



MAŁGORZATA LINEK
Politechnika Świętokrzyska
linekm@tu.kielce.pl



PIOTR NITA
Politechnika Świętokrzyska
p.nita@tu.kielce.pl

Ocena stanu technicznego nawierzchni betonowych w województwie świętokrzyskim

Na terenie Polski zdecydowaną większość utwardzonych dróg publicznych stanowią drogi powiatowe i gminne. Odpowiednio udział tych dróg wynosi ponad 47% (114 231 km) i 40% (98 366 km), co stanowi łącznie ponad 87% z 240 848 km [20]. Na terenie województwa świętokrzyskiego znajduje się ok 17 170 km dróg publicznych, z czego 6 191,1 km (ponad 36%) stanowią drogi powiatowe, a 9 147,7 km (ponad 53%) – drogi gminne [21]. Niewątpliwe zalety nawierzchni betonowych, tj. trwałość, odporność na

czynniki atmosferyczne i ruchowe, możliwość wykorzystania krajowych surowców w procesie technologicznym, recykling, niskie koszty eksploatacji [4-7, 12], stały rozwój technologii budowy tego typu konstrukcji, coraz większa dostępność specjalistycznego sprzętu oraz ogólne przeświadczenie o konieczności projektowania nowych nawierzchni w perspektywie ich wydłużonej trwałości są prawdopodobnym przyczynkiem do zwiększania udziału nowo projektowanych odcinków dróg wykonanych w tej technologii. W perspektywie użytkowania drogowych nawierzchni betonowych bardzo istotną kwestią staje się więc diagnostyka stanu eksploatowanych już konstrukcji nawierzchni drogowych. Na terenie województwa świętokrzyskiego zakresem analiz stanu nawierzchni objęte zostały odcinki dróg powiatowych i gminnych, które mają istotne znaczenie w ruchu lokalnym.

Analiza stanu gminnych i powiatowych nawierzchni drogowych opiera się obecnie na wizualnej ocenie stanu nawierzchni prowadzonej jedynie wybiórczo przez zarządców poszczególnych odcinków dróg. Brak ściśle sprecyzowanych wytycznych oceny stanu technicznego tego typu nawierzchni przyczynia się do ograniczonych możliwości kompleksowej oceny i diagnozowania zmian stanu nawierzchni na przestrzeni lat. Trudno dostępne i niepełne dane są bowiem niewystarczające. W przypadku sieci dróg krajowych, dane gromadzone są corocznie przez oddziały GDDKiA i udostępniane m.in. w [13-14]. Wytyczne stosowania systemu oceny stanu nawierzchni betonowych [9] odnoszą się do określania parametrów techniczno-eksploatacyjnych i oceny wizualnej odcinków dróg krajowych wykonanych w technologii betonu cementowego.

Z punktu widzenia uczestników ruchu lokalnego stan nawierzchni dróg gminnych czy powiatowych ma istotne znaczenie. W Katedrze Inżynierii Komunikacyjnej Politech-

niki Świętokrzyskiej realizowana jest praca mająca na celu długoterwale monitorowanie stanu nawierzchni betonowych z wykorzystaniem zróżnicowanych technik diagnostycznych. Szczególnym zainteresowaniem objęte zostały metody nieinwazyjne umożliwiające określenie stanu nawierzchni, ale i całej konstrukcji w sposób szybki i pełny, a co najważniejsze bez konieczności ponoszenia wysokich nakładów finansowych. Zakresem badań zostały objęte odcinki dróg gminnych i powiatowych oraz wybrane fragmenty dróg lokalnych zlokalizowane na terenie województwa świętokrzyskiego.

Przegląd metod diagnostycznych wykorzystanych w badaniach

Metody określania stanu nawierzchni wykorzystujące najnowocześniejsze urządzenia badawcze (np. ugięciomierze FWD, penetroradary ARC, systemy radarowe GPR, ugięciomierz laserowy TSD, urządzenia ARGUS, profilografy laserowe, rejestratory: Sowa 1, Sowa 2, Sowa 3 [7, 10-12] i inne) dostępne są w ograniczonym zakresie i wykorzystywane głównie na drogach krajowych i częściowo na drogach wojewódzkich. Znaczny koszt związany z realizacją takich pomiarów w większości przypadków dyskwalifikuje te metody w kontekście włączenia ich do corocznych przeglądów konstrukcji nawierzchni niższych kategorii dróg. W diagnostyce nawierzchni drogowych wykonanych z betonu cementowego zastosowane mogą być zróżnicowane techniki badawcze omówione m. in. w pracach [7, 10-12]. Najogólniejszy podział metod diagnostycznych stosowanych w drogownictwie obejmuje wyróżnienie trzech podstawowych grup. W obrębie pierwszej grupy ujęte zostały badania niszczące, które umożliwiają określenie parametrów betonu, ale wymagają ingerencji w konstrukcję nawierzchni (np. wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie). Metody w drugiej grupie, określane jako seminiszczące, wymagają niewielkiej ingerencji w strukturę badanego materiału. W ramach ostatniej grupy wyróżnić należy metody nieinwazyjne, które umożliwiają określenie parametrów betonu w sposób nienaruszający jego struktury. W obrębie każdej z grup możliwe jest dodatkowo określenie poziomu ingerencji w konstrukcję [1] oraz wyróżnienie chociażby kilku metod badawczych [7, 12]. W artykule przedstawiono przykłady zastosowania wybranych metod wykorzystanych w badaniach terenowych, które mogą znaleźć zastosowanie w diagnostyce gminnych i powiatowych drogowych nawierzchni betonowych.

