Komunikacji zatwierdziło plan na lata 1935–1940, którego realizacja przewidywała wybudowanie 4 750 km dróg o nawierzchni utwardzonej [3].

Historia nawierzchni betonowych w Polsce

Począwszy od momentu odzyskania niepodległości przez nasz kraj, budowa dróg o nawierzchni betonowej cały czas towarzyszyła polskiemu drogownictwu, aż do wybuchu wojny we wrześniu 1939 r. Należy tu podkreślić, że w okresie 20-lecia nawierzchnie drogowe wykonywane w Polsce stanowiły głównie te z kostki kamiennej, kostki klinkierowej oraz betonu cementowego. Nawierzchnie bitumiczne, tzn. z użyciem lepischer smołowych, względnie asfaltowych były w tym okresie w początkowej fazie rozwoju.

W tabeli nr 1 zamieszczono zestawienia powierzchni dróg krajowych utwardzone nawierzchniami z betonu cementowego w latach 1926–1935.

Przykładowy sposób wykonywania nawierzchni z betonu cementowego w latach 1926–1935 przedstawiono na fot. 1.



Fot. 1. Budowa drogi o nawierzchni z betonu cementowego na odcinku drogi krajowej Warszawa – Modlin, rok 1935 [3]

Przykład wybudowanej nawierzchni z betonu cementowego (lata 1926–1935) przedstawiono na fotografii nr 2.



Fot. 2. Widok drogi krajowej o nawierzchni z betonu cementowego w pobliżu Skoczowa, rok 1935 [3]

Dane dotyczące powierzchni dróg z nawierzchnią z betonu cementowego zrealizowane w latach 1936–1939 są trudne do ustalenia, a dostępne dane są nieprecyzyjne. Niektóre źródła wskazują, że w tym okresie wykonano około 185 km dróg o nawierzchni betonowej. Można założyć, że w omawianym okresie udało się wybudować 1,4–2,0 milionów metrów kwadratowych dróg o nawierzchni betonowej, czyli zdecydowanie więcej aniżeli w okresie lat poprzedzających 1926–1935. Jeśli weźmie się pod uwagę tylko drogę krajową Warszawa–Białystok, na której w większości wykonano nawierzchnię z betonu cementowego, to można wnioskować, że w latach 1936–1939 wykonano znacznie powyżej miliona metrów kwadratowych nawierzchni betonowych.



Fot. 3. Widok nawierzchni z betonu cementowego na drodze Warszawa – Białystok, odcinek Radzymin – Wyszków po 46 latach eksploatacji [4]

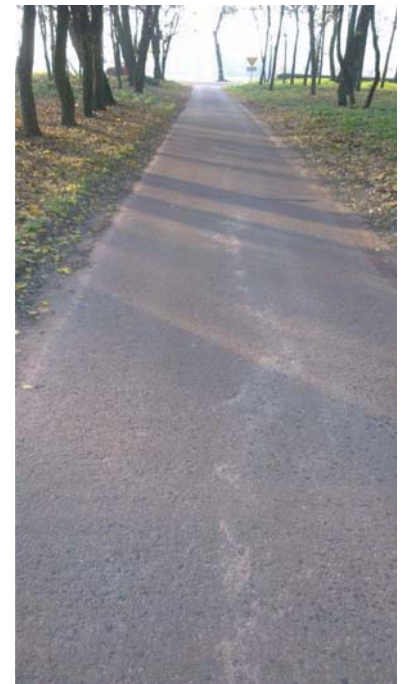
Tabela 1. Wykaz powierzchni dróg o nawierzchniach betonowych wybudowanych w latach 1925–1935

Rok wykonania	do 1925	1926	1927	1928	1929	1930
Nawierzchnie betonowe [m ²]	27 000	2 000	5 000	9 000	20 000	17 000
Rok wykonania	1931	1932	1933	1934	1935	1926–1935
Nawierzchnie betonowe [m ²]	23 000	8 000	9 000	22 000	17 000	159 000

Źródło: Betonstraßenbau in Deutschland, publikacja Niemieckiego Związku Cementowego z siedzibą w Berlinie wydana przez wydawnictwo Zementverlag GmbH w roku 1936

