



Politechnika Wroclawska

RAPORT



Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Na prawach rękopisu

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej

**Badania i ocena stanu oraz trwałości
nawierzchni ulicy Strzegomskiej w
Wałbrzychu
(w ciągu drogi wojewódzkiej nr 379)**

Raport serii U nr 163/2016

Antoni Szydło
Dariusz Dobrucki

Słowa kluczowe:
nawierzchnia asfaltowa,
uszkodzenia nawierzchni,
nośność nawierzchni.

Wrocław, sierpień 2016 r.

Politechnika Wroclawska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Zakład Dróg i Lotnisk
tel./fax. (71) 320-23-52
e-mail: antoni.szydlo@pwr.edu.pl

Temat badawczy: Badania i ocena stanu oraz trwałości nawierzchni ulicy Strzegomskiej w
Wałbrzychu (w ciągu drogi wojewódzkiej nr 379)

Zlecenia z dnia 26.07.2016 r.

Zlecenie wewnętrzne nr: 4001/0076/16 z dnia 26.07.2016 r.

Zleceniodawca: **Zarząd Dróg Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzychu**
58-300 Wałbrzych ul. Jana Matejki 1

Zespół badawczy:

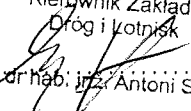
prof. dr hab. inż. Antoni Szydło – kierownik
Zakład Dróg i Lotnisk

mgr inż. Dariusz Dobrucki
Zakład Dróg i Lotnisk

inż. Mariusz Świątczak
Zakład Dróg i Lotnisk

Piotr Świątczak
Zakład Dróg i Lotnisk

Podpisy

Kierownik Zakładu
Dróg i Lotnisk

Prof. dr hab. inż. Antoni SZYDŁO

.....

.....

.....

Raport wpłynął do Redakcji Wydawnictw Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej w sierpniu 2016 r.

Lista odbiorców:

Zleceniodawca 2 egz.

Autorzy 1 egz.

Archiwum W-2 1 egz.

Razem

 4 egz.

Spis treści

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Podstawa opracowania | 2 |
| 2. | Cel i zakres opracowania | 2 |
| 3. | Analiza rozwiązania projektowego | 2 |
| 4. | Inwentaryzacja powierzchniowa | 3 |
| 5. | Inwentaryzacja wgłębna | 6 |
| 6. | Badania materiałowe | 10 |
| 7. | Pomiary ugięć nawierzchni | 13 |
| 8. | Identyfikacja modułów warstw i podłoża | 17 |
| 9. | Analiza uzyskanych modułów warstw i podłoża | 19 |
| 10. | Określenie trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni | 19 |
| 11. | Przyczyny degradacji warstw nawierzchni | 21 |
| 12. | Technologia wzmocnienia | 22 |
| 13. | Podsumowanie | 23 |
| | Literatura | 24 |

Załączniki:

Z-1. Identyfikacja uszkodzeń nawierzchni

1. Podstawa opracowania

Raport opracowano na zlecenie Zarządu Dróg Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzychu ul. Jana Matejki 1 Wałbrzych 58-300. Dotyczy oceny trwałości nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznika ul. Uczniowskiej do skrzyżowania ulic Strzegomska-Świdnicka-Noworudzka-11 listopada w m. Wałbrzych i na terenie gminy Walim.

Raport opracowano na podstawie dostarczonych przez Zleceniodawcę: projektów konstrukcji nawierzchni, specyfikacji wykonania robót, inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni oraz recept wbudowanych materiałów.

Autorzy raportu wykonali następujące prace badawcze: pomiary ugięć nawierzchni za pomocą ugięciomierza dynamicznego FWD, weryfikację inwentaryzacji powierzchniowej nawierzchni dostarczonej przez Zamawiającego, odwierty w konstrukcji nawierzchni. Na odzyskanych z odwiertów próbkach wykonano badania mieszanek mineralno-asfaltowych, mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych oraz stabilizacji cementem podłoża pobranych z nawierzchni drogi w dniach 27.08.2016r. i 3.08.2016r. Wszystkie prace terenowe zostały wykonane z udziałem Zleceniodawcy.

2. Cel i zakres opracowania

Celem przeprowadzonych badań jest ocena stanu i trwałości zmęczeniowej nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 379 pomiędzy skrzyżowaniami z ulicami Uczniowską i 11 Listopada w Wałbrzychu i na terenie Gminy Walim. Ocenie nie podlegał środkowy odcinek drogi, przebiegający przez teren zabudowany osiedla Kazienice. Opracowanie obejmuje swoim zakresem:

- analizę rozwiązania projektowego,
- inwentaryzację powierzchniową nawierzchni,
- inwentaryzację wgłębną nawierzchni,
- badania materiałowe mieszanki mineralno-asfaltowej, mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej oraz wzmocnienia podłoża,
- ocenę nośności i trwałości,
- propozycję technologii wzmocnienia.

W projekcie przebudowy drogi przyjęto że początek drogi (km 0+000) znajduje się na skrzyżowaniu z ulicą 11 Listopada. Kilometraż ten jest stosowany przez wykonawcę robót oraz przez wszystkich, wykonujących wcześniejsze opracowania, dotyczące analizowanego odcinka. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto ten sam sposób opisu drogi. Badania dotyczą nawierzchni zlokalizowanej w km 0+070 do 0+680 oraz 1+600 do 3+212. Z badań wyłączono, zgodnie z życzeniem Zleceniodawcy odcinek w km 0+680 do 1+600.

3. Analiza rozwiązania projektowego

Projekty przebudowy nawierzchni drogi zostały opracowane w 2014 roku przez Egis Poland Sp. z o.o. Departament Projektowy we Wrocławiu ul. Bukowskiego 2 Wrocław 52-418. Wykonano dwa projekty [4,5]. Pierwszy dotyczył odcinka: km 0+070 ÷ km 1+772. Drugi dotyczył odcinka: km 1+772 ÷ km 3+200. W obu przypadkach założono, że projektowana

nawierzchnia ma przenieść ruch KR4, a następnie przyjęto taką samą konstrukcję nawierzchni:

- warstwa ściernalna SMA 8 S 4 cm
- warstwa wiążąca AC 16 W 6 cm
- podbudowa MCE 32 (z destruktu dowiezionego) 15 cm
- podbudowa pomocnicza związana spoiwem drogowym C 1,5 – 2,0 40 cm

Analizując zaprojektowaną konstrukcję pod względem trwałości zmęczeniowej porównano ją do konstrukcji zestawionej w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (KTKNPiP, GDDKiA, 2014) [1]. W katalogu tym dla kategorii ruchu KR4 tj. do 7 400 000 osi 100 kN układ warstw jest następujący:

- warstwa ściernalna, SMA - 4 cm,
- warstwa wiążąca, AC - 5 cm,
- podbudowa zasadnicza, górna warstwa, AC - 7 cm,
- podbudowa zasadnicza, dolna warstwa, MCE - 20 cm,
- podłoże o module 100 MPa.

W warunkach technicznych wykonywania warstwy podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej, opracowanych przez IBDiM, 1999 r. [2]. Podano konstrukcje z wykorzystaniem MCE dla ruchu KR4 w następującym układzie:

- warstwa ściernalna, AC - 5 cm,
- warstwa wiążąca, AC - 12 cm,
- podbudowa zasadnicza, dolna, MCE - 17 cm,
- podłoże o module 120 MPa.

lub

- warstwa ściernalna, AC - 5 cm,
- warstwa wiążąca, AC - 8 cm,
- podbudowa zasadnicza, dolna, MCE - 23 cm,
- podłoże o module 120 MPa.

Porównując zaprojektowaną konstrukcję do konstrukcji katalogowych widać, że jest ona niedowymiarowana. Niedowymiarowanie dla kategorii ruchu KR4 wynosi dla warstwy AC – 6 cm a dla warstwy MCE - 5 cm.

Podobne niedowymiarowanie stwierdzono porównując konstrukcję do konstrukcji zamieszczonych w warunkach technicznych wykonywania warstw podbudowy z mieszanek MCE. Tutaj niedowymiarowanie wynosi dla warstwy AC – 7 cm (lub 3 cm) a dla warstwy MCE – 2 cm (lub 8 cm).

Zaprojektowana konstrukcja odpowiada wg Katalogu KTKNPiP [1] kategorii ruchu KR1 – KR2. Wg warunków technicznych [2] kategorii KR2 – KR3 (dolna granica).

W niniejszej pracy dokonano oceny nośności wybudowanej nawierzchni oraz oszacowano jej trwałość zmęczeniową tj. kategorię ruchu jaką może przenieść nawierzchnia.

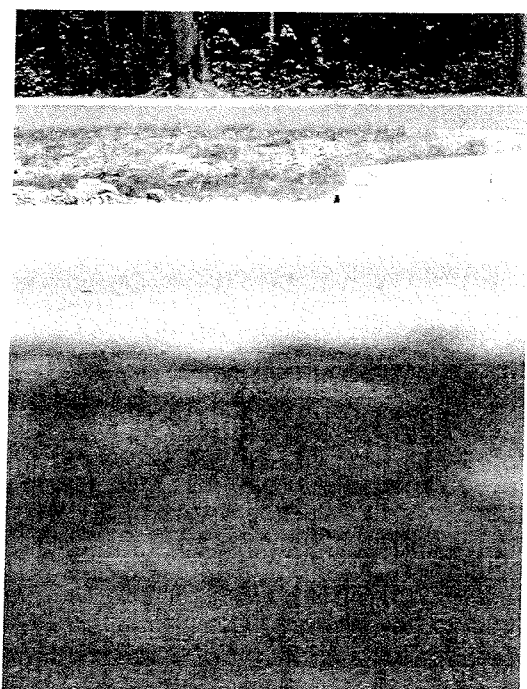
4. Inwentaryzacja powierzchniowa

Na podstawie zapisów wykonanych w dzienniku budowy stwierdzono, że Wykonawca przystąpił do przebudowy drogi we wrześniu 2014 roku. Do połowy grudnia 2014 roku wykonał podbudowy pomocniczą, zasadniczą oraz warstwę wiążącą. Warstwy ścieralnej z mieszanki SMA nie ułożono. Od początku 2015 roku do chwili obecnej ruch na drodze odbywa się po warstwie wiążącej.