Zakres analizy wytypowanych odcinków badawczych obejmował, w pierwszym etapie, wizualną ocenę stanu nawierzchni, określającą rodzaje i zakres występujących uszkodzeń.

W kontekście utrzymania betonowych nawierzchni drogowych istotnym czynnikiem są występujące warunki klimatyczne. Lokalizacja dróg województwa świętokrzyskiego oraz klimat regionu przyczyniają się do powstawania i potęgowania występowania uszkodzeń nawierzchni drogowych. Amplitudy rejestrowanych temperatur wahają się w przedziale od $+32 \div +33^{\circ}\text{C}$ w okresie letnim, do nawet -35°C w okresie zimowym [22]. Roczne sumy opadów kształtują się na średnim poziomie 602,8 mm, a miejscowo nawet 840 mm [23], co szczególnie w okresie jesienno-zimowym wpływa niekorzystnie na warunki pracy betonowych nawierzchni drogowych. W badaniach określano również parametry techniczne i eksploatacyjne nawierzchni. W kontekście zastosowania metod nieinwazyjnych zakres prac obejmował określenie makrotekstury nawierzchni, jej szorstkości i równości oraz wytrzymałości na ściskanie określonej na podstawie pomiarów sklerometrycznych. Analizowane parametry utożsamiane są bowiem jako wyznaczniki jakości i trwałości betonu w konstrukcji. Pełna diagnostyka nawierzchni, poza określeniem parametrów mechanicznych i eksploatacyjnych, powinna również obejmować obserwacje zmian występujących w układzie konstrukcyjnym. Możliwość zastosowania georadaru w badaniach stanu nawierzchni drogowych umożliwia precyzyjne określenie grubości poszczególnych warstw konstrukcyjnych, występujących nieciągłości i zakresu uszkodzeń. Wszelkie uszkodzenia, które obserwowane są w ramach oceny wizualnej nawierzchni drogowej, swój początek mają zdecydowanie wcześniej, już w sferze mikro. Dlatego też, w celu uzyskania kompletnej informacji o stanie betonu w nawierzchni drogowej, konieczne jest odniesienie się do struktury wewnętrznej analizowanego kompozytu cementowego. W tym celu pobrane z nawierzchni próbki przeznaczono również do obserwacji w Elektronowym Mikroskopie Skaningowym. Przewodni cel obserwacji mikrostruktury betonu stanowi określenie zmian zachodzących w stwardniałym betonie na skutek działających obciążeń w zależności od czasu użytkowania konstrukcji.

Wyniki badań

Analizowane odcinki zróżnicowane pod kątem obciążenia ruchem i chociażby przyjętej konstrukcji oceniano indywidualnie, a ewentualne uogólnienia wymagają zgromadzenia odpowiednio licznej bazy badawczej na przestrzeni kilku lat. W niniejszym artykule zobrazowano jedynie przykładowe badania, w celu przedstawienia możliwości zastosowania poszczególnych metod badawczych w diagnostyce gminnych i powiatowych nawierzchni wykonanych z betonu cementowego. Pełne analizy poszczególnych odcinków badawczych będą stanowiły przedmiot kolejnych opracowań.

Parametry mechaniczne betonu na przykładzie gminnej nawierzchni drogowej

W kontekście oceny parametrów mechanicznych nawierzchni drogowych bardzo istotnym czynnikiem jest określenie wytrzymałości na rozciąganie i wytrzymałości na ściskanie próbek betonu pobranego z nawierzchni. Odniesienie uzyskanych wyników badań do wyników otrzymanych z po-

przednich analiz (wykonanych np. w czasie badań odbiorowych) umożliwia ocenę zmian analizowanych parametrów w czasie. Wymagania w odniesieniu do sposobu poboru próbek, oceny oraz określania wytrzymałości próbek pobranych z nawierzchni sprecyzowane są m. in. w normach PN-EN:206-1:2003 [19], PN-EN: 12504-1:2001 [15], PN-EN: 12390-6:2001 [16].

Wytrzymałość betonu na rozciąganie jest wyznacznikiem przydatności eksploatacyjnej nawierzchni. Parametr ten przyjmuje się jako decydujący o trwałości zmęczeniowej konstrukcji [2; 6]. Jako zmęczenie betonu w odniesieniu do konstrukcji nawierzchni drogowych należy rozumieć stopniowe niszczenie kompozytu cementowego na skutek oddziaływania wielokrotnego i zmiennego obciążenia oraz współdziałających warunków atmosferycznych [6; 12].