Pewna część nawierzchni betonowych wybudowanych w latach 1926–1939 przetrwała do końca lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia w dość dobrym stanie technicznym. Przykładami mogą być: zarówno droga Warszawa – Modlin, jak i droga Warszawa – Białystok. Autor artykułu stosunkowo często podróżował po tych drogach i pamięta, że ich nawierzchnie w latach siedemdziesiątych były w dobrym stanie. Pęknięcia płyt zdarzały się sporadycznie. Równość podłużna i poprzeczna nawierzchni była na tyle dobra, że jadąc w czasie ulewnego deszczu nie zauważało się problemów z odwodnieniem. Reprezentatywnym przykładem, zarówno z punktu widzenia rozwiązania projektowego, jak i z punktu widzenia jakości i użyteczności technicznej przedwojennych nawierzchni betonowych może być zdjęcie opublikowane przez inż. Stefana Rollę w książce pt. „Nowoczesne nawierzchnie betonowe” (fot. 3).

Ogólnie znanym, słabym ogniwem przedwojennych nawierzchni betonowych był charakterystyczny hałas generowany na styku opona–nawierzchnia, w miejscach przejazdu przez dylatacje (szczeliny rozszerzania). Szczeliny, również w okresie powojennym, nie były praktycznie utrzymywane i stały się nieszczelne. Powodowało to stopniowe wykruszanie się górnych krawędzi tych szczelin oraz stopniowe, coraz to większe ich poszerzenie w sposób, jaki został uwidoczniony na fotografiach nr 4 i nr 5 nawierzchni z betonu cementowego, która w nieprzerwany sposób do chwili obecnej funkcjonuje od 75 lat bez jakichkolwiek zabiegów utrzymaniowych i naprawczych.



Fot. 4. (a–b). Widok 75-letniej nawierzchni z betonu cementowego na drodze dojazdowej do nieistniejącego obecnie lotniska wojskowego we wsi Sokołówek w powiecie Ciechanowskim. Obecnie jest to droga dojazdowa do magazynów oraz przyległych posesji. Zdjęcia wykonano w październiku 2015 roku

Na drogach strategicznych budowanych w Polsce w latach 1951–1953 o długościach około 200 km rocznie, zaprojektowano wyłącznie nawierzchnie betonowe [4]. Do ich wykonania używano betoniarek samojezdnych na gąsienicach firmy Ransome oraz układarek wibracyjnych Bław Knox. Maszyny te Polska otrzymała po II wojnie światowej



Fot. 5. (a–c) Zdjęcie po stronie lewej obrazuje widok tekstury nawierzchni po 75 latach eksploatacji. Dwa zdjęcia od prawej, pokazują proces degradacji krawędzi szczelin dylatacyjnych. Zdjęcia wykonano w październiku 2015 roku

w ramach pomocy Administracji Narodów Zjednoczonych do Spraw Pomocy i Odbudowy (z ang. *United Nations Relief and Rehabilitation Administration – UNRRA*). Ostatni odcinek (Sobienie – Wilga, obecnie droga wojewódzka nr 801) o nawierzchni betonowej wykonano w roku 1960 [4]. Budowę pośrednio nadzorował inż. Stefan Rolla jako pracownik CZDP i zwierzchnik kierownika budowy. Nawierzchnia betonowa na odcinku tej drogi służy do chwili obecnej 55 lat,



Fot. 6. Widok odcinka drogi Sobienie – Wilga w dniu 11.11.2015 r. Nawierzchnia betonowa wykonana w roku 1960. Jezdnia szerokości 6 m, szczeliny poprzeczne co 5 m. Szerokość szczelin rzędu 20 mm. Nawierzchnia użyteczna technicznie. Beton był wykonany bez domieszki napowietrzającej



Fot. 7. Widok szczelin dylatacyjnych poprzecznych i fragmentu pobocza nawierzchni betonowej na odcinku drogi Sobienie – Wilga po 55 latach eksploatacji. Zdjęcia wykonano w listopadzie 2015 r



Fot. 8. Widok nawierzchni betonowej w miejscowości Wilga po 55 latach eksploatacji. Zdjęcie wykonano w listopadzie 2015 r.

bez gruntownego remontu; naprawiane są tylko większe uszkodzenia. Przykłady stanu technicznego tych odcinków zaprezentowano na fotografiach 6–8.

