PRACOWNIA
DROGOWA
WALDEMAR CYSKE

TRASA Mirosław Klotzke
ul. Łąkowa 6 Rotmanka
83-010 Straszyn

BADANIA NOŚNOŚCI DROGI POWIATOWEJ LUBISZEWO – TUJA DROGA POWIATOWA NR 2344G ORAZ OCENA NOŚNOSCI KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

Opracował:

Dr inż. Waldemar Cyske

Rotmanka, kwiecień 2020

Rotmanka
ul. Borówkowa 51
83-010 Straszyn

+48 512 378 132
waldemar.cyske@pracowniadrogowa.eu
pracowniadrogowa.eu

NIP: 957-042-74-50
REGON: 192085958

SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA OPRACOWANIA 3
2. ZAKRES OPRACOWANIA 3
3. STAN KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI 3
4. MATERIAŁY WYJŚCIOWE 3
5. BADANIA NOŚNOŚCI 4
6. WNIOSKI Z BADAŃ NOŚNOŚCI ISTNIEJĄCEJ KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI 6
7. MOŻLIWE TECHNOLOGIE WZMOCNIENIA 7
8. OBLICZENIA WZMOCNIENIA METODAMI MECHANISTYCZNYMI 7
9. UWAGI TECHNOLOGICZNE 8

BADANIA NOŚNOŚCI DROGI POWIATOWEJ LUBISZEWO – TUJA DROGA POWIATOWA NR 2344G ORAZ OCENA NOŚNOSCI KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia formy Trasa Mirosław Klotzke z marca 2020 r.

2. Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzą:

- Badania ugięć sprężystych na drodze powiatowej Lubiszewo–Tuja nr 2344G.
- Ocena nośności istniejącej konstrukcji nawierzchni.
- Możliwości wykonania wzmocnienia.

3. Stan konstrukcji nawierzchni

Istniejąca konstrukcja nawierzchni jest w złym stanie technicznym, występują następujące uszkodzenia:

- nieregularne spękania siatkowe na całej powierzchni jezdni, najwięcej w prawych śladach kół pojazdów (do 1 m od krawędzi jezdni),
- nierówności poprzeczne, zwłaszcza w obrębie śladu prawego koła pojazdu o głębokości niekiedy przekraczającej 10 cm,
- nierówności podłużne związane z nierównomiernym osiadaniem podłoża.

4. Materiały wyjściowe

W opracowaniu wykorzystano następujące materiały:

[1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.

[2] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. IBDiM Warszawa 2001.

[3] Graczyk M.; Nośność konstrukcji nawierzchni wielowarstwowych w krajowych warunkach klimatycznych. IBDiM. Zeszyt 63. Warszawa 2010.

[4] Załącznik do Zarządzenia nr 31 GDDKiA z 16.06.2014, Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. Politechnika Gdańska, 2014,

5. Badania nośności

Badania nośności nawierzchni ocenianej drogi wykonano zgodnie z normą BN-70/8931-06 „Drogi samochodowe. Pomiar ugięć nawierzchni podatnych ugięciomierzem belkowym". Badania ugięć sprężystych wykonano na każdym pasie ruchu w odstępach co 25 m. stosowano pomiar mijankowy wykonując badania naprzemiennie na pasach ruchu co 12,5 m.

Do badań wykorzystano samochód ciężarowy o pojedynczej osi tylnej z kołem bliźniaczym oraz ugięciomierz Benkelmana z czujnikiem o dokładności do 0,01 mm. Samochód ciężarowy był załadowany i zważony – jego tylna oś miała obciążenie 10 ton.

Badania wykonano w dniu 20.03.2020r. W czasie badań panowała pochmurna pogoda z przejaśnieniami. Temperaturę nawierzchni mierzono za pomocą pirometru – na jej powierzchni. Analiza zachowania termicznego pokazuje, że w środku grubości warstw asfaltowych temperatura nie przekraczała ~10°C.