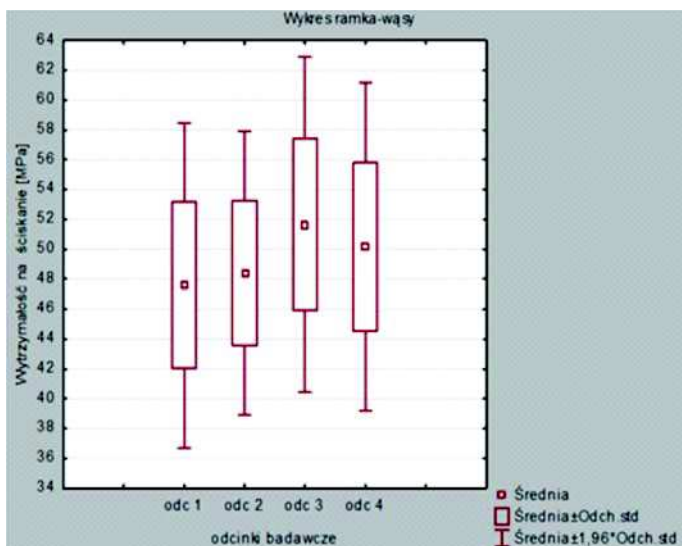
Przykładową analizę wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu oraz wytrzymałości na ściskanie zobrazowano każdorazowo na przykładzie sześciu próbek betonu. Analizowane próbki pozyskano w sposób losowy z odcinka eksploatowanej drogi gminnej zlokalizowanej w województwie świętokrzyskim i poddano badaniom niszczącym, zgodnym z wymaganiami normy PN-EN: 12390-6:2001 [16] oraz PN-EN 12504-1:2001 [15]. W badaniach laboratoryjnych stosowano po sześć próbek walcowych, każda o średnicy 15 cm i wysokości 30 cm. W kontekście wyników badań (tabela 1) wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu (R_1) stwierdzono, że badana cecha utrzymuje się na średnim poziomie 2,6 MPa. Zaobserwowana wartość minimalna wynosi 2,5 MPa, maksymalna 2,6 MPa, a odchylenie standardowe 0,033. Średnia wartość wytrzymałości na ściskanie (R_2) wynosi 33,1 MPa. Zaobserwowane wartości graniczne zawierają się w przedziale 30,3 MPa w przypadku wartości minimalnej i 35,6 MPa w przypadku wartości maksymalnej.

Tabela 1. Charakterystyka wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu (R_1) oraz wytrzymałości na ściskanie (R_2) w przypadku próbek pobranych z nawierzchni drogi gminnej

| Zmienna | N ważnych | Minimum | Średnia | Maksimum | Odch. std. |
|-------------|--------------|---------|---------|----------|---------------|
| R_1 [MPa] | 6 | 2,53 | 2,585 | 2,62 | 0,0327 |
| R_2 [MPa] | 6 | 30,30 | 33,10 | 35,60 | 1,9058 |

Alternatywą dla określania parametrów mechanicznych nawierzchni drogowych w sposób inwazyjny może być wykorzystanie metody sklerometrycznej. W badaniach terenowych do określenia wytrzymałości wykorzystano Młotek Schmidta typu Digi Schmidt 2N. Pomiary wykonano na wybranej drodze gminnej zlokalizowanej w województwie świętokrzyskim, zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 12504-2:2002 [17]. W celu określenia średniej wytrzymałości na ściskanie metodą sklerometryczną w przypadku omawianej nawierzchni zlokalizowano 260 punktów pomiarowych wzdłuż 4 odcinków badawczych. W każdym z punktów wykonano po 10 oznaczeń, a następnie określano wartość średnią liczby odbicia w przeliczeniu na wytrzymałość na ściskanie, przy założonej krzywej konwersji. Graficzną interpretację uzyskanych wyników z badań terenowych przedstawiono na rysunku 1.

Średnia wytrzymałość na ściskanie określona na podsta-



Rys. 1. Wykres ramka-wąsy zmiennej wytrzymałość na ściskanie określonej młotkiem Schmidta