W czasie prac terenowych dokonano oceny wizualnej nawierzchni. Stwierdzono, że widoczne są następujące uszkodzenia nawierzchni:

- **Spękania poprzeczne** – występujące na całej szerokości nawierzchni lub tylko częściowo, spękania te występują na całej długości badanego odcinka ale odległości pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami są przypadkowe ($5 \div 100$ m). Na całym odcinku naliczono 36 spękań poprzecznych o łącznej długości 152 m.
- **spękania podłużne** – zlokalizowane wzdłuż osi drogi (w odległości 0 do 70 cm od osi), na prawym pasie zgodnie z przyjętym kilometrażem, spękania te mają długość $2 \div 50$ m, występują sporadycznie na całej długości drogi. Na badanym odcinku drogi powstało 15 spękań podłużnych o łącznej długości 331 m.
- **spękania powierzchniowe** – podobnie jak w przypadku spękań podłużnych występują wzdłuż osi drogi, na prawym pasie zgodnie z przyjętym kilometrażem, szerokości pasów spękań wynosi około 50 - 70 cm, a długości $10 \div 50$ m. Stwierdzono występowanie spękań powierzchniowych na 8 odcinkach o łącznej długości 155 m.

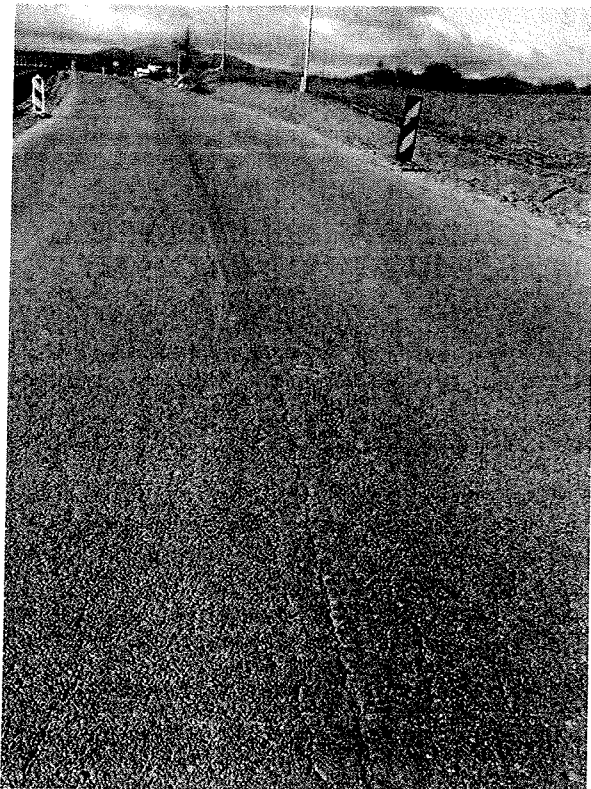
Szczegółową inwentaryzację uszkodzeń nawierzchni wykonała firma Lafrentz Polska Sp. z o.o. Przeprowadzona wizja lokalna potwierdziła prawidłowość wykonanej inwentaryzacji. Wyniki prac przeprowadzonych przez Lafrentz zostały udostępnione przez Zleceniodawcę i przedstawione w formie załącznika do niniejszego raportu. Przykładowe uszkodzenia nawierzchni pokazano na fotografiach 1 ÷ 3.



Fot. 1.
Spękanie poprzeczne
km 0+124



Fot. 2.
Spękanie podłużne
km 0+200



Fot. 3.
Spękania powierzchniowe
km 2+980

5. Inwentaryzacja wgłębna

W celu oceny stanu konstrukcji nawierzchni oraz grubości warstw wykonano kilka odwiertów (9) w nawierzchni. Odwierty wykonywano na prawym pasie parami, jeden w śladzie prawego koła a drugi około 50 cm od szwa podłużnego, w strefie największych spękań. W jednym przekroju wykonano dodatkowy odwiert na lewym pasie, w odległości 50 cm od szwa roboczego.

W przypadku odwiertów wykonanych na prawo od osi jezdni udało się odzyskać tylko materiał warstwy wiążącej z betonu asfaltowego. Podbudowa z mieszanki MCE rozsypywała się w czasie wykonywani odwiertów.

Szczegółowe wyniki inwentaryzacji wgłębnej przedstawiono w tabelach 1÷4. Widoki odwierconych próbek pokazano na fotografiach 5 ÷ 6.

Tabela 1. Inwentaryzacja wgłębna, km 0+168

| nr odwiertu | 1.1 | 1.2 |
|-----------------------|------------|--|
| miejsce w przekroju | prawe koło | przy osi, strefa spękań |
| MMA | 6,5 cm | 7 cm |
| MCE | 14,5 cm | stan luźny, próbka rozpadła się |
| stabilizacja cementem | 30 cm | w związku z rozpadnięciem się próbki MCE nie można było odwiercić próbki ze stabilizacji |

Tabela 2. Inwentaryzacja wgłębna, km 1+969

| nr odwiertu | 2.1 | 2.2 |
|-----------------------|------------|--|
| miejsce w przekroju | prawe koło | przy osi, strefa spękań |
| MMA | 5,5 cm | 6 cm |
| MCE | 10,5 cm | st. luźny, próbka rozpadła się |
| stabilizacja cementem | 39 cm | w związku z rozpadnięciem się próbki MCE nie można było odwiercić próbki ze stabilizacji |

Tabela 3. Inwentaryzacja wgłębna, km 2+081

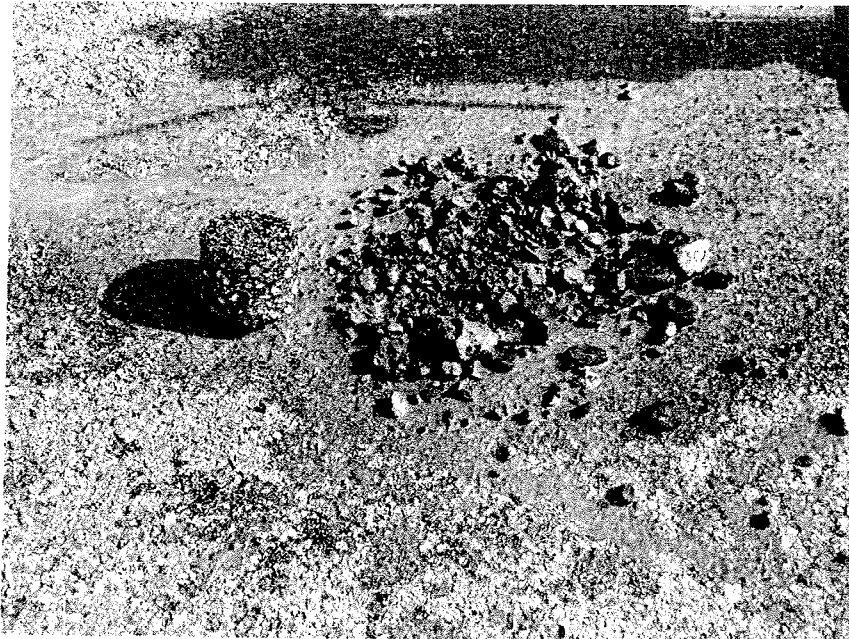
| nr odwiertu | 3.1 | 3.2 |
|-----------------------|------------|--|
| miejsce w przekroju | prawe koło | przy osi, strefa spękań |
| MMA | 5,5 cm | 6 cm |
| MCE | 15 cm | st. luźny, próbka rozpadła się |
| stabilizacja cementem | > 20 cm | w związku z rozpadnięciem się próbki MCE nie można było odwiercić próbki ze stabilizacji |

Tabela 4. Inwentaryzacja wgłębna, km 3+049

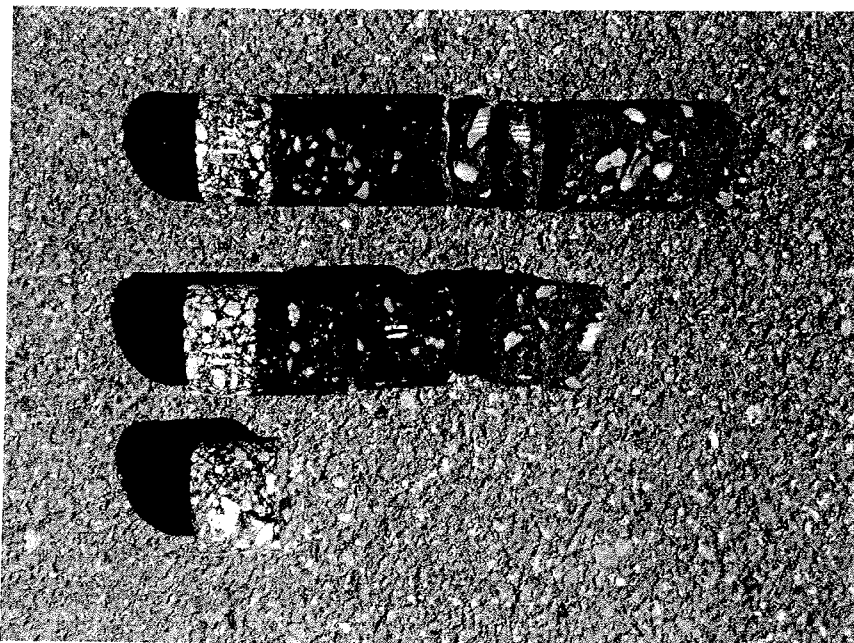
| nr odwiertu | 4.1 | 4.2 | 4.3 |
|-----------------------|------------|--|--------------------------------|
| miejsce w przekroju | prawe koło | przy osi, strefa spękań | przy osi, lewy pas, bez spękań |
| MMA | 5,5 cm | 6,7 cm | 6 cm |
| MCE | 15,5 cm | st. luźny, próbka rozpadła się | 13,5 |
| stabilizacja cementem | > 20 cm | w związku z rozpadnięciem się próbki MCE nie można było odwiertować próbki ze stabilizacji | > 30 cm |



Fot. 4.
Wykonywanie odwiertów



Fot. 5. Odzyskana warstwa wiążąca i rozsypana warstwa MCE km 2+081.