Wyniki pomiarów ugięć sprężystych pokazano w tablicy 1.

Tablica 1. Wyniki pomiarów ugięć sprężystych

ODLEGŁOŚĆ	**STRONA PRAWA**		**STRONA LEWA**		**STRONA PRAWA**	**STRONA LEWA**
[m]	**WYNIK POMIARU [mm]**				**UGIĘCIE SPRĘŻYSTE [mm]**	**UGIĘCIE SPRĘŻYSTE [mm]**
0	3,9	3,2	2,73	1,75	**1,40**	**1,96**
25	5,84	5,03	2,12	1,4	**1,62**	**1,44**
50	1,95	1,4	2,19	2,02	**1,10**	**0,34**
75	3,56	3,2	3,19	2,74	**0,72**	**0,90**
100	3,05	2,68	2,48	1,94	**0,74**	**1,08**
125	1,95	1,21	5,92	5,28	**1,48**	**1,28**
150	2,16	1,63	2,82	2,21	**1,06**	**1,22**
175	2,38	1,98	1,08	0,44	**0,80**	**1,28**
200	3,94	3,19	1,33	0,58	**1,50**	**1,50**
225	2,85	2,2	1,71	1,25	**1,30**	**0,92**
250	3,34	3,02	1,97	1,43	**0,64**	**1,08**
275	3,35	2,92	1,5	0,91	**0,86**	**1,18**
300	2,6	2,06	8,46	7,83	**1,08**	**1,26**
325	3,41	2,9	2,51	1,65	**1,02**	**1,72**
350	2,14	1,31	1,51	0,72	**1,66**	**1,58**
375	2,57	1,63	1,45	0,44	**1,88**	**2,02**
400	6,99	6,15	2,66	1,48	**1,68**	**2,36**
425	7,31	6,6	2,65	1,99	**1,42**	**1,32**

450	6,21	5,7	1,74	1,32	**1,02**	**0,84**
475	1,67	0,97	3,02	2,42	**1,40**	**1,20**
500	2,61	2,02	3,11	2,5	**1,18**	**1,22**
525	1,87	1,5	9,07	8,32	**0,74**	**1,50**
550	2,17	1,57	1,95	1,23	**1,20**	**1,44**
575	1,16	0,4	1,24	0,59	**1,52**	**1,30**
600	2,91	2,21	1,96	1,49	**1,40**	**0,94**
625	2,25	1,66	5,14	4,38	**1,18**	**1,52**
650	3,58	2,73	2,85	1,9	**1,70**	**1,90**
675	2,51	1,89	2,42	1,64	**1,24**	**1,56**
700	3,37	2,67	7,81	7,04	**1,40**	**1,54**
725	3,45	2,8	4,26	3,42	**1,30**	**1,68**
750	1,42	0,98	2,9	2,16	**0,88**	**1,48**
775	2,04	1,58	3,5	3,15	**0,92**	**0,70**
800	2,17	1,41	4,8	4,25	**1,52**	**1,10**
825	2,88	2,41	2,14	1,41	**0,94**	**1,46**
850	4,79	4,26	3,79	3,26	**1,06**	**1,06**
875	5	4,4	2,26	1,29	**1,20**	**1,94**
900	7,34	6,56	4,05	3,51	**1,56**	**1,08**
925	1,54	0,92	6,98	6,2	**1,24**	**1,56**
950	2,45	1,82	1,73	1	**1,26**	**1,46**
975	3,98	3,28	3,12	2,38	**1,40**	**1,48**
1000	1,86	1,19	3,84	2,76	**1,34**	**2,16**
1025	2,64	1,98	2,01	1,29	**1,32**	**1,44**
1050	3,8	3,14	3,1	2,17	**1,32**	**1,86**
1075	2,78	2,04	2,43	1,69	**1,48**	**1,48**
1100	2,1	1,52	1,8	1,06	**1,16**	**1,48**
1125	1,58	1	2,8	2,24	**1,16**	**1,12**
1150	2,06	1,5			**1,12**	
Ugięcie średnie					**1,24**	**1,39**
Odchylenie standardowe					**0,2875**	**0,3867**
Ugięcie miarodajne					**1,81**	**2,16**
f(t) dla 10°C					**1,2**	**1,2**
f(s)					**1**	**1**
f(p)					**1**	**1**
Ugięcie obliczeniowe					**2,17**	**2,60**
Potrzebne wzmocnienie (dla ruchu KR2 - 500 000 osi 100 kN) w przeliczeniu na tłuczeń					**48 cm kruszywa**	**poza zakresem wykresu, szacunkowo 60 cm kruszywa**
Potrzebne wzmocnienie w przeliczeniu na warstwy asfaltowe					**24 cm**	**30 cm**