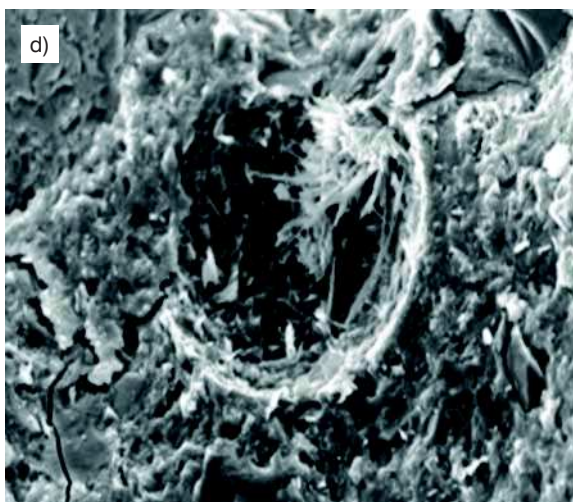
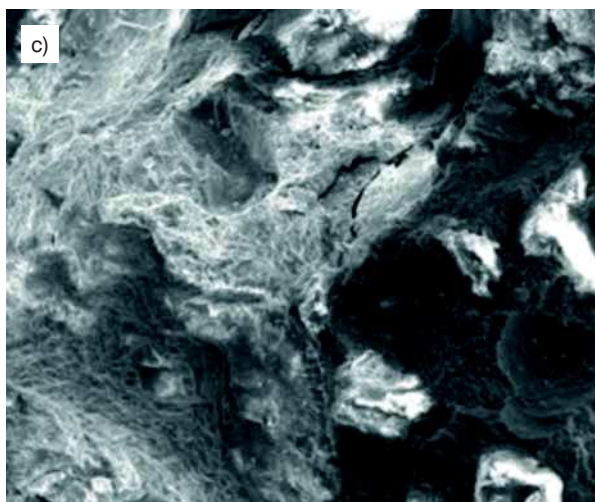
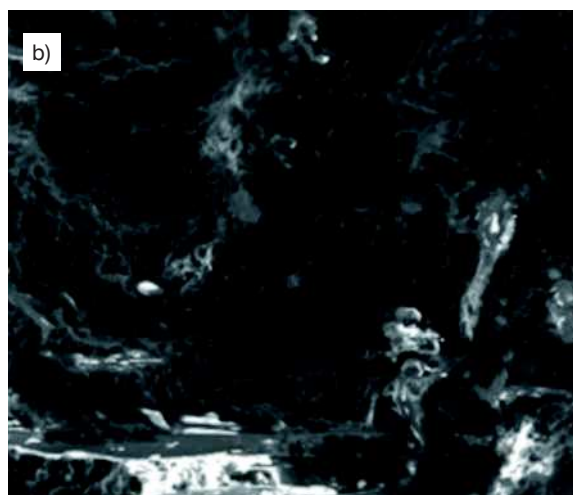
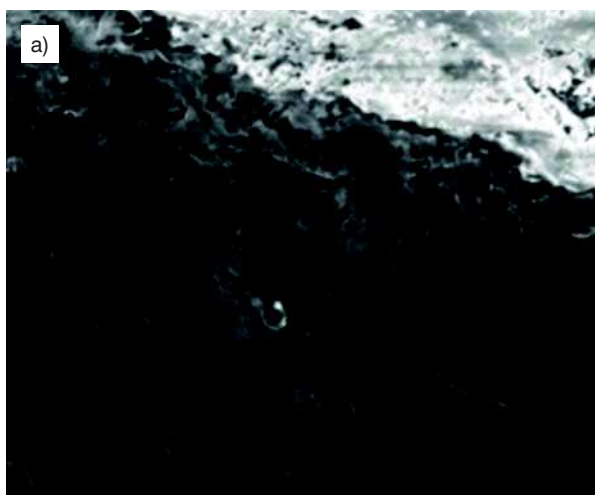
wie liczby odbicia dla całej analizowanej nawierzchni wynosi 49,5 MPa. Zaobserwowano wartość minimalną wynoszącą

Tabela 2. Wytrzymałość na ściskanie wyznaczona na podstawie liczby odbicia w badaniach sklerometrycznych w przypadku analizowanej drogi gminnej wykonanej z betonu cementowego

| Zmienna | Średnia wytrzymałość na ściskanie określona młotkiem Schmidta | | | | |
|---------------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | N ważnych | Minimum | Średnia | Maksimum | Odch. std. |
| Odcinek 1 | 65 | 37,8 | 47,58 | 62,5 | 5,560 |
| Odcinek 2 | 65 | 36,3 | 48,42 | 59,3 | 4,846 |
| Odcinek 3 | 65 | 38,1 | 51,66 | 63,1 | 5,734 |
| Odcinek 4 | 65 | 38,6 | 50,18 | 61,9 | 5,612 |
| Nawierzchnia | 260 | 36,3 | 49,46 | 63,1 | 5,438 |

36,3 MPa i maksymalną 63,1 MPa (tabela 2.). Beton w analizowanej konstrukcji nawierzchni drogi gminnej na podstawie wytrzymałości określonej w badaniach sklerometrycznych przyporządkowano do klasy C35/45.

Rozszerzeniem standardowo stosowanych badań określających parametry betonu w nawierzchniach drogowych powinny być obserwacje struktury wewnętrznej stwardniałe-



Fot.1. Mikrostruktura betonu: a) warstwa powierzchniowa, b) matryca cementowa, c) mikrospękanie matrycy cementowej, d) krystalizacja wewnątrz pora powietrznego