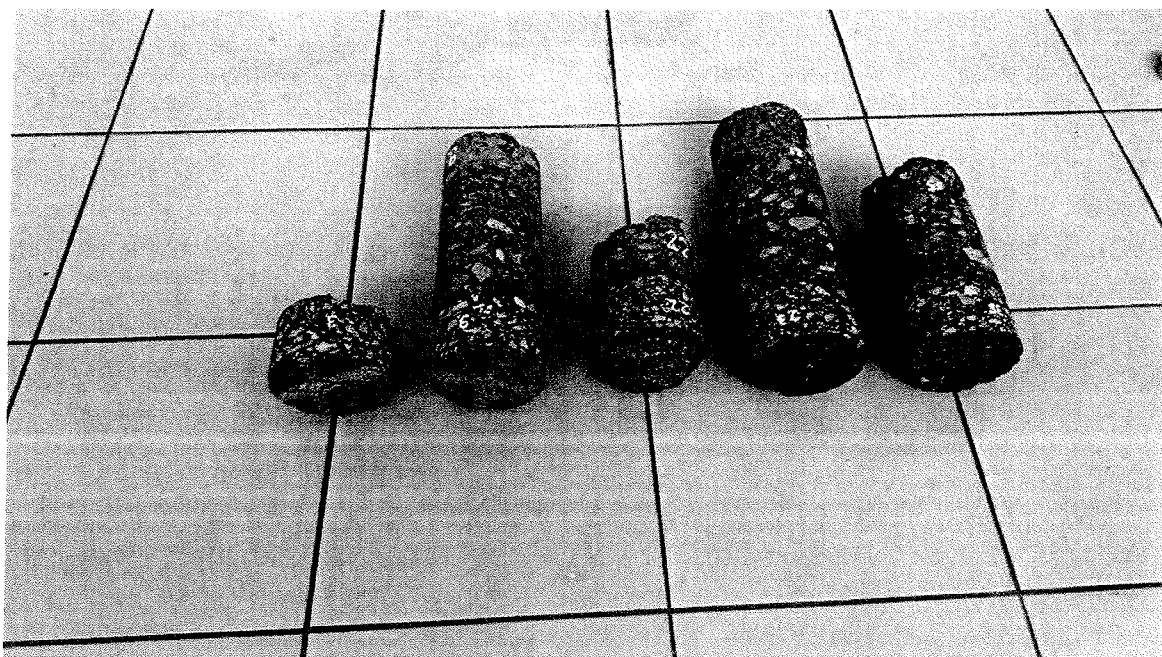


Fot. 6. Próbkki odwiercone z nawierzchni km 3+049.

Ponadto wykorzystano odwierty wykonane przez Wykonawcę, które zestawiono w tabeli 5 oraz na fot. 7.

Tabela 5. Inwentaryzacja wgłębna odwiertów wykonanych przez Wykonawcę

| nr odwiertu | 302 (3) | 303 (35) | 306 (22) | 307 (23) | 301 (9) |
|---------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---|
| miejsce w przekroju | Pęknięcie podłużne km 3+049 | Pęknięcie poprzeczne, km 1+835 | Pęknięcie podłużne, km 0+134 | Pęknięcie poprzeczne. km 0+122 | Pęknięcie poprzeczne Km 2+857 |
| MMA | 5,8 cm | 6,2 cm | 6 cm | 5,8 cm | 6,0 |
| MCE | Stan luźny, próbka rozpadła się | 14,8 cm, spękanie skurczowe widoczne w próbce MCE | stan luźny, próbka rozpadła się | 14,9 cm, spękanie skurczowe widoczne w próbce MCE | 15,0 cm, spękanie skurczowe widoczne w próbce MCE |



Fot. 7. Próbki odwiercone przez Wykonawcę

6. Badania materiałowe

6.1. Opis i wyniki badań

- Pobrane w czasie prac terenowych próbki z warstw nawierzchni jezdni przewieziono do Laboratorium Badawczego Obiektów Infrastruktury Transportowej Politechniki Wrocławskiej. W laboratorium przeprowadzono badania na podstawie następujących norm:
- PN-EN 12697-1:2012 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego
 - PN-EN 12697-5:2010 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 5: Oznaczanie gęstości
 - PN-EN 12697-6:2012 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej
 - PN-EN 12697-8:2005 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni
 - PN-EN 933-1:2012 Badania geometrycznych właściwości kruszyw -- Część 1: Oznaczanie składu ziarnowego -- Metoda przesiewania
 - PN-EN 12697-23:2009 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 23: Oznaczanie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej na rozciąganie pośrednie
 - PN-EN 13286-41:2005 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym -- Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym

Wyniki badań porównano do wymagań zawartych w „Szczegółowych specyfikacjach technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych branży drogowej”, opracowanych przez Egis Poland Sp. z o.o. na potrzeby analizowanej inwestycji.

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych przedstawiono w tabelach 6 ÷ 9.

Tabela 6. Wyniki badań warstwy wiążącej – AC 16 W.

| km | 0+168 | | | 1+969 | | | 2+081 | | | 3+049 | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--|--|
| | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | | | |
| nr odwiertu | | | | | | | | | | | | |
| gęstość obj. z badań (metoda B) | 2,564 | 2,560 | 2,552 | 2,499 | 2,550 | 2,504 | 2,536 | 2,505 | 2,518 | | | |
| gęstość obj. wg recepty | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | 2,552 | | | |
| wskaźnik zagęszczenia | 1,005 | 1,003 | 1,000 | 0,979 | 0,999 | 0,981 | 0,994 | 0,982 | 0,987 | | | |
| wymagany wskaźnik zag. | > 0,98 | | | | | | | | | | | |
| uwagi | db | db | db | db | db | db | db | db | db | | | |
| gęstość z badań (piknometr) | 2,745 | 2,745 | 2,736 | 2,736 | 2,733 | 2,733 | 2,740 | 2,740 | 2,731 | | | |
| wolna przestrzeń w MMA | 6,6 | 6,7 | 6,7 | 8,7 | 6,7 | 8,4 | 7,5 | 8,6 | 7,8 | | | |
| wymagana wolna przestrzeń | 4 ÷ 7 % | | | | | | | | | | | |
| uwagi | db | db | db | za dużo | db | za dużo | za dużo | za dużo | za dużo | | | |

Tabela 7. Uziarnienie mieszanki mineralnej i zawartość asfaltu w warstwie wiążącej – AC 16 W.

| Średnica ziaren # mm | Krzywa uziarnienia wg recepty | odchyłka dopuszczalna | 0+168 | | | 1+969 | | | 2+081 | | | 3+049 | | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|
| | | | krzywa uziarnienia | odchyłka od recepty | uwagi | krzywa uziarnienia | odchyłka od recepty | uwagi | krzywa uziarnienia | odchyłka od recepty | uwagi | krzywa uziarnienia | odchyłka od recepty | uwagi |
| 22,4 | 100 | | 100,0 | 0,0 | Db | 100,0 | 0,0 | Db | 100,0 | 0,0 | Db | 100,0 | 0,0 | Db |
| 16 | 100 | -8 ÷ +5 | 100,0 | 0,0 | Db | 95,1 | -4,9 | Db | 100,0 | 0,0 | Db | 100,0 | 0,0 | Db |
| 11,2 | 76 | ±7 | 78,9 | 2,9 | Db | 74,7 | -1,3 | Db | 77,5 | 1,5 | Db | 77,6 | 1,6 | Db |
| 8 | 67 | ±7 | 69,3 | 2,3 | Db | 65,1 | -1,9 | Db | 66,5 | -0,5 | Db | 66,8 | -0,2 | Db |
| 5,6 | 49 | ±7 | 51,7 | 2,7 | Db | 51,3 | 2,3 | Db | 51,9 | 2,9 | Db | 51,9 | 2,9 | Db |
| 4 | 43 | ±7 | 39,9 | -3,1 | Db | 42,0 | -1,0 | Db | 41,7 | -1,3 | Db | 41,6 | -1,4 | Db |
| 2 | 30 | ±6 | 30,5 | 0,5 | Db | 33,3 | 3,3 | Db | 32,1 | 2,1 | Db | 31,8 | 1,8 | Db |
| 0,125 | 7 | ±4 | 7,4 | 0,4 | Db | 7,5 | 0,5 | Db | 8,1 | 1,1 | Db | 7,8 | 0,8 | Db |
| 0,063 | 5,3 | ±2 | 5,6 | 0,3 | Db | 5,6 | 0,3 | Db | 5,9 | 0,6 | Db | 5,6 | 0,3 | Db |
| Zawartość asfaltu wg recepty | | odchyłka dopuszczalna | zawartość asfaltu | odchyłka od recepty | uwagi | zawartość asfaltu | odchyłka od recepty | uwagi | zawartość asfaltu | odchyłka od recepty | uwagi | zawartość asfaltu | odchyłka od recepty | uwagi |
| 4,3 | | ±0,3 | 4,55 | 0,25 | db | 4,3 | 0 | db | 4,59 | 0,29 | db | 4,42 | 0,12 | db |

Tabela 8. Wyniki badań warstwy podbudowy – MCE 32.

| km | 0+168 | | 1+969 | | 2+081 | | 3+049 | |
|---------------------------------|---------------|-----|--------------|-----|-------------------------|-----|-------------------------|-----|
| | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 |
| nr odwiertu | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 |
| gęstość obj. z badań (metoda B) | 2,172 | | 2,106 | | 2,159 | | 2,136 | |
| gęstość obj. wg recepty | 2,222 | | 2,222 | | 2,222 | | 2,222 | |
| wskaźnik zagęszczenia | 0,977 | | 0,948 | | 0,972 | | 0,961 | |
| wymagany wskaźnik zag. | > 0,98 | | | | | | | |
| uwagi | źle | | źle | | źle | | źle | |
| gęstość z badań (piknometr) | 2,474 | | 2,400 | | 2,542 | | 2,499 | |
| wolna przestrzeń w MCE | 13,7 | | 12,2 | | 15,1 | | 14,5 | |
| wymagana wolna przestrzeń | 9 ÷ 16 % | | | | | | | |
| uwagi | db | | db | | db | | db | |
| wytrzymałość na rozłupywanie | 1,1 | | 0,7 | | 0,4 | | 0,6 | |
| wymagana wytrzymałość | 0,7 ÷ 1,6 MPa | | | | | | | |
| uwagi | db | | db | | za mało próbka pęknięta | | za mało próbka pęknięta | |
| | | | | | | | | db |

Tabela 9. Wyniki badań warstwy podbudowy pomocniczej – stabilizacja cementem C 1,5 – 2,0.

| km | 0+168 | | 1+969 | | 2+081 | | 3+049 | |
|---------------------------|--------------------------------------|-----|------------|-----|------------|-----|-------------------------|-----|
| | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 |
| nr odwiertu | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 |
| wytrzymałość na ściskanie | 2,4 | | 3,0 | | 3,7 | | 1,4 | |
| wymagana wytrzymałość | 1,5 ÷ 2,0 MPa (nie więcej niż 4 MPa) | | | | | | | |
| uwagi | db | | db | | db | | za mało próbka pęknięta | |
| | | | | | | | | db |

6.2. Analiza wyników badań laboratoryjnych

Warstwa wiążąca AC 16 W

Dla wszystkich dziewięciu badanych próbek uzyskano wskaźniki zagęszczenia powyżej wymaganej wartości 0,98. W pięciu przypadkach zawartość wolnej przestrzeni w próbkach była nieznacznie za wysoka. Dotyczyło to głównie próbek odwierconych w pobliżu osi drogi w strefie występowania spękań.