W latach 1961–1993 nie kontynuowano w Polsce budowy dróg o nawierzchni betonowych. Na dużą skalę wykorzystywano natomiast cement do stabilizacji gruntów oraz do wykonania warstw podbudów z chudego betonu – w celu naprawy dróg o nawierzchniach asfaltowych i smółtowych. Pierwszy odcinek stabilizacji gruntu cementem wykonano już w 1951 r. w miejscowości Chylce koło Warszawy.

Od 1955 r. rozpoczęto na dużą skalę budowę dróg o nawierzchniach ulepszonych. Z uwagi na niewielkie w tym okresie obciążenia od ruchu pojazdów, jako podbudowę stosowano głównie stabilizację cementem gruntu sypanego dowożonego, względnie niekiedy także rodzimego. Tym sposobem budowano 2 000 – 3 000 km dróg rocznie, z tego około 75% warstwę nośną stanowiła stabilizacja cementem. W latach sześćdziesiątych na dużą skalę stosowano również warstwy z chudego betonu o grubości 15–25 cm (w zależności od obciążenia ruchem), na nawierzchniach bitumicznych dróg Warszawa – Kraków i Warszawa – Poznań. Po ułożeniu warstwy z chudego betonu na niej wykonywano zazwyczaj dwie warstwy asfaltowe (4 + 4 cm) [5].

W latach 1990–1993, tzn. bezpośrednio po zmianach społeczno-politycznych jakie nastąpiły w naszym kraju, praktycznie do zera zmalała liczba budowanych dróg w Polsce. Nakłady łączne na drogownictwo spadły 5-krotnie w stosunku do nakładów w latach osiemdziesiątych, które i tak były ograniczone w stosunku lat poprzednich. Główny nacisk położono na roboty utrzymaniowe, aby nie dopuścić do całkowitej degradacji nawierzchni istniejącej sieci drogowej.

Wybrane zagadnienia dotyczące doświadczeń z zakresu budowy

Budowa dróg o nawierzchniach z betonu cementowego stanowi nierozłączny element polskiego drogownictwa. Zakres budowy nawierzchni z betonu cementowego nie był tak duży, jak miało to miejsce w bardziej rozwiniętych gospodarczo krajach europejskich, jednakże jakość, a także użyteczność techniczna wybudowanych nawierzchni na drogach w Polsce była równie wysoka, jak w krajach wiodących w zakresie budowy nawierzchni z betonu cementowego.

Z dużą dozą prawdopodobieństwa można sformułować twierdzenie, że gdyby nie było drugiej wojny światowej, budownictwo drogowe w Polsce wykorzystywałoby w niemal równiej mierze nawierzchnie betonowe, jak i asfaltowe. Od 1989 r. następował powolny proces „odzyskiwania” przez nawierzchnie betonowe należnego im miejsca w polskim drogownictwie. Proces ten może obecnie ulec znacznemu przyspieszeniu dzięki niedawnej decyzji Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) o realizacji ponad 800 km dróg krajowych o nawierzchni betonowej.

Biorąc pod uwagę fakt istotnie niższych oporów toczenia pojazdów na nawierzchniach betonowych, użyteczność techniczną na poziomie 40 lat oraz bardzo znaczny postęp technologiczny w zakresie mechanicznego kształtowania właściwości przeciwślizgowych i akustycznych nawierzchni betonowych, można z powodzeniem wnioskować, że decy-

zja GDDKiA o budowie pewnych odcinków dróg krajowych z nawierzchnią z betonu cementowego jest swego rodzaju powrotem do tradycji polskiego drogownictwa. Powrót ten może być bardziej użyteczny społecznie niż się wydaje. Łatwo można wywnioskować, że dzięki niższym oporom toczenia kół pojazdów na nawierzchniach betonowych zostanie obniżona ilość paliwa zużywanego przez środki transportu, zwłaszcza przez samochody ciężarowe. Automatycznie zredukuje to całkowite koszty transportu samochodowego, jak również emisję dwutlenku węgla do atmosfery. Rozpatrując to zagadnienie tylko z podanego punktu widzenia, trudno nie zauważyć, że powrót do tradycji nawierzchni betonowych, jest w tym przypadku zgodny z „duchem czasu”, tj. wymogami ekologicznymi oraz wymogami społecznymi nowoczesnego kraju Unii Europejskiej, którego społeczeństwo oczekuje sukcesywnego obniżania kosztów mobilności oraz poziomu usług drogowych, w niczym nie odbiegającego od poziomu tych usług w wiodących krajach Unii Europejskiej [6].