go betonu cementowego. Szczególną uwagę należy zwrócić na warstwę przypowierzchniową, ponieważ to właśnie w tym obszarze destrukcyjne oddziaływanie warunków środowiskowych, spotęgowane obciążeniem eksploatacyjnym, może zwiększać powstawanie uszkodzeń powierzchniowych. Zmiany, jakie zachodzą w matrycy cementowej wpływają bowiem w istotny sposób na parametry mechaniczne betonu [2]. Parametry te w odniesieniu do betonu w nawierzchni są podstawowymi czynnikami determinującymi jej trwałość. Zgodnie z literaturą [2, 8] w stwardniałym betonie można wyróżnić stwardniały zaczyn cementowy (zwany także matrycą cementową), ziarna kruszywa grubego i drobnego (przeważnie o zróżnicowanym składzie mineralnym oraz zróżnicowanych kształtach i wymiarach), pory i pustki powietrzne, rysy i spękania oraz różnego rodzaju zbrojenie. Do najistotniejszych elementów składowych stwardniałego betonu należy zaliczyć warstwy kontaktowe występujące pomiędzy ziarnami kruszyw a zaczynem cementowym. Strefy te ze względu na właściwości fizyczne (zwiększona porowatość) i mechaniczne (mniejsza wytrzymałość) odgrywają istotną rolę w procesie niszczenia nawierzchni [8]. Ponieważ w obrębie tej strefy pojawiają się mikrospeknięcia, warstwa kontaktowa matryca cementowa - ziarna kruszywa uznawana jest za najsłabszy element mikrostruktury stwardniałego betonu [2].

Obserwacje mikrostrukturalne w omawianych badaniach wykonywane cyklicznie w perspektywie kilku lat umożliwią powiązanie zmian zachodzących w stwardniałym betonie ze zmianami parametrów mechanicznych, czy eksploatacyjnych betonu w nawierzchni. Na obecnym etapie wykonano jedynie wstępne obserwacje, które umożliwiły wyróżnienie poszczególnych składników. Analizę mikroskopową próbek betonu wykonano w mikroskopie skaningowym typu Quanta 3D FEG Dual Beam. Z próbek betonów wykonano preparaty poddane następnie obserwacjom w SEM, których powierzchnia wynosiła każdorazowo ponad 100 mm². Przykładowe mikrofotografie uzyskane w przypadku próbek pobranych z analizowanej nawierzchni przedstawiono poglądowo na fot. 1.

Z obserwacji w skaningowym mikroskopie elektronowym próbek analizowanego betonu nawierzchniowego wynika, że występują nieciągłości strefy kontaktu kruszywo-matryca, które mogą przyczyniać się do obniżenia wytrzymałości betonu. Matryca cementowa w preparatach tych stosunkowo łatwo ulega mikrospeknięciom (fot. 2 b i c). Warstwa kontaktowa w tych betonach złożona jest głównie z drobnoziarnistych uwodnionych krzemianów wapnia.

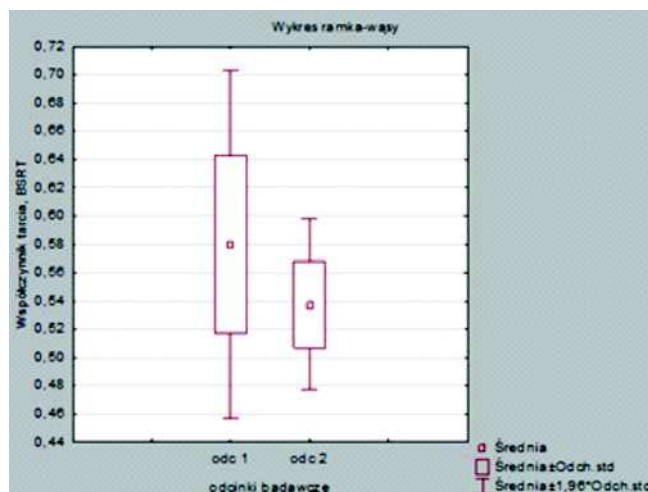
Parametry eksploatacyjne betonu na przykładzie gminnej nawierzchni drogowej

Wiadomym jest, że użytkowanie nawierzchni drogowych wpływa na zmianę parametrów eksploatacyjnych, m.in. współczynnika tarcia i makrotekstury [7; 12].

Parametry te stanowią jedne z podstawowych czynników, które decydują o jakości i trwałości betonu w nawierzchni drogowej. Na potrzeby niniejszej analizy właściwości przeciwślizgowe nawierzchni określano przy wykorzystaniu wskaźnika szorstkości BSRT. Wskaźnik ten wyraża stosunek wypadkowej siły tarcia [12] między hamowanym kołem urządzenia pomiarowego, a naciskiem koła na drogę. Parametr