Przeprowadzone ekstrakcje potwierdziły zgodność składu mieszanek mineralno-asfaltowych z receptą. Stwierdzone odchyłki mieszczą się w granicach dopuszczalnych przez specyfikację techniczną.

Podbudowa MCE 32

Dla wszystkich badanych próbek otrzymano właściwą zawartość wolnych przestrzeni jednak dla czterech z pięciu próbek otrzymano za niskie wskaźniki zagęszczenia. Może być to efekt dużej niejednorodności mieszanki. Należy zaznaczyć, że badano tylko próbki odwiercone w miejscach gdzie na nawierzchni nie było spękań. Próbki w strefie spękanej rozsypały się w czasie wykonywania odwiertów więc nie nadawały się do badań laboratoryjnych.

Tylko trzy próbki mieszanki MCE bez zastrzeżeń nadawały się do wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie. Dla próbek tych uzyskano wyniki zgodne z wymaganiami specyfikacji technicznej.

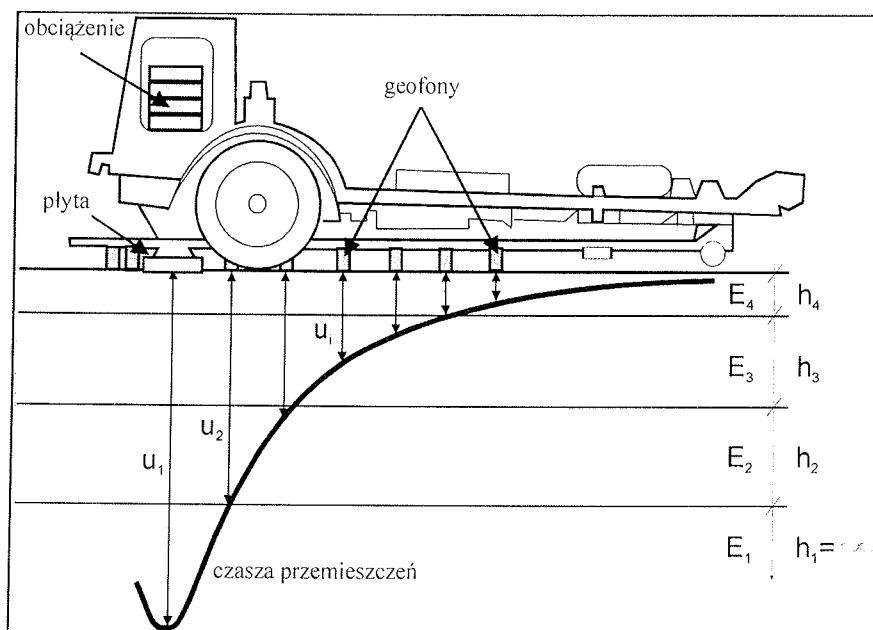
Podbudowa pomocnicza związana spoiwem drogowym C 1,5 – 2,0

Podobnie jak w przypadku MCE badane były tylko próbki pozyskane w strefach bez spękań na nawierzchni. Z pięciu badanych próbek cztery nie budziły zastrzeżeń i uzyskano dla nich wytrzymałości na ściskanie zgodne z wymaganiami specyfikacji technicznej. Jedna próbka była widocznie pęknięta. Dla próbki tej wytrzymałość była nieznacznie niższa od wymaganego minimum.

7. Pomiary ugięć nawierzchni

7.1. Wprowadzenie

W dniu 28.07.2016r. wykonano pomiary ugięć nawierzchni za pomocą ugięciomierza typu FWD (Falling Weight Deflectometer). Jest to urządzenie wywołujące impuls siłowy za pomocą spadającego ciężaru na płytę pomiarową poprzez specjalnie zaprojektowany układ sprężyn. Płyta pomiarowa o średnicy 0,3 m spoczywała na nawierzchni. Impuls obciążenia trwał 25 ± 20 milisekund. Wartość maksymalnej siły przekazywanej na nawierzchnię wynosiła około 50 kN, nacisk jednostkowy wynosił około 0,71 MPa. Podczas badań mierzono przemieszczenia nawierzchni w następujących odległościach od osi obciążenia: $d_1 = 0,0$; $d_2 = 0,2$; $d_3 = 0,3$; $d_4 = 0,45$; $d_5 = 0,6$; $d_6 = 0,9$; $d_7 = 1,2$; $d_8 = 1,5$ m; $d_9 = 1,8$ m. Badania przeprowadzono przy temperaturze nawierzchni około 26°C. Pomiary ugięć realizowano przy trzykrotnym obciążeniu. Do analizy brano ugięcia z 3-go cyklu obciążenia. Zbiór takich przemieszczeń wyznaczony na danym stanowisku pomiarowym tworzy tzw. „czaszę przemieszczeń”, która następnie wykorzystywana jest do identyfikacji modułów warstw i podłoża. Na rys. 1 pokazano schemat pomiaru.



Rys. 1. Schemat pomiaru czaszy przemieszczeń za pomocą FWD

7.2. Wyniki pomiarów ugięć

W tabeli 10 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa prawego w śladzie prawego koła w km 0+070 do 0+680.

Tabela 10. Zestawienie pomiarów ugięć dla prawego pasa e śladzie prawego koła w km 0+070 do 0+ 680

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| min | 86.80 | 57.80 | 50.60 | 44.00 | 44.70 | 33.40 | 26.00 | 16.70 | 13.20 | 59.10 | 50.40 |
| max | 162.90 | 112.30 | 92.70 | 79.20 | 74.70 | 60.90 | 52.20 | 43.90 | 37.20 | 117.30 | 97.00 |
| średnia | 115.54 | 81.76 | 71.33 | 64.07 | 61.00 | 49.28 | 40.32 | 30.60 | 24.22 | 82.98 | 71.88 |
| odch. stand. | 23.25 | 15.78 | 12.61 | 11.09 | 9.93 | 9.47 | 9.43 | 9.30 | 8.91 | 17.11 | 13.72 |
| percentyl 50% | 121.40 | 83.60 | 71.10 | 65.00 | 61.40 | 50.10 | 42.30 | 29.60 | 23.20 | 84.50 | 72.50 |
| percentyl 75% | 121.90 | 84.50 | 78.30 | 71.40 | 68.10 | 55.60 | 46.70 | 37.60 | 30.60 | 86.00 | 78.10 |
| percentyl 80% | 123.70 | 86.10 | 78.58 | 72.12 | 68.90 | 57.36 | 48.54 | 39.56 | 32.72 | 87.64 | 78.78 |
| percentyl 90% | 133.70 | 93.26 | 81.74 | 74.40 | 71.02 | 60.18 | 51.48 | 42.78 | 36.16 | 95.54 | 83.24 |
| percentyl 95% | 148.30 | 102.78 | 87.22 | 76.80 | 72.86 | 60.54 | 51.84 | 43.34 | 36.68 | 106.42 | 90.12 |
| wsp. zmienności | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.19 | 0.23 | 0.30 | 0.37 | 0.21 | 0.19 |

W tabeli 11 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa prawego w śladzie prawego koła w km 1+600 do 3+212.

Tabela 11. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa prawego w śladzie prawego koła w km 1+600 do 3+212.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| min | 80.10 | 58.90 | 50.30 | 42.00 | 37.20 | 28.40 | 20.30 | 14.70 | 10.10 | 57.30 | 49.60 |
| max | 212.90 | 141.10 | 106.00 | 89.40 | 82.80 | 67.90 | 53.90 | 43.70 | 35.10 | 139.50 | 108.00 |
| średnia | 113.94 | 83.66 | 72.08 | 64.25 | 59.89 | 49.41 | 39.55 | 31.15 | 24.57 | 82.41 | 72.15 |
| odch. stand. | 29.75 | 18.47 | 13.68 | 12.16 | 11.52 | 10.18 | 9.01 | 7.80 | 6.59 | 18.29 | 13.86 |
| percentyl 50% | 108.55 | 80.65 | 73.00 | 64.70 | 60.15 | 49.65 | 39.45 | 31.10 | 25.15 | 79.75 | 73.70 |
| percentyl 75% | 120.13 | 93.85 | 81.10 | 71.50 | 66.70 | 55.40 | 46.10 | 37.20 | 29.28 | 90.15 | 81.13 |
| percentyl 80% | 122.16 | 96.36 | 82.20 | 72.56 | 67.14 | 56.62 | 47.74 | 39.06 | 30.94 | 91.96 | 81.88 |
| percentyl 90% | 141.87 | 98.54 | 86.27 | 77.95 | 73.75 | 62.38 | 51.42 | 41.93 | 32.68 | 97.11 | 87.48 |
| percentyl 95% | 164.90 | 108.67 | 88.88 | 82.20 | 77.25 | 65.18 | 53.70 | 42.49 | 33.46 | 108.98 | 88.20 |
| wsp. zmienności | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.22 | 0.19 |

W tabeli 12 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa lewego w śladzie prawego koła w km 0+070 do 0+680.