Przykłady

Reprezentatywnymi przykładami procesu stopniowego powrotu do tradycji budowy dróg o nawierzchni z betonu cementowego są: wykonana 20 lat temu gruntowna renowacja 17-kilometrowego odcinka autostrady A12 (obecnie A18) oraz wykonanie nawierzchni typu *whitetopping* w ramach modernizacji drogi krajowej nr 8 Warszawa – Piotrków Trybunalski na odcinku Wolbórz – Polichno.



Fot. 9. Widok nawierzchni drogi krajowej nr A18 (wcześniej A12) z betonu cementowego po 20 latach eksploatacji. Zdjęcie wykonane przez Marka Stańczyka w październiku 2015

Fotografia nr 9 przedstawia stan nawierzchni z betonu cementowego wykonanej przez firmę HEILIT + WOERNER Budowlana Sp. z o.o. na odcinku Gołnice – Krzywa na autostradzie A12 – po 20 latach eksploatacji. W tym miejscu wypada zwrócić uwagę, że przetarg na wykonanie tego odcinka wygrała ta firma, oferując cenę niższą o około 20% od cen pozostałych oferentów. Przedstawiony w ramach przetargu projekt modernizacji autostrady przewidywał tzw. odprężenie istniejącej nawierzchni betonowej i ułożenie na niej nawierzchni asfaltowej. Ponieważ był to kontrakt współfinansowany przez Bank Światowy, oferent składający ofertę o najniższej cenie miał prawo złożyć zamawiającemu rozwiązanie alternatywne. Tym rozwiązaniem było rozdrobnie-

nie istniejącej nawierzchni betonowej do frakcji tłuczniowej, wykonanie z jej użyciem warstwy podbudowy w formie stabilizacji mechanicznej i na tak uzyskanej warstwie ułożenie warstwy z betonu cementowego.

Dwadzieścia lat eksploatacji tej nawierzchni w pełni potwierdziło, że było to bardzo korzystne rozwiązanie z punktu widzenia interesu społecznego. Zrealizowane na różnych odcinkach autostrady A4 rozwiązanie projektowe, które było również przewidziane dla tego odcinka autostrady A12, już po kilku latach eksploatacji okazało się nieskuteczne i zostało zastąpione rozwiązaniem takim, jak na autostradzie A12. Nikt prawdopodobnie nie policzył, ile zaoszczędzono środków finansowych, dzięki rozwiązaniu zrealizowanemu na drodze A12 oraz ile nadal się oszczędza, dzięki niższym oporom toczenia oraz temu, że nie ma konieczności wykonywania remontów i związanych z tym utrudnień w ruchu drogowym.

Analogicznie korzystna sytuacja z punktu widzenia interesu społecznego, ma miejsce w przypadku pierwszego wykonania w Polsce nawierzchni z betonu cementowego jako tzw. *whitetopping*. Zrealizowano to rozwiązanie w latach 2002–2003, w ramach modernizacji drogi krajowej nr 8 Warszawa – Piotrków Trybunalski na odcinku Wolbórz – Polichno. W tym przypadku firma HEILIT + WOERNER Budowlana Sp. z o.o. podobnie jak na autostradzie A18, zaproponowała rozwiązanie alternatywne i zamiast wyburzenia całej konstrukcji nawierzchni asfaltowej – w dużym stopniu skoleinowanej, a następnie odtwarzania kolejnych warstw asfaltowych, wykonała rozwiązanie tańsze i bardziej trwałe, tzn. nakładkę betonową.