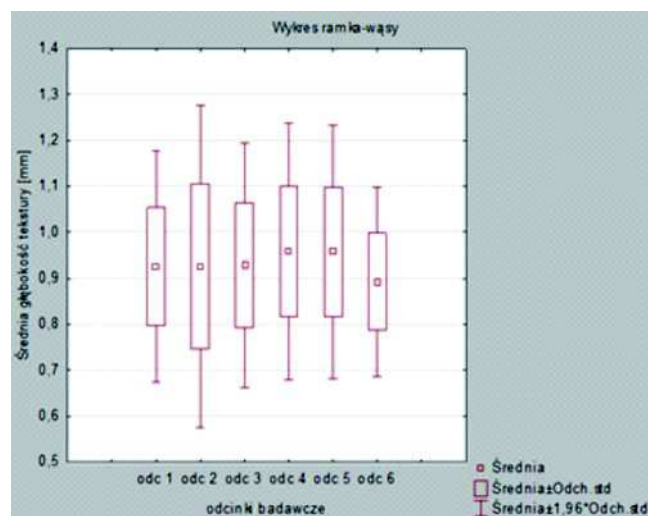
ten analizowano zgodnie w lewym śladzie koła na zewnętrznym pasie ruchu. W badaniach terenowych wykorzystano wahadło angielskie, które umożliwiło pomiar współczynnika tarcia powstałego pomiędzy gumowym ślizgaczem aparatu a nawierzchnią. W celach badawczych, z racji stosunkowo krótkich odcinków nawierzchni, pomiary wykonywano w punktach badawczych zlokalizowanych co 25 m w przypadku dwóch odcinków badawczych. Dane uzyskane z pomiarów przedstawiono na rys. 2.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań stwierdzono, że średni miarodajny współczynnik tarcia – BSRT w przypadku analizowanej nawierzchni drogi gminnej wynosi 0,56. Zgodnie z wartościami granicznymi [12] stan nawierzchni sklasyfikowano jako dobry.



Rys. 2. Wykres ramka-wąsy zmiennej BSRT

W celu określenia makrotekstury analizowanego odcinka drogi gminnej wykorzystano metodę objętościową, tzw. metodę piasku kalibrowanego [18]. Każdorazowo określano głębokość tekstury nawierzchni utożsamiając ją z powierzchnią rozpostartego piasku kalibrowanego, rozłożonego na powierzchni analizowanej drogi gminnej. Próbkę analityczną



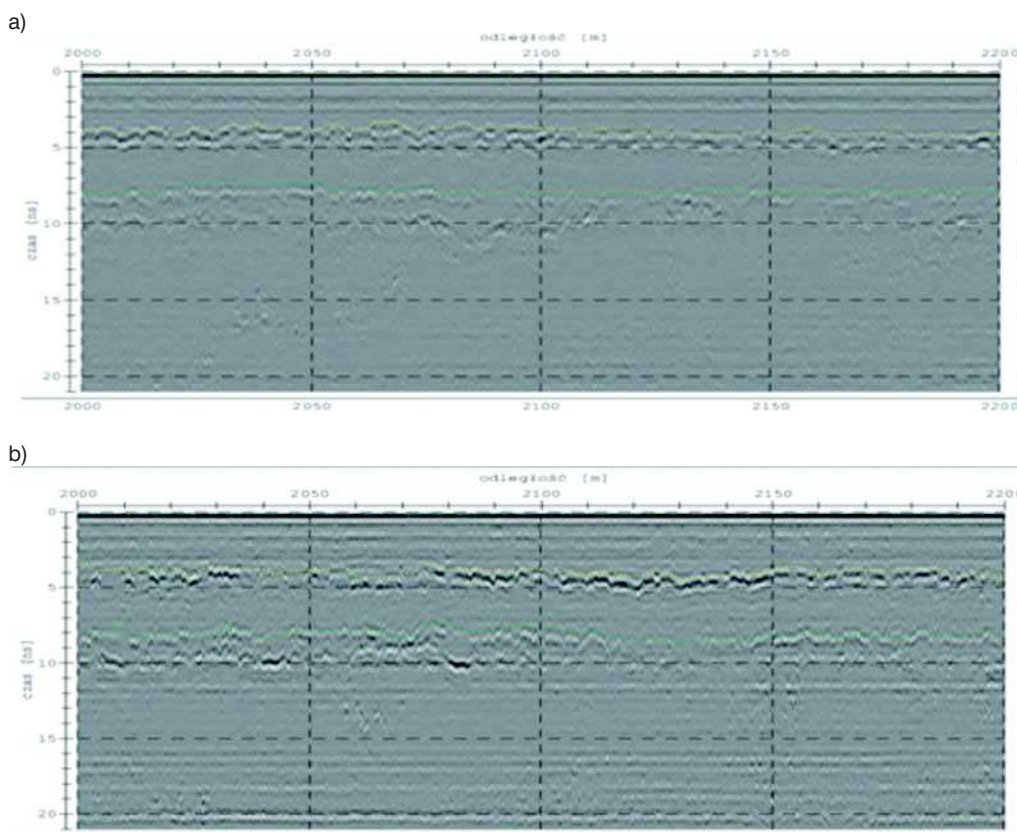
Rys. 3. Wykres ramka-wąsy w przypadku zmiennej średnia głębokość tekstury