Tabela 12. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa lewego w śladzie prawego koła w km 0+070 do 0+680.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Min | 73.30 | 51.50 | 35.90 | 29.20 | 27.40 | 21.70 | 16.10 | 11.80 | 7.60 | 52.30 | 35.80 |
| Max | 325.70 | 297.80 | 279.40 | 250.80 | 229.60 | 184.30 | 143.70 | 111.20 | 85.90 | 293.30 | 273.60 |
| Średnia | 138.04 | 109.26 | 96.34 | 85.03 | 78.11 | 63.99 | 51.53 | 41.33 | 33.10 | 107.03 | 94.94 |
| odch. stand. | 93.79 | 89.42 | 84.57 | 75.05 | 67.68 | 53.48 | 41.44 | 31.95 | 24.87 | 88.27 | 82.87 |
| percentyl 50% | 89.35 | 68.55 | 58.75 | 51.55 | 48.25 | 40.35 | 33.60 | 27.85 | 23.20 | 67.40 | 58.00 |
| percentyl 75% | 152.45 | 108.83 | 92.08 | 81.80 | 75.15 | 62.83 | 52.95 | 44.38 | 37.38 | 103.80 | 91.05 |
| percentyl 80% | 193.96 | 148.90 | 127.60 | 109.52 | 97.90 | 79.10 | 64.92 | 53.30 | 44.20 | 144.82 | 126.40 |
| percentyl 90% | 266.69 | 225.63 | 201.56 | 174.08 | 155.61 | 123.68 | 98.13 | 77.81 | 62.17 | 222.18 | 198.84 |
| percentyl 95% | 296.20 | 261.72 | 240.48 | 212.44 | 192.61 | 153.99 | 120.92 | 94.51 | 74.04 | 257.74 | 236.22 |
| wsp. zmienności | 0.68 | 0.82 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.84 | 0.80 | 0.77 | 0.75 | 0.82 | 0.87 |

W tabeli 13 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa lewego w śladzie prawego koła w km 1+772 do 3+212.

Tabela 13. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa lewego w śladzie prawego koła w km 1+600 do 3+212.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Min | 60.00 | 37.20 | 32.80 | 28.10 | 25.50 | 21.50 | 15.70 | 10.60 | 8.10 | 35.80 | 31.00 |
| Max | 154.60 | 103.80 | 87.80 | 79.10 | 73.30 | 60.40 | 48.10 | 38.60 | 32.50 | 104.00 | 87.80 |
| Średnia | 105.77 | 69.21 | 59.34 | 53.45 | 50.64 | 42.01 | 34.41 | 27.07 | 21.72 | 69.58 | 59.52 |
| odch. stand. | 28.92 | 15.66 | 12.15 | 11.13 | 10.66 | 9.67 | 8.90 | 8.45 | 7.46 | 16.55 | 13.04 |
| percentyl 50% | 100.65 | 70.55 | 60.40 | 52.00 | 51.80 | 43.95 | 36.20 | 29.05 | 23.00 | 69.35 | 60.45 |
| percentyl 75% | 130.83 | 79.83 | 66.48 | 60.05 | 57.38 | 49.28 | 41.43 | 33.35 | 27.13 | 80.38 | 66.05 |
| percentyl 80% | 131.04 | 80.82 | 66.72 | 60.64 | 57.80 | 49.52 | 42.14 | 34.80 | 27.64 | 82.68 | 67.60 |
| percentyl 90% | 143.98 | 83.10 | 71.42 | 63.10 | 58.97 | 50.16 | 43.03 | 36.08 | 29.89 | 85.21 | 72.13 |
| percentyl 95% | 150.33 | 86.70 | 72.41 | 64.76 | 60.29 | 51.19 | 44.40 | 37.75 | 30.79 | 92.22 | 80.87 |
| wsp. zmienności | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.23 | 0.26 | 0.31 | 0.34 | 0.24 | 0.22 |

W tabeli 14 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa prawego przy osi w km 0+070 do 0+680.

Tabela 14. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa prawego przy osi w km 0+070 do 0+680.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Min | 145.60 | 110.90 | 94.50 | 84.20 | 79.20 | 63.70 | 52.00 | 41.40 | 35.70 | 108.00 | 94.00 |
| Max | 199.70 | 150.00 | 122.00 | 103.30 | 96.80 | 78.80 | 65.10 | 52.70 | 45.20 | 153.80 | 127.90 |
| Średnia | 173.30 | 127.13 | 105.47 | 91.40 | 85.47 | 70.87 | 58.93 | 48.83 | 41.03 | 127.93 | 105.70 |
| odch. stand. | 27.07 | 20.38 | 14.57 | 10.38 | 9.83 | 7.58 | 6.58 | 6.44 | 4.86 | 23.47 | 19.24 |
| percentyl 50% | 174.60 | 120.50 | 99.90 | 86.70 | 80.40 | 70.10 | 59.70 | 52.40 | 42.20 | 122.00 | 95.20 |
| percentyl 75% | 187.15 | 135.25 | 110.95 | 95.00 | 88.60 | 74.45 | 62.40 | 52.55 | 43.70 | 137.90 | 111.55 |
| percentyl 80% | 189.66 | 138.20 | 113.16 | 96.66 | 90.24 | 75.32 | 62.94 | 52.58 | 44.00 | 141.08 | 114.82 |
| percentyl 90% | 194.68 | 144.10 | 117.58 | 99.98 | 93.52 | 77.06 | 64.02 | 52.64 | 44.60 | 147.44 | 121.36 |
| percentyl 95% | 197.19 | 147.05 | 119.79 | 101.64 | 95.16 | 77.93 | 64.56 | 52.67 | 44.90 | 150.62 | 124.63 |
| wsp. zmienności | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.12 | 0.18 | 0.18 |

W tabeli 15 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa prawego przy osi w km 1+600 do 3+212.

Tabela 15. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa prawego przy osi w km 1+600 do 3+212.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Min | 126.60 | 92.90 | 71.90 | 56.80 | 51.70 | 39.70 | 25.50 | 16.50 | 11.30 | 91.30 | 70.40 |
| Max | 554.60 | 387.50 | 274.40 | 169.00 | 114.90 | 81.20 | 65.00 | 53.20 | 43.50 | 377.00 | 261.90 |
| Średnia | 315.00 | 218.63 | 156.56 | 107.67 | 84.16 | 56.81 | 41.84 | 31.87 | 24.88 | 210.71 | 151.07 |
| odch. stand. | 129.20 | 91.95 | 62.18 | 36.19 | 24.50 | 15.86 | 12.84 | 11.03 | 9.37 | 87.76 | 59.14 |
| percentyl 50% | 316.60 | 213.20 | 146.80 | 108.10 | 76.90 | 54.70 | 38.20 | 29.20 | 23.10 | 207.90 | 140.00 |
| percentyl 75% | 375.10 | 270.90 | 184.60 | 136.90 | 109.70 | 71.30 | 51.00 | 37.10 | 27.00 | 252.70 | 185.10 |
| percentyl 80% | 385.22 | 273.82 | 188.84 | 137.50 | 110.30 | 72.74 | 52.56 | 39.10 | 29.60 | 254.38 | 187.02 |
| percentyl 90% | 431.24 | 300.06 | 211.04 | 144.52 | 111.94 | 76.16 | 56.92 | 44.32 | 35.50 | 280.92 | 204.30 |
| percentyl 95% | 492.92 | 343.78 | 242.72 | 156.76 | 113.42 | 78.68 | 60.96 | 48.76 | 39.50 | 328.96 | 233.10 |
| wsp. zmienności | 0.41 | 0.42 | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.38 | 0.42 | 0.39 |

W tabeli 16 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa lewego przy osi w km 0+070 do 0+680.

Tabela 16. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa lewego przy osi w km 0+070 do 0+680.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Min | 98.10 | 79.30 | 73.80 | 67.40 | 64.40 | 56.30 | 48.30 | 40.70 | 34.90 | 79.40 | 74.90 |
| Max | 163.60 | 125.80 | 106.20 | 88.00 | 81.00 | 69.20 | 59.90 | 51.80 | 44.70 | 123.20 | 106.80 |
| Średnia | 131.70 | 102.07 | 89.77 | 78.87 | 74.13 | 63.97 | 53.93 | 45.43 | 38.63 | 100.67 | 90.27 |
| odch. stand. | 32.78 | 23.27 | 16.21 | 10.50 | 8.66 | 6.79 | 5.81 | 5.73 | 5.30 | 21.93 | 15.98 |
| percentyl 50% | 133.40 | 101.10 | 89.30 | 81.20 | 77.00 | 66.40 | 53.60 | 43.80 | 36.30 | 99.40 | 89.10 |
| percentyl 75% | 148.50 | 113.45 | 97.75 | 84.60 | 79.00 | 67.80 | 56.75 | 47.80 | 40.50 | 111.30 | 97.95 |
| percentyl 80% | 151.52 | 115.92 | 99.44 | 85.28 | 79.40 | 68.08 | 57.38 | 48.60 | 41.34 | 113.68 | 99.72 |
| percentyl 90% | 157.56 | 120.86 | 102.82 | 86.64 | 80.20 | 68.64 | 58.64 | 50.20 | 43.02 | 118.44 | 103.26 |
| percentyl 95% | 160.58 | 123.33 | 104.51 | 87.32 | 80.60 | 68.92 | 59.27 | 51.00 | 43.86 | 120.82 | 105.03 |
| wsp. zmienności | 0.25 | 0.23 | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.22 | 0.18 |

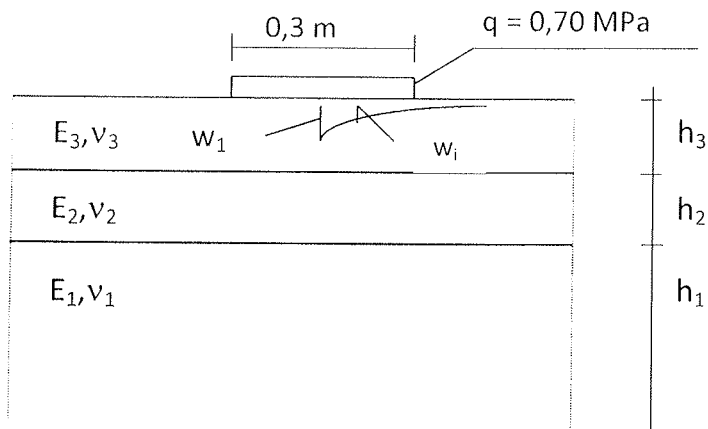
W tabeli 17 zestawiono statystykę pomiarów ugięć dla pasa lewego przy osi w km 1+600 do 3+212.