Obliczenia ugięć miarodajnych wykonano zgodnie ze wzorem podanym w Katalogu [2]:

$$U_m = U_{śred} + 2S_U$$

gdzie:

U_m – ugięcie miarodajne,
$U_{śred}$ – ugięcie średnie,
S_U – odchylenie standardowe.

Do wyznaczenia ugięcia obliczeniowego wykorzystano wzór z Katalogu [2]

$$U_{obl} = U_m f_T f_S f_P$$

gdzie:

U_{obl} – ugięcie obliczeniowe,
f_T – współczynnik temperaturowy,
f_S – współczynnik sezonowości,
f_P – współczynnik podbudowy.

Współczynniki temperaturowe obliczano jako średnią z całego odcinka, zgodnie ze wskazaniami pirometru, ze wzoru podanego w Katalogu [2]

$$f_T = 1 + 0{,}02(20 - T)$$

gdzie: T – temperatura nawierzchni w czasie badania (przyjęto 10°C).

Pomiary temperatury wykonywano kilka razy w ciągu prowadzonych badań, a do dalszych obliczeń przyjmowano wartość średnią ze wskazań pirometru z oszacowaniem temperatury w środku grubości warstw asfaltowych.

Współczynnik sezonowości, dla wszystkich badanych odcinków, przyjęto jednakowy zgodnie z Zeszytem S 63 [3] (dla pomiarów przeprowadzonych w marcu):

$$f_s = 1{,}0$$

Współczynnik podbudowy przyjęto w wartości f_P = 1,0 ze względu na występowanie na wszystkich odcinkach podbudowy podatnej z podatnej z kruszywa.

Ze względu na pracę konstrukcji nawierzchni i możliwości jej wzmocnienia miarodajny jest zawsze pas drogi o mniejszej nośności – większym ugięciu (wartości zacienione).

6. Wnioski z badań nośności istniejącej konstrukcji nawierzchni

Istniejąca konstrukcja nawierzchni ma bardzo małą nośność, lokalnie ugięcia sprężyste przekraczają 2 mm. Wyniki badań i przeprowadzone na ich podstawie obliczenia nośności potwierdzają stan istniejącej konstrukcji nawierzchni.

7. Możliwe technologie wzmocnienia

Biorąc pod uwagę stan techniczny istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz wyniki pomiarów nośności można wziąć pod uwagę następujące sposoby wzmocnienia:

1. Rozkruszenie istniejących warstw asfaltowych nawierzchni i potraktowanie ich jako podłoże nowej konstrukcji nawierzchni. Rozkruszenie miałoby na celu zmniejszenie ryzyka przenoszenia spękań istniejącej nawierzchni na nowe warstwy asfaltowe.
2. Pozostawienie istniejącej nawierzchni bez zmian, wykonanie warstwy wyrównawczej z mieszanki kruszywa niezwiązanego 0/31,5, pełniącego jednocześnie rolę warstwy podbudowy i warstwy wyrównawczej. Wadą rozwiązania jest konieczność większego podniesienia niwelety drogi.
3. Naprawa lokalnych nierówności, ułożenie na całej powierzchni geosyntetyku przeciwspękaniowego i wykonanie nowych warstw asfaltowych, zgodnie z wynikami obliczeń. Istniejąca konstrukcja nawierzchni będzie traktowana jako podłoże nawierzchni.