Tabela 3. Uogólniona charakterystyka parametrów drogi gminnej w przypadku zmiennej miarodajna głębokość tekstury

| Zmienna | N ważnych | Minimum | Średnia | Maksimum | Odch. std. | MgT |
|---------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Odc 1 | 93 | 0,707 | 0,925 | 1,203 | 0,128 | 0,797 |
| Odc 2 | 93 | 0,551 | 0,926 | 1,277 | 0,179 | 0,747 |
| Odc 3 | 93 | 0,684 | 0,928 | 1,257 | 0,135 | 0,793 |
| Odc 4 | 93 | 0,632 | 0,958 | 1,237 | 0,142 | 0,816 |
| Odc 5 | 93 | 0,621 | 0,957 | 1,197 | 0,141 | 0,815 |
| Odc 6 | 93 | 0,662 | 0,893 | 1,105 | 0,105 | 0,788 |
| Nawierzchnia | 558 | 0,551 | 0,931 | 1,277 | 0,138 | 0,793 |

w omawianym badaniu stanowił piasek naturalny o uziarnieniu 0,15-0,30 mm w ilości odpowiadającej 50 ml, zgodnie z założeniami normy [18]. Przykładową analizę głębokości tekstury zarejestrowaną dla wybranego odcinka drogi gminnej w województwie świętokrzyskim, wykonaną w punktach zlokalizowanych co 25 m w przypadku sześciu odcinków badawczych, przedstawiono na rys. 3.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań (tabela 3) stwierdzono, że średnia głębokość tekstury nawierzchni wynosi 0,93 mm. Wartość minimalną zarejestrowano na poziomie 0,55 mm, natomiast maksymalną na poziomie 1,27 mm. Uzyskana w przypadku analizowanej nawierzchni, zgodnie z obowiązującymi wymaganiami [12], miarodajna głębokość tekstury (MgT) wynosi 0,79 mm.



Rys. 4. Echogramy zarejestrowane na nawierzchni betonowej: a) lewy profil pomiarowy, b) prawy profil pomiarowy

Identyfikacja stanu nawierzchni

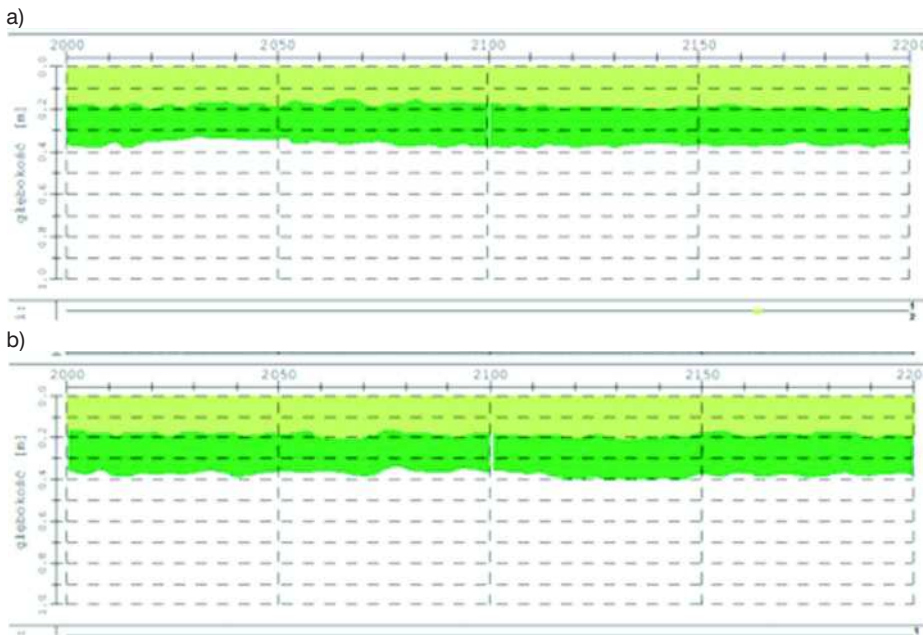
Na potrzeby niniejszego artykułu przedstawiono przykład zarejestrowanego na odcinku analizowanej drogi gminnej pomiaru georadarowego. W trakcie wykonywania pomiarów przenośnym georadarem nawierzchnia nie wykazywała zawilgocenia, średnia dobową temperatura otoczenia w czasie pomiaru wynosiła +14°C, natomiast podczas kilku dni poprzedzających analizę temperatura każdorazowo przekraczała +10°C.

W przekroju konstrukcyjnym wyróżniono warstwę jezdni z betonu cementowego oraz warstwę podbudowy również wykonaną z betonu cementowego. Badania radarowe na omawianym odcinku wykonano wzdłuż dwóch profili pomiarowych. Profile pomiarowe zlokalizowano w odległości 50 cm od krawędzi jezdni, na prawym i lewym pasie ruchu. Każdy ciąg pomiarowy obejmował długość analizowanej nawierzchni wykonanej z betonu cementowego wraz ze szczelinami dylatacyjnymi zlokalizowanymi pomiędzy płytami.

Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono miejscowe rozluźnienie struktury, najprawdopodobniej spowodowane migracją wilgoci w głąb nawierzchni. Zakres identyfikacji wgłębnej konstrukcji uzależniony jest od częstotliwości anteny [3], dlatego też w celu uzyskania dokładniejszych informacji o warstwach konstrukcji w badaniach wykorzystywano dwie anteny o różnicowanych częstotliwościach (1,20 GHz i 500 MHz).

Przykładowe fragmenty echogramów zarejestrowane na analizowanej drodze gminnej w województwie świętokrzyskim przedstawiono na rysunku 4.