Tabela 17. Zestawienie pomiarów ugięć dla pasa lewego przy osi w km 1+600 do 3+212.

| Odległości | 0,00 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | -0,20 | -0,30 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Min | 118.60 | 81.30 | 66.20 | 55.70 | 49.20 | 38.30 | 23.10 | 14.90 | 9.80 | 77.90 | 63.30 |
| Max | 262.50 | 179.00 | 144.70 | 110.20 | 92.00 | 65.40 | 54.20 | 45.50 | 37.40 | 186.10 | 153.10 |
| Średnia | 165.33 | 115.60 | 94.28 | 76.07 | 67.11 | 51.63 | 39.14 | 30.28 | 23.41 | 115.26 | 94.18 |
| odch. stand. | 55.23 | 36.30 | 25.52 | 16.41 | 13.23 | 10.60 | 10.07 | 8.94 | 8.01 | 38.01 | 28.31 |
| percentyl 50% | 147.70 | 101.10 | 88.10 | 77.20 | 67.50 | 50.30 | 38.90 | 30.30 | 23.00 | 104.80 | 87.20 |
| percentyl 75% | 174.40 | 114.30 | 97.50 | 77.90 | 73.00 | 60.00 | 46.80 | 32.80 | 27.00 | 109.10 | 96.50 |
| percentyl 80% | 205.56 | 138.82 | 108.38 | 81.14 | 73.64 | 61.88 | 47.64 | 35.60 | 28.92 | 134.98 | 108.18 |
| percentyl 90% | 254.34 | 176.28 | 128.70 | 90.84 | 78.08 | 64.84 | 49.96 | 40.94 | 32.92 | 176.26 | 131.18 |
| percentyl 95% | 258.42 | 177.64 | 136.70 | 100.52 | 85.04 | 65.12 | 52.08 | 43.22 | 35.16 | 181.18 | 142.14 |
| wsp. zmienności | 0.33 | 0.31 | 0.27 | 0.22 | 0.20 | 0.21 | 0.26 | 0.30 | 0.34 | 0.33 | 0.30 |

8. Identyfikacja modułów warstw i podłoża

Wyniki pomiarów ugięć pomierzone za pomocą FWD służą do identyfikacji modułów warstw i podłoża konstrukcji nawierzchni. Z kolei wykorzystując otrzymane wartości modułów można obliczyć stan naprężeń i odkształceń w warstwach konstrukcji oraz podłożu i na tej podstawie dopuszczalną liczbę obciążeń osi standardowych. Do obliczeń identyfikacyjnych przyjęto model obliczeniowy przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Model obliczeniowy badanych nawierzchni

Poszczególne warstwy modelują układ konstrukcji nawierzchni. Przy czym liczba warstw uzależniona jest od liczby zidentyfikowanych warstw w konstrukcji podczas odwiertów. Górna warstwa h_3 jest warstwą wiążącą. Warstwa h_2 jest podbudową z MCE. Warstwa h_1 jest podłożem równoważnym. Istota identyfikacji polega na minimalizacji funkcji celu opisanej zależnością (1).

$$\Delta = \frac{\sqrt{\frac{F}{k}}}{\frac{\sum_{j=1}^k w_j}{k}} \quad (1)$$

gdzie:

$$F = \sum_{j=1}^k (w_j - u_j)^2 \quad (2)$$

w_j - ugięcia teoretyczne obliczone w modelu,

u_j - ugięcia pomierzone,

k - liczba pomierzonych ugięć w jednym punkcie tworzących czaszę ugięć.

Obliczenia identyfikacyjne wykonywano na podstawie programu CZUG [3]. W wyniku identyfikacji uzyskuje się wartości modułów (E_i) poszczególnych warstw. Grubości warstw przyjmuje się na podstawie identyfikacji wgłębnej (odwiertów). Współczynniki Poissona (ν_i) nie wpływają znacząco na uzyskiwane wartości modułów. Na podstawie wykonanych obliczeń identyfikacyjnych otrzymano następujące wartości modułów, które zestawiono w tabeli 9.

Podane w tabeli 18 wartości modułów warstwy wiążącej odnoszą się do temperatury badania. W nawiasie podano wartości skorygowane do temperatury 10^0 C. Obliczenia prowadzono do poziomu prawdopodobieństwa 90%.

Tabela 18. Zestawienie modułów zidentyfikowanych.

| Odcinek, km | E ₃ , MPa | E ₂ , MPa | E ₁ , MPa |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0+070 do 0+680, prawy pas, prawe koło | 8 700 (11 900)* | 12 693 | 300 |
| 1+600 do 3+212, prawy pas, prawe koło | 8 800 (12 050)* | 11 209 | 292 |
| 0+070 do 0+680, prawy pas, oś prawa | 8 600 (11 780)* | 5 026 | 244 |
| 1+600 do 3+212, prawy pas, oś prawa | 6 107 (8 370)* | 473 | 212 |
| 0+070 do 0+680, lewy pas, prawe koło | 8 100 (11 100)* | 5 832 | 141 |
| 1+600 do 3+212, lewy pas, prawe koło | 9 500 (13 000)* | 5 192 | 430 |
| 0+070 do 0+680, lewy pas, oś lewa | 8 400 (11 500)* | 8 655 | 257 |
| 1+600 do 3+212, lewy pas, oś lewa | 6170 (8 450)* | 1472 | 318 |

* - skorygowane wartości do 10⁰ C.

9. Analiza uzyskanych wartości modułów warstw i podłoża

Analizując uzyskane wartości modułów warstw i podłoża nasuwają się następujące spostrzeżenia:

- moduł warstwy wiążącej z betonu asfaltowego oscylują w przedziale 8370 do 13 000 MPa i oscylują wokół wymaganych (10 000 MPa),
- moduły warstwy MCE we wszystkich przypadkach przekraczają wymagane (1 500 MPa wg katalogu) wartości za wyjątkiem odcinka w km 1+600 do 3+212 przy osi na prawym pasie, gdzie moduł znacznie odbiega od wymaganych, jest znacznie mniejszy. Odwierty potwierdziły, że na tych odcinkach mieszanka MCE jest zdegradowana. Mniejsze wartości jeszcze uzyskano na lewym pasie w pobliżu osi w km 1+600 do 3+212. Można je uznać za porównywalne z minimalnymi wymaganymi.
- równoważne moduły podłoża są większe od wymaganych 100 MPa i wynoszą od 141 do 430 MPa.

Uzyskane wartości modułów zostaną wykorzystane do obliczenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni.

10. Określenie trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni

Wykorzystując określone wartości modułów obliczono maksymalną liczbę obciążeń osi obliczeniowych jaką może przenieść konstrukcja, łącznie z warstwą ścieralną z SMA, grubości 4 cm.

Do obliczenia trwałości zmęczeniowej wykorzystano dwa etapy pracy konstrukcji. W pierwszym etapie uwzględniono kryterium naprężeń rozciągających dla warstwy z mieszanki MCE. Wykorzystano tutaj zależności otrzymane wg [6].

W drugim etapie wykorzystano kryterium odkształceń rozciągających dla mieszanek mineralno-asfaltowych wg Instytutu Asfaltowego. Kryterium odkształceń mieszanki opisane jest zależnością (3)

$$N = 18,4xCx(6,167x10^{-5}x\varepsilon_r^{-3,291}xE^{-0,854}) \quad (3)$$

Gdzie: N – liczba obciążeń,

ε_r – odkształcenia rozciągające w warstwie z mieszanki mineralno-asfaltowej,

E – moduł sztywności, MPa, (przyjęto zgodnie z identyfikacją),
 C – parametr zależny od zawartości wolnych przestrzeni oraz ilości bitumu w warstwie asfaltowej.

$$C = 10^M \quad (4)$$

$$M = 4,84x(V_B/(V_v+V_B) - 0,69) \quad (5)$$

Gdzie: V_B - zawartość bitumu, % obj.,
 V_v – zawartość wolnych przestrzeni, %.

W obliczeniach trwałości wykorzystano moduły zidentyfikowane w badaniach dla pierwszego etapu (tj. dla warstwy wiążącej, warstwy MCE i podłoża wg. tabeli 9). W drugim etapie wykorzystano moduły dla warstwy wiążącej wg tab. 9, natomiast dla warstwy z MCE przyjęto 1 500 MPa oraz podłoża 200 MPa, degradacja po pierwszym etapie pracy (za wyjątkiem odcinka 0+070 do 0+680 pas lewy prawe koło, gdzie przyjęto moduł podłoża 100 MPa). Ponadto dla odcinków 1+600 do 3+212 pas prawy oś oraz 1+600 do 3+212 pas lewy oś przyjęto jeden etap pracy konstrukcji. Moduł warstwy SMA przyjęto 8300 MPa. Współczynniki Poissona dla wszystkich warstw 0,3.

Zawartość wolnej przestrzeni oraz asfaltu w warstwie wiążącej przyjęto zgodnie z badaniami (średni - $V_a=4,3\%$ wag., średni - $V_v = 7,5\%$).

W tabeli 19 zestawiono liczbę osi obliczeniowych 100 kN jaką może przenieść analizowana konstrukcja.