Do dalszych analiz przyjęto wariant 3.

8. Obliczenia wzmocnienia metodami mechanistycznymi

Obliczenie nośności istniejącej (spękanej) konstrukcji nawierzchni wykonano stosując wzór Boussinesqa.

$$E_{zast} = \frac{q\,D\,(1-\nu^2)}{w}$$

gdzie:

E_{zast} - moduł zastępczy wyznaczony na powierzchni warstw konstrukcji nawierzchni,
q – ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią, q = 650 kPa,
D - średnica śladu zastępczego koła, D = 0,313 m,
ν – współczynnik Poissona, ν = 0,3,
w – ugięcie na powierzchni dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, obliczone z teorii półprzestrzeni wielowarstwowej.

Biorąc pod uwagę wyniki badania nośności i ugięcia obliczeniowe otrzymano nośność istniejącej nawierzchni określoną modułem odkształcenia:

E = 71 MPa.

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej wzmocnienia przedstawiono w tablicy 2. Do obliczeń przyjęto stałe materiałowe nowych warstw asfaltowych zgodnie z Katalogiem [4].

Tablica 2. Obliczona trwałość zmęczeniowa wzmocnienia

Nowe warstwy asfaltowe	Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękanie warstw asfaltowych	Trwałość zmęczeniowa ze względu na deformacje trwałe
4+4 cm (2 razy warstwa ścieralna)	893 000 osi 100 kN	3 000 osi 100 kN
4+5 cm (2 razy warstwa ścieralna)	960 000 osi 100 kN	6 300 osi 100 kN
4+6 cm (2 razy warstwa ścieralna)	1 300 000 osi 100 kN	12 900 osi 100 kN
4+7 cm (2 razy warstwa ścieralna)	1 930 000 osi 100 kN	24 800 osi 100 kN
* Przy zastosowaniu siatki zbrojącej pod warstwą wiążącą można założyć, że trwałość zmęczeniowa będzie dwukrotnie większa		

Ze względu na duże ugięcia istniejącej konstrukcji nawierzchni, jej mała nośność związaną ze złym stanem technicznych samej nawierzchni ale także występowaniu w podłożu gruntów organicznych (tereny Żuław Wiślanych) przyjęto stosowanie warstw asfaltowych bogatych w miękkie lepiszcze asfaltowe i drobnoziarnistych, prostą metodą spełnienia tego wymagania jest zastosowanie podwójnej warstwy ścieralnej.

Innym sposobem jest zastosowanie mieszanki ścieralno-nośnej, stosowanej ostatnio na niektórych drogach lokalnych.

9. Uwagi technologiczne

Ze względu na małą nośność istniejącej konstrukcji nawierzchni wynikającą ze złego stanu technicznego samej nawierzchni ale także w znacznym stopniu z posadowienia drogi na terenach Żuław Wiślanych z występującymi w tym terenie gruntami organicznymi o dużej miąższości zaleca się zastosowanie w warstwach wzmacniających mieszanek asfaltowych o dużej zawartości miękkiego lepiszcza oraz o drobnym uziarnieniu.

Dodatkowo, pod warstwę wiążącą, należy zastosować siatkę wzmacniającą nie powodującą osłabienia połączenia międzywarstwowego.

Dr inż. Waldemar Cyske

Rotmanka
ul. Borówkowa 51
83-010 Straszyn

+48 512 378 132
waldemar.cyske@pracowniadrogowa.eu
pracowniadrogowa.eu

NIP: 957-042-74-50
REGON: 192085958