Fot. 10. Widok warstwy typu *whitetopping* na odcinku Wolbórz – Polichno po 12 latach eksploatacji

Obydwa podane przykłady, zdają się w pełni potwierdzać słuszność hipotezy:

„Powrót do dobrej tradycji może być bardziej użyteczny społecznie niż się wydaje”.

Jest oczywistym, że chcąc zweryfikować słuszność tej hipotezy w sposób obiektywny, należałoby dokonać szczegółowych analiz efektywności rozwiązań alternatywnych i porównać z efektywnością tych rozwiązań, które przewidywano w ramach zamiennej dokumentacji przetargowej. Jeżeli weźmie się jednak pod uwagę fakt, że na niektórych odcinkach

autostrady A4, gdzie wykonywano remont w technologii asfaltowej, za kilka lat koniecznym stało się wykonanie remontu w technologii betonu cementowego, to już to pozwala dojść do wniosku, że dzięki wykonaniu alternatywnego rozwiązania na autostradzie A12 zaoszczędzono kilkadziesiąt milionów złotych, które można było przeznaczyć na inne potrzeby polskiego drogownictwa.

Nawierzchnie z betonu wałowanego

Wykonywanie nawierzchni drogowych z betonu wałowanego nie ma długiej tradycji w Polsce. Rozwiązanie takie, mimo że generalnie znane polskim specjalistom, nie miało do tej pory zastosowań na większą skalę. Można stwierdzić, że zdobywane od niedawna są w Polsce doświadczenia, które są absolutnie niezbędne do skutecznego wprowadzenia tego rodzaju nawierzchni z betonu cementowego. Jeden z ostatnich przykładów wykonania nawierzchni z betonu wałowanego w roku 2015 zobrazowano poniżej (fot. 11. a–b).

Nawierzchnie z betonu wałowanego są dobrym i sprawdzonym rozwiązaniem już w wielu krajach świata, zarówno na podbudowy pod nawierzchnie betonowe i asfaltowe, jak i jako warstwy górne (ścieralne). Dobre rezultaty z punktu widzenia użyteczności technicznej i ekonomicznej warstw ściernalnych z betonu wałowanego uzyskuje się zwłaszcza w przypadku wykonywania na drogach, placach manewrowych, parkingach, placach magazynowych itp. o małym obciążeniu ruchem. Mogą być stosowane również na nawierzchniach o dużym obciążeniu ruchem, jednakże przy małej prędkościach poruszania się pojazdów. Wykonywanie nawierzchni z betonu wałowanego jest proste co do zasady, jednakże jak to bardzo często bywa w budownictwie drogowym, prawidłowe wykonanie wymaga gruntownej i specjalistycznej wiedzy oraz doświadczenia. Z tego też względu, wykonywanie tego rodzaju nawierzchni powinno się powierzać wyłącznie firmom wykonawczym mającym odpowiednią wiedzę, doświadczenie i niepodważalne referencje. W przeciwnym wypadku prawdopodobieństwo niepowodzenia jest bardzo duże.

Wybrane zagadnienia dotyczące doświadczeń z zakresu utrzymania

Dobrze wykonane nawierzchnie z betonu cementowego praktycznie nie wymagają wielu zabiegów utrzymaniowych. Jedyne zabiegi utrzymaniowe, które powinny być regularnie wykonywane, polegają na cyklicznej wymianie mas zalewowych, względnie profili uszczelniających szczeliny dylatacyjne. Proces wymiany masy uszczelniającej w szczelinach nawierzchni z betonu cementowego przedstawiono na fotografiach 12 (a–f). Należy podkreślić, że również w omawianym przypadku proces technologiczny jest prosty co do zasady, jednakże realizacja wymaga odpowiedniego sprzętu i doświadczenia. Konieczne jest bowiem uwzględnienie wielu czynników istotnie wpływających na użyteczność techniczną tego zabiegu. Każdy tego rodzaju zabieg odbywa się w odmiennych warunkach. W związku z tym jedynie doświadczeni wykonawcy potrafią odpowiednio dostosować się do tych warunków realizując zabieg wymiany masy uszczelniającej w szczelinach nawierzchni z betonu cementowego. O wadze tego zagadnienia świadczy fakt, że w niemieckich uregulowaniach technicznych wprowadzono obowiązujący zleceńodawców wymóg, mówiący o tym, że tego rodzaju prace mogą być powierzane wyłącznie firmom wyspecjalizowanym w wykonywaniu tego rodzaju prac.