Tabela 19. Zestawienie trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni

| Odcinek, km | N , liczba osi 100 kN | KR , kategoria ruchu |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 0+070 do 0+680, prawy pas, prawe koło | 2 500 000 | KR3 |
| 1+600 do 3+212, prawy pas, prawe koło | 2 600 000 | KR4 |
| 0+070 do 0+680, prawy pas, oś prawa | 2 500 000 | KR3 |
| 1+600 do 3+212, prawy pas, oś prawa | 350 000 | KR2 |
| 0+070 do 0+680, lewy pas, prawe koło | 2 000 000 | KR3 |
| 1+600 do 3+212, lewy pas, prawe koło | 2 700 000 | KR4 |
| 0+070 do 0+680, lewy pas, oś lewa | 2 600 000 | KR4 |
| 1+600 do 3+212, lewy pas, oś lewa | 2 600 000 | KR4 |

Analizując uzyskane wyniki trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni widać ,że trwałość zmęczeniowa odpowiada kategoriom ruchu od KR2 do KR4. Przy czym dla kategorii KR4 jest to dolna granica (przewidywany ruch dla kategorii KR4 wynosi 2 500 001 do 7 500 000 osi 100 kN). Chcąc uzyskać wymaganą trwałość zmęczeniową odpowiadającą górnej granicy KR4 tj. 7 500 000 osi 100 kN należałoby wzmocnić przedmiotową konstrukcję o ok. 6 cm warstwami z betonu asfaltowego ale te odcinki na których trwałość wynosi powyżej 2 500 000. Na pozostałych odcinkach wzmocnienie byłoby większe.

Jak wynika z analiz katalogowych przedmiotowa konstrukcja została zaprojektowana dla kategorii ruchu KR1 – KR2. Uzyskano kategorie ruchu KR2 – KR4 dlatego, że wszystkie

warstwy mają większe moduły niż przyjmowane w katalogu dotyczy to szczególnie podłoża i warstwy MCE.

11. Przyczyny degradacji warstw nawierzchni

Jak wynika z inwentaryzacji powierzchniowej na przedmiotowej nawierzchni pojawiły się podczas prawie dwuletniej eksploatacji nawierzchni bez warstwy ścieralnej następujące uszkodzenia warstwy wiążącej:

- spękania poprzeczne (w nieregularnych odstępach),
- spękania podłużne przy osi prawego pasa,
- spękania siatkowe przy osi prawego pasa.

Przyczyną spękań poprzecznych warstwy wiążącej są spękania odbite (reflective cracking) pochodzące z warstwy podbudowy MCE. Wykonane odwierty na spękaniach poprzecznych wykazały, że powstały w warstwie MCE spękania skurczowe. Jest to zjawisko normalne i takie pęknięcia w warstwach MCE powstają. Przyczyną tego stanu jest dodatek cementu w mieszance MCE (w tym przypadku ok. 4 %). Wyniki identyfikacji modułów wskazują na duże sztywności warstwy MCE. Z jednej strony podniosło to nośność i trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni a z drugiej spowodowało powstanie pęknięć skurczowych. Przeprowadzone pomiary ugięć na takich pęknięciach wykazały, że współczynnik współpracy (przekazywania obciążeń) wynosi 0,7 do 0,8 a więc oznacza to dobrą współpracę pomiędzy pęknięciami i nie doszło do degradacji podłoża. Pęknięcie to nie osłabiło nośności konstrukcji nawierzchni.

Przyczyną spękań podłużnych warstwy wiążącej jest różnica sztywności warstw (głównie podbudowy z MCE) w przekroju poprzecznym konstrukcji. Jak wynika z identyfikacji modułów w obrębie prawego pasa występuje duża różnica modułów pomiędzy śladem prawego koła oraz miejscem ok. 0,5 m od osi. Stosunek modułów jest 20-krotny. Różnica ta wynika wskutek gorszego zagęszczenia warstwy MCE podczas układania jej połówkami. Warstwa MCE jest układana w technologii na zimno i nie można liczyć na zespolenie warstwy układanej podczas dwóch przejść, zwłaszcza w odległych odstępach czasowych. Pęknięcie to (podłużne) powstało na styku układanych na raty warstw podbudowy MCE w przekroju poprzecznym. Pęknięcie to jest groźne dla pracy konstrukcji nawierzchni i należy usunąć przyczynę powstania tego pęknięcia.

Przyczyną powstania spękań siatkowych w obrębie osi prawego pasa jest brak przyczepności warstwy wiążącej do podbudowy z MCE. Wiąże się to z omawianym pęknięciem podłużnym. Wykonane odwierty w miejscach spękań siatkowych wykazały degradację warstwy MCE. Badania FWD wykazały bardzo małe moduły. Oznacza to, że warstwa ta uległa degradacji. Przyczyną tego stanu rzeczy (podobnie jak przy pęknięciu podłużnym) jest defekt przy połączeniu dwóch połówek warstwy MCE układanej na zimno. Spękania te są groźne dla pracy konstrukcji nawierzchni i należy usunąć przyczynę ich powstania.

Reasumując należy stwierdzić, że przyczyną spękań podłużnych i siatkowych w pobliżu osi prawego pasa było nie dogęszczenie oraz złe (wadliwie) połączenie dwóch połówek

podbudowy z MCE podczas układania. Błędem było układanie warstwy MCE pod ruchem dwoma połówkami.

12. Technologia wzmocnienia

Jak wykazały analizy przeprowadzone w p.3 badana konstrukcja nawierzchni została niedowymiarowana i zaprojektowana na ruch KR1-KR2. Badania wykonane na nawierzchni wskazują, że wskutek wysokich parametrów sztywności jaki uzyskano w trakcie wykonawstwa otrzymano na niektórych odcinkach nośność i trwałość zmęczeniową odpowiadającą kategorii KR3 oraz KR4 ale tylko dla dolnych wartości ok. 2 600 000 osi 100 kN. Chcąc uzyskać górną granicę trwałości zmęczeniowej tj. 7 400 000 osi 100 kN należałoby wzmocnić konstrukcję betonem asfaltowym grubości ok. 6 cm ale tylko te odcinki dla których trwałość zmęczeniowa jest powyżej 2 500 000 osi 100 kN. Dla pozostałych odcinków wzmocnienie byłoby większe. W przypadku niewzmocnienia konstrukcji należy spodziewać się wcześniejszej utraty trwałości zmęczeniowej. W jakim okresie to nastąpi będzie zależało od spodziewanego natężenia ruchu. Decyzję o wzmocnieniu musi podjąć Inwestor.

Na odcinkach gdzie występują spękania podłużne i siatkowe w obrębie osi prawego pasa należy podjąć program naprawczy. Należy sfrezować warstwę wiążącą na szerokość ok. 1 m lub więcej od osi (szwa technologicznego) na prawym pasie. Z kolei usunąć zdegradowaną warstwę MCE i ubytki uzupełnić mieszanką mineralno-asfaltową AC 16 W odpowiednio ją zagęszczając. Z kolei ułożyć warstwę wiążącą. Należy pamiętać o starannym połączeniu warstw poprzez zastosowanie warstwy szepnej z emulsji lub asfaltu o wysokiej penetracji. Szepność pomiędzy warstwami należy zapewnić w poziomie i pionie. Następnie można ułożyć warstwę ścieralną SMA. Nie jest wykluczone, że mogą pojawić się spękania podłużne i siatkowe w innym kilometrażu niż wystąpiły. W celu identyfikacji takich miejsc należy wykonać badania FWD przy osi prawego i lewego pasa pod obciążeniem 50 kN bardzo gęsto np. co 5 m. Jeżeli przemieszczenie w środku płyty będzie mniejsze niż 0,25 mm to oznacza, że nośność jest zapewniona. W przeciwnym przypadku należy wykonać zabieg jak przy istniejących spękaniach.

Jeżeli chodzi o spękania poprzeczne na warstwie wiążącej to należy je oczyścić i zalać masą zalewową oraz dokładnie zidentyfikować ich położenie. Po ułożeniu warstwy ścieralnej z SMA należy ją naciąć w miejscach występowania spękań warstwy wiążącej na szerokość ok. 5-6 mm, oczyścić nacięcie i zalać masą zalewową. W ten sposób uniknie się nieregularnych spękań warstwy ścieralnej. Nacięcia należy dokonać na całą szerokość warstwy ścieralnej.

Należy mieć na uwadze fakt, że pęknięcia poprzeczne mogą się jeszcze pojawiać na warstwie ścieralnej. Aktualnie trudno jest przewidzieć miejsce pojawienia się takiego pęknięcia. W przypadku pojawienia się takiego pęknięcia należy je oczyścić i zalać masą zalewową. W przypadku pojawienia się spękań siatkowych też należy usunąć przyczynę ich wystąpienia (co opisano powyżej).

13. Podsumowanie

Przeprowadzone badania materiałów wbudowanych w konstrukcję nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 379, wykonane badania nośności oraz analizy trwałości pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- a) Zaprojektowana konstrukcja nawierzchni jest niedowymiarowana i może przenieść ruch kategorii KR3 oraz KR4 dla dolnych wartości ruchu tj. ok. 2 600 000 osi 100 kN. Chcąc uzyskać górną granicę trwałości zmęczeniowej dla ruchu KR4 tj. 7 400 000 osi 100 kN należałoby wzmocnić konstrukcję betonem asfaltowym grubości ok. 6 cm ale tylko te odcinki dla których trwałość zmęczeniowa jest powyżej 2 500 000 osi 100 kN. Na pozostałych odcinkach grubość wzmocnienia będzie większa.
- b) Na odcinkach gdzie występują spękania podłużne i siatkowe w pobliżu osi na prawym pasie, nawierzchnię należy wyremontować wg technologii podanej w p.12.
- c) Podobnie dla spękań poprzecznych należy zastosować technologię naprawy wg zaleceń podanych w p. 12.
- d) Na odcinkach gdzie nie występują spękania podłużne lub siatkowe na prawym i lewym pasie w pobliżu osi należy się spodziewać podobnych spękań. W celu identyfikacji takich odcinków należy dokładnie zdiagnozować takie odcinki wg procedury podanej w p.12.
- e) Na nawierzchni mogą pojawić się spękania poprzeczne lecz trudno w tej chwili oszacować ich lokalizację. W przypadku ich pojawienia się należy zastosować technologie naprawy podana w p.12.
- f) Wykonane badania betonu asfaltowego wbudowanego w warstwę wiążącą wykazały, że jego skład jest zgodny z receptą, wskaźniki zagęszczenia zgodne z wymaganiem specyfikacji, jedynie zawartość wolnej przestrzeni w kilku próbkach była nieznacznie większa od wymaganej. Nie wpływa to znacząco na trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni
- g) Badania mieszanki MCE wykazały, że w miejscach gdzie nie została zdegradowana ma wymaganą wytrzymałość na rozciąganie, zawartość wolnych przestrzeni mieści się w dopuszczalnych przedziałach. Natomiast wskaźniki zagęszczenia są mniejsze od wymaganych. Mieszankę MCE należy wymienić na beton asfaltowy w miejscach i zgodnie z procedurą podaną w p. 12.
- h) Warstwa ulepszonego podłoża spełnia wymagania wytrzymałościowe.
- i) Decyzję o wzmocnieniu konstrukcji nawierzchni celem doprowadzenia jej do trwałości odpowiadającej górnej granicy ruchu KR4 powinien podjąć Inwestor. W przeciwnym przypadku konstrukcja przeniesie maksymalnie dolną wartość powtórzeń odpowiadającą kategorii KR4. W jakim okresie to wystąpi zależy od przyszłego ruchu na drodze. Sądząc po aktualnym natężeniu ruchu może to nastąpić przed upływem 20 lat.
- j) Należy bezwzględnie wyremontować konstrukcję wg wskazań zawartych w p.12.
- k) Istnieje prawdopodobieństwo pojawienia się spękań warstwy ścieralnej, gdyż warstwa MCE charakteryzuje się niejednorodnością.