Na analizowanym obszarze możliwe było określenie miąższości betonu cementowego zarówno w warstwie jezdni, jak i w warstwie podbudowy, co w przypadku wybranego fragmentu odcinka drogi gminnej zobrazowano na rys. 5. Na podstawie uzyskanych danych oznaczono również prawdopodobne uszkodzenia warstw konstrukcyjnych nawierzchni. Na całym analizowanym odcinku (pomiar 1 i pomiar 2) wydzielono uszkodzenia na granicach warstw (pustki i rozwarstwienia) oraz uszkodzenia w obrębie poszczególnych warstw (pęknięcia i szczeliny).



Rys. 5. Miąższość betonu cementowego warstwy jezdnej i podbudowy nawierzchni betonowej: a) lewy profil pomiarowy, b) prawy profil pomiarowy

Podsumowanie

Pełna diagnostyka nawierzchni drogowych wykonanych z betonu cementowego powinna obejmować określenie parametrów mechanicznych i eksploatacyjnych. Przedstawione w artykule przykłady zastosowania zróżnicowanych metod badań pozwalają określić stan nawierzchni bez konieczności ingerencji w strukturę betonu. Nieinwazyjne metody określania parametrów nawierzchni dają uzupełniającą informację o poszczególnych jej cechach w odniesieniu do parametrów określanych na podstawie badań niszczących.

Wykonane badania georadarowe pozwalają ograniczyć ilość koniecznych badań niszczących, a równocześnie zwiększają wiarygodność otrzymanych z pomiarów danych. Z uwagi na ciągły pomiar, uzyskiwane informacje dotyczą wszystkich przekrojów w profilu i nie podlegają interpolacji czy uśrednianiu. Metoda ta umożliwi szybkie rozpoznanie niewidocznych zmian w strukturze nawierzchni. Jednakże zastosowanie tego typu bardziej zaawansowanych technik pomiarowych w odniesieniu do dróg powiatowych, gminnych czy lokalnych jest kwestią przyszłościową.

Z uwagi na fakt, że nawierzchnie betonowe będą coraz częściej rozwiązaniem konstrukcyjno-technologicznym na drogach w województwie świętokrzyskim, należy objąć istniejące nawierzchnie pełnym systemem obserwacji i monitorowania ich stanu. Zgromadzone informacje stanowią bowiem wyjściową bazę, która powinna być poszerzana w celu wypracowania odpowiednich strategii analizy i utrzymania tego rodzaju nawierzchni.

Bibliografia

[1] J. Bień: Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010

- [2] M.A. Glinicki: Trwałość betonu w nawierzchniach drogowych. Wpływ mikrostruktury, projektowanie materiałowe, diagnostyka. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Studia i materiały, zeszyt 66, Warszawa 2011
- [3] J. Karczewski: Zarys metody georadarowej, Wydawnictwa AGH, Kraków 2007
- [4] P. Kijowski: Doświadczenia europejskie i krajowe w budowie nawierzchni betonowych, Miastko, 2011
- [5] Nawierzchnie betonowe - tanie i ekologiczne, Autostrady, 7, 2013
- [6] P. Nita: Betonowe Nawierzchnie Lotniskowe. Teoria i Wymiarowanie Konstrukcyjne. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2005
- [7] P. Nita: Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008
- [8] Praca zbiorowa: Metody diagnozowania betonów i betonów wysokowartościowych na podstawie badań strukturalnych, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, PAN, Warszawa 2003
- [9] M. Radzikowski: Wytyczne Stosowania „Systemu Oceny Stanu Nawierzchni Betonowych /SOSN-B/”, GDDKiA, Warszawa, styczeń 2007
- [10] M. Staniek: Metody oceny stanu nawierzchni sieci drogowej, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Transport z. 72, 2011
- [11] J. Sudyka, T. Mechowski, P. Harasim: Nowoczesne metody oceny stanu nawierzchni w utrzymaniu sieci drogowej, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Nowoczesne Technologie w budownictwie drogowym, Poznań, 2009
- [12] A. Szydło A.: Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego, Polski Cement, Kraków 2004
- [13] N. Wyrwich, M. Radzikowski, G. Foryś, K. Frączyk: Raport o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2012 roku, GDDKiA, Warszawa, marzec 2013
- [14] N. Wyrwich, M. Radzikowski, G. Foryś, K. Frączyk: Raport o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2013 roku, GDDKiA, Warszawa, marzec 2014
- [15] PN-EN: 12504-1:2001 Odwierty rdzeniowe. Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie
- [16] PN-EN: 12390-6:2001 Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania
- [17] PN-EN 12504-2:2002 Badanie nieniszczące. Oznaczenie liczby odbicia
- [18] PN-EN 13036-1:2010 Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową
- [19] PN-EN 206-1: 2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [20] <http://drogipubliczne.eu/drogi-publiczne-w-liczbach>
- [21] http://pl.wikipedia.org/wiki/Wojew%C3%B3dztwo_%C5%9Bwielkopolskie#Transport_drogowy
- [22] http://pl.wikipedia.org/wiki/Wojew%C3%B3dztwo_%C5%9Bwielkopolskie
- [23] http://pl.wikipedia.org/wiki/Wojew%C3%B3dztwo_%C5%9Bwielkopolskie