Do zabiegów utrzymaniowych można również zaliczyć teksturowanie nawierzchni z betonu cementowego metodą *grinding* (fot. 13–14). W przypadku nawierzchni o długim okresie eksploatacji opisywaną metodę wykorzystuje się głównie do poprawy równości podłużnej, szorstkości oraz właściwości akustycznych. Stosując metodę *grindingu*, na wielu odcinkach dróg o nawierzchni betonowej poprawiono komfort i bezpieczeństwo ruchu, przy jednoczesnym obniżeniu negatywnych oddziaływań na środowisko, m.in. redukując hałas generowany na styku opona–nawierzchnia.

Polskie doświadczenia w zakresie wykonywania zabiegów utrzymaniowych i naprawczych nawierzchni z betonu cementowego na drogach i lotniskach są realizowane od ponad dwudziestu lat. Zabiegi utrzymaniowe wykonywane są niemal w 100% przez firmy specjalistyczne, tj. firmy posiadające odpowiednią wiedzę, doświadczenie oraz specjalistyczny sprzęt.



Fot. 11. (a–b). Wykonywanie nawierzchni z betonu wałowanego w ramach odnowy drogi wojewódzkiej nr 272 Laskowice – Jeżewo – Dolna Grupa. Nawierzchnia ta została wykonana w połowie października 2015 r. (Autor zdjęcia Piotr Różycki)



Fot. 12(a-f). Wizualizacja technologii wymiany masy uszczelniającej w szczelinach nawierzchni betonowej. Zdjęcia archiwum OAT Sp. z o.o.



Fot. 13. Typowy zestaw maszyn do teksturowania nawierzchni z betonu cementowego metodą grinding. Fot: Otto Alte-Teigeler GmbH

Fot. 14. Efekt teksturowania nawierzchni z betonu cementowego metodą grinding. Fot: Otto Alte-Teigeler GmbH

Podsumowanie i wnioski

Mobilność społeczeństw, tj. skłonność ludzi do zmiany miejsca pobytu i wynikająca stąd potrzeba sprawnej komunikacji, była, jest i będzie w przyszłości naturalną cechą i niezbywalnym prawem człowieka. Mobilność odgrywa wielką rolę: przyczynia się do zmniejszenia różnic społecznych, poprawy jakości życia, jak również zmniejszenia bezrobocia. Sieć drogowa z nawierzchniami dostosowanymi do wymagań ruchowych ułatwia mobilność, działalność gospodarczą, inwestycyjną i rozwój społeczny. Dążenie do uzyskania najniższych kosztów mobilności jest nie tylko ważnym celem, ale i obowiązkiem społecznym. W tym kontekście wypada ponownie stwierdzić, że nawierzchnie z betonu cementowego jako „nawierzchnie sztywne” charakteryzują się niższym współczynnikiem oporu toczenia w porównaniu do „nawierzchni podatnych”. W związku z tym, mogą przyczynić się do istotnego obniżenia kosztów mobilności, oczywiście pod warunkiem, że nawierzchnie zostaną wykonywane i utrzymywane zgodnie z wymogami aktualnego stanu wiedzy i techniki obowiązującymi w Unii Europejskiej.

Rozwój sieci drogowej zależy od inwestycji, modernizacji oraz wprowadzenia postępu technicznego. Przedsięwzięcia te powinny być jednak poprzedzone analizą ekonomiczną, uzasadniającą potrzeby drogownictwa, prawidłowe gospodarowanie środkami i efektywne wykorzystywanie dróg jako infrastruktury transportowej i gospodarczo-społecznej [7].