Literatura

1. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDKiA, Warszawa 2014
2. Warunki techniczne wykonywania warstw podbudowy z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej, IBDiM, Warszawa, 1999.
3. Szydło. A. Statyczna identyfikacja parametrów modeli nawierzchni lotniskowych. Prace naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, nr 45. Wrocław, 1995.
4. Projekt przebudowy nawierzchni na odcinku w km 0+070 do 1+330 oraz od km 1+520 do 1+772. Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznik ul. Uczniowska do skrzyżowania ulic Strzegomska – Świdnicka-Noworudzka-11 listopada w m. Wałbrzych i na terenie gminy Walim.
5. Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznik ul. Uczniowska do skrzyżowania ulic Strzegomska – Świdnicka- Noworudzka – 11 listopada w m. Wałbrzych i na terenie gminy Walim na odcinku w km 1+772 do 3+212.
6. Kuźniewski J., Wpływ parametrów mechanicznych mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych na nośność nawierzchni drogowych. Raport serii PRE nr 1/2004, Rozprawa doktorska. Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Lądowej.

Z A Ł Ą C Z N I K 1

(Identyfikacja uszkodzeń nawierzchni)



Lafrentz - Polska sp. z o.o.

Budownictwo Drogowo • Mostowe • Inżynieryjne • Projektowanie • Nadzór • Consulting

BIURO KOORDYNATORA ZESPOŁU NADZORU INWESTORSKIEGO

„Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznika ul. Uczniowskiej do skrzyżowania ulic Strzegomska
– Świdnicka – Noworudzka – 11 Listopada w m. Walbrzychu i na terenie Gminy Walim.

Adres do korespondencji;
52-200 Wrocław,
Karwiany
Ul. Morelowa 23

tel. kom. 0 606 85 44 75,
etaptadeusz@wp.pl
tadeusz.ponisz@lafrentz.pl

INWENTARYZACJA SPEKAŃ WARSTWY WIĄZĄCEJ – DŁUGOŚCI

1. Spękania podłużne = 330,95 m
2. Spękania poprzeczne = 157,10 m
3. Spękania siatkowe = 198,40 m

Całkowita długość spekań wynosi: 686,45 m

Lafrentz – Polska sp. z o.o., ul. Zbąszyńska 29, 60-359 Poznań
tel. 061 867 40 50 / fax. 061 867 40 79 www.lafrentz.pl / office@lafrentz.pl
Sąd Rejonowy Poznań - Nowe Miasto i Wilda, VIII Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego
KRS 0000035454 Kapitał zakładowy 50.000 zł
NIP 783-10-04-441 REGON 630299994
Raiffeisen Bank Polska S.A. O/Poznań
56 1750 1019 0000 0000 0444 4833

1

Łazwa zadania : Przebudowa i rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznik ul. Uczniowska do skrzyżowania ulic Strzegomska – Świdnicka – Noworudzka – 11 Listopada w m. Wałbrzych i na terenie Gminy Walim

**POMIAR INWENTARYZACYJNY PĘKNIĘĆ POPRZECZNYCH - SPĘKANIA POJEDYŃCZE
WARSTWY WIAŻĄCEJ**

| Lp. | Nr | Km | Długość [m] | Uwagi |
|-----|------|-------------|--------------|-------|
| 1 | 23 | 0+124.00 | 10.8 | |
| 2 | 21 | 0+270.33 | 7.3 | |
| 3 | 20 | 0+284.50 | 7.3 | |
| 4 | 20.1 | 0+288.30 | 3.2 | |
| 5 | 19 | 0+320.00 | 3.5 | |
| 6 | 18 | 0+347.60 | 3.3 | |
| 7 | 17.2 | 0+359.00 | 1.2 | |
| 8 | 17.1 | 0+367.03 | 3.3 | |
| 9 | 17 | 0+472.80 | 3.4 | |
| 10 | 24 | 1+529.73 | 3.9 | |
| 11 | 25 | 1+569.73 | 3.75 | |
| 12 | 27 | 1+625.08 | 3.7 | |
| 13 | 28 | 1+664.25 | 3.8 | |
| 14 | 29 | 1+680.44 | 2.2 | |
| 15 | 31 | 1+703.65 | 3.8 | |
| 16 | 32 | 1+740.00 | 7.1 | |
| 17 | 33 | 1+788.95 | 3.7 | |
| 18 | 34 | 1+811.16 | 3.9 | |
| 19 | 35 | 1+834.56 | 7.3 | |
| 20 | 36 | 1+917.75 | 4.0 | |
| 21 | 37 | 1+947.22 | 3.7 | |
| 22 | 41 | 2+046.75 | 3.8 | |
| 23 | 42 | 2+067.79 | 4.0 | |
| 24 | 44 | 2+165.10 | 7.25 | |
| 25 | 45 | 2+266.17 | 3.4 | |
| 26 | 46 | 2+283.60 | 7.2 | |
| 27 | 14 | 2+323.73 | 3.0 | |
| 28 | 13 | 2+391.18 | 3.5 | |
| 29 | 11 | 2+779.80 | 3.2 | |
| 30 | 10 | 2+806.98 | 3.2 | |
| 31 | 9 | 2+857.33 | 7.3 | |
| 32 | 8 | 2+880.23 | 3.8 | |
| 33 | 7 | 2+987.17 | 3.3 | |
| 34 | 5 | 3+078.03 | 3.3 | |
| 35 | 4 | 3+093.24 | 3.4 | |
| 36 | 2 | 3+148.71 | 3.3 | |
| | | SUMA | 157.1 | |

Nazwa zadania : Przebudowa i rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznik ul. Uczniowska do skrzyżowania ulic Strzegomska – Świdnicka – Noworudzka – 11 Listopada w m. Walbrzych i na terenie Gminy Walim

POMIAR INWENTARYZACYJNY PĘKNIĘĆ PODŁUŻNYCH - SPĘKANIA POJEDYŃCZE WARSTWY WIAŻĄCEJ

| Lp. | Nr | Km | | Długość [m] | Uwagi |
|-----|------|----------|----------|-------------|-------|
| 1 | 23.1 | 0+098.42 | 0+103.05 | 4.6 | |
| 2 | 22 | 0+116.60 | 0+216.63 | 100.2 | |
| 3 | 16 | 0+592.69 | 0+594.78 | 2.1 | |
| 4 | 24.1 | 1+529.72 | 1+544.78 | 15.0 | |
| 5 | 26 | 1+613.52 | 1+619.61 | 6.2 | |
| 6 | 30 | 1+681.94 | 1+693.66 | 11.75 | |
| 7 | 33.1 | 1+801.49 | 1+811.17 | 9.7 | |
| 8 | 43.1 | 2+108.51 | 2+111.90 | 3.4 | |
| 9 | 47 | 2+306.59 | 2+320.40 | 13.8 | |
| 10 | 13 | 2+389.71 | 2+398.23 | 8.5 | |
| 11 | 12 | 2+590.73 | 2+637.05 | 46.40 | |
| 12 | 6.1 | 2+922.53 | 2+931.74 | 9.2 | |
| 13 | 6 | 2+945.71 | 2+979.07 | 33.4 | |
| 14 | 3 | 3+100.71 | 3+115.27 | 15.6 | |
| 15 | 1 | 3+175.20 | 3+226.29 | 51.1 | |
| | | SUMA | | 330.95 | |

Nazwa zadania : Przebudowa i rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 379 od ronda łącznik ul. Uczniowska do skrzyżowania ul. Strzegomska - Świdnicka - Noworudzka - 11 listopada w m. Walbrzych i na terenie Gminy Wałm

POMIAR INWENTARYZACYJNY PEKNIĘĆ POWIERZCHNIOWYCH WARSTWY WIAŻĄCEJ

| Lp. | Nr | Km | | Długość [m] | Powierzchnia [m ²] | Uwagi |
|-----|------|----------|----------|-------------|--------------------------------|-------|
| 1 | 38 | 1+952.36 | 1+987.81 | 35.45 | 33.1 | |
| 2 | 39 | 1+994.02 | 2+013.40 | 19.4 | 17.6 | |
| 3 | 40 | 2+022.79 | 2+028.66 | 5.9 | 4.3 | |
| 4 | 41.1 | 2+035.44 | 2+046.74 | 11.3 | 8.0 | |
| 5 | 42.1 | 2+051.65 | 2+073.62 | 22.0 | 17.6 | |
| 6 | 43 | 2+077.26 | 2+099.65 | 22.4 | 17.8 | |
| 7 | 7 | 2+979.07 | 2+999.62 | 20.55 | 4.4 | |
| 8 | 3 | 3+039.31 | 3+100.71 | 61.40 | 52.7 | |
| | | SUMA | | 198.40 | 155.5 | |