Z zacytowanego powyżej fragmentu publikacji prof. Haliny Chrostowskiej oraz przedstawionych w artykule informacji wynikają, między innymi, następujące wnioski:

1. Każda odpowiedzialna decyzja dotycząca wyboru rodzaju konstrukcji nawierzchni oraz parametrów technicznych warstwy ścieralnej powinna być poprzedzona wielokryterialną analizą ekonomiczną.
2. Wykonanie wielokryterialnej analizy ekonomiczną wymaga gruntownej wiedzy, między innymi z zakresu dotychczasowych doświadczeń w budowie i utrzymaniu nawierzchni z betonu cementowego.
3. W wielu przypadkach zaprojektowanie i wykonanie nawierzchni z betonu cementowego może się okazać rozwiązaniem bardziej skutecznym i efektywnym, o czym świadczą przytoczone przykłady rozwiązań.
4. Budowa dróg o nawierzchniach betonowych w Polsce ma długoletnią i dobrą tradycję, pomimo że w pewnych okresach odchodzono od tej technologii.

5. Racjonalnym przedsięwzięciem byłoby usystematyzowanie wiedzy odnośnie efektów ekonomicznych i społeczno-gospodarczych, jakie uzyskano dzięki wykonaniu nawierzchni z betonu cementowego w Polsce.
6. Mając na uwadze bezpieczeństwo ruchu oraz racjonalne utrzymywanie wykonanych na drogach krajowych w Polsce nawierzchni z betonu cementowego, celowym byłoby przebadanie niektórych, starszych niż 10 lat, odcinków nawierzchni, z punktu widzenia równości, szorstkości oraz szczelności szczelin.
7. Wykonując zabiegi utrzymaniowe i naprawcze na zbadanych odcinkach dróg o nawierzchni betonowej można by w istotnym zakresie przedłużyć ich użyteczność techniczną i ekonomiczną oraz istotnie poprawić bezpieczeństwo ruchu wykonując teksturowanie np. metodą *grinding*, w przypadkach, gdyby okazało się, że na niektórych z odcinków właściwości przeciślizgowe nie są odpowiednie.

W kolejnej części artykułu autor skoncentruje się na przedstawieniu aktualnego problemu stojącego przed nową generacją nawierzchni z betonu cementowego i pracach badawczo-rozwojowych, mających na celu skuteczne rozwiązanie tego zagadnienia. Tym problemem jest optymalizacja właściwości powierzchniowych z punktu widzenia parametrów przeciślizgowych i akustycznych.

Bibliografia

- [1] Stefan hr. Tyszkiewicz, „Liga drogowa / Die polnische Straßenbau Vereinigung” (Liga drogowa / Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Drogowego) miesięcznik „Die Straße”, rocznik 2, Nr 17 z 1. września 1935 roku.
- [2] Marek Skowron, „Bruk żelazny w Warszawie”, Drogownictwo 2/2016, str. 71–72 i III–IV str. okładki
- [3] Aleksander Kobyliński, „Die Landstraßen in Polen” (Drogi zamiejskie w Polsce) miesięcznik „Die Straße”, rocznik 2, Nr 17 z 1. września 1935 roku.
- [4] Stefan Rolla, „Nowoczesne Nawierzchnie Betonowe”, WKŁ, Warszawa 1983, str. 20
- [5] Jan Deja „Biało i kolorowo” – Wywiad z nestorem polskich drogowców mgr inż. Stefanem Rollą, Polski Cement, lipiec–wrzesień 2001, str. 42–43
- [6] Wiesław Dąbrowski, „Opory toczenia, szorstkość i właściwości akustyczne nawierzchni betonowych”, referat wygłoszony podczas konferencji „Nawierzchnie drogowe 2015”, Kraków, 26–27.11.2015, www.konferencjespecjalistyczne.pl
- [7] Halina Chrostowska, „Efektywność nakładów na drogi”, WKŁ, Warszawa 1987

Zapraszamy do prenumerowania DROGOWNICTWA w 2016 roku

cena 1 egzemplarza 19 zł }
prenumerata roczna 216 zł } (w tym 5% VAT)

Dla studentów 50% niżki

Uprzejmie informujemy Szanownych Prenumeratorów, że egzemplarze „Drogownictwa” oraz faktury będą wysyłane po przesłaniu zamówienia na adres prenumerata.drogownictwo@sitkrp.org.pl oraz po wpłaceniu należnej kwoty na nasze konto:

38 1160 2202 0000 0000 2741 3872

**Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Zarząd Krajowy
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa**

Redakcja