

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni**

N-4385

**Ocena nośności
drogi wojewódzkiej nr 805 w miejscowości
Grabianka**

Opracowanie:

dr inż. Wojciech Bańkowski
mgr inż. Tomasz Mechowski

Zatwierdził:



dr inż. Wojciech Bańkowski

Warszawa, 07.05.2019

1. Podstawa opinii

Opinię przygotowano na podstawie zlecenia z dnia 25.04.2019 wystawionego przez firmę ARS Projekt Agnieszka Sanojca, ul. Słoneczna 3, 05-311 Dębe Wielkie.

2. Cel i zakres pracy

Celem opinii jest wstępna ocena nośności drogi wojewódzkiej nr 805 w miejscowości Grabianka, gmina Osieck, powiat Otwocki, w km 12+953.71 do km 13+877.80. Zgodnie ze zleceniem zakres pracy obejmuje wyznaczenie obciążenia ruchem na podstawie pomiarów GPR 2015, wykonanie badania FWD, wstępną ocenę nośności oraz wstępną ocenę wzmocnienia.

3. Wyznaczenie kategorii ruchu

3.1. Dane do obliczeń

Do wyznaczenia kategorii ruchu wykorzystano wyniki Generalnego Pomiaru Ruchu z roku 2015 (GPR 2005) dostępny na stronach Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad [1,2].

W roku 2015 przedmiotowy odcinek znajdował się na jednym odcinku pomiarowym Osieck-Pilawa, punkt pomiarowy 14285.

Zgodnie z metodyką podaną w KPiRNPIP [3] do wyznaczenia kategorii ruchu (KR) wykorzystuje się dane o średnim dobowym ruchu trzech kategorii pojazdów, tj. samochodów ciężarowych bez przyczep, samochodów ciężarowych z przyczepami i autobusów.

Tablica 1 Średni dobowy ruch wybranych kategorii pojazdów w roku 2005 i 2010

Kategoria pojazdu	Samochody ciężarowe bez przyczep	Samochody ciężarowe z przyczepami	Autobusy
Odcinek			
2015			
Osieck-Pilawa	201	85	18

3.2. Prognoza ruchu

Kategorię ruchu wyznacza się na podstawie liczby osi obliczeniowych 100 kN na dobę na pas obliczeniowy w 10 roku po oddaniu do eksploatacji lub na podstawie przewidywanej liczby psi obliczeniowych w obliczeniowym, 20-letnim okresie eksploatacji [3].

Zakładając oddanie do eksploatacji drogi w roku 2019 należy przyjąć, że obliczeniowy okres eksploatacji mija w roku 2038.

Wyznaczenie ruchu prognozowanego przeprowadzono zgodnie z zasadą oraz danymi zamieszczonymi w [4]. Według tej metody prognoza ruchu jest obliczana na podstawie prognozowanych wskaźników wzrostu Produktu Krajowego Brutto. Wskaźniki wzrostu ruchu obliczane są metodą podaną w [5].

Obliczenia przeprowadzono w dwóch wariantach: na podstawie pomiaru GPR 2015.

Wyniki obliczeń prognozy średniego dobowego ruchu (SDR) przedstawiono w tablicach 2-3.

Tablica 2 Obliczenia prognozowanego SDR pojazdów ciężkich i autobusów na odcinku DW 805 Osieck-Pilawa

Rok	Prognoza PKB, %	Samochody ciężarowe bez przyczep			Samochody ciężarowe z przyczepami		Autobusy	
		Wskaźnik elastyczności	Wskaźnik wzrostu ruchu	Prognoza SDR	Wskaźnik elastyczności	Wskaźnik wzrostu ruchu	Prognoza SDR	Wskaźnik wzrostu ruchu
2019	3.8	0.35	1.0133	213	1.00	1.0380	100	1.0
2020	3.8	0.35	1.0133	215	1.00	1.0380	103	1.0
2021	3.9	0.35	1.0137	218	1.00	1.0390	107	1.0
2022	3.8	0.35	1.0133	221	1.00	1.0380	112	1.0
2023	3.7	0.35	1.0130	224	1.00	1.0370	116	1.0
2024	3.6	0.35	1.0126	227	1.00	1.0360	120	1.0
2025	3.4	0.35	1.0119	230	1.00	1.0340	124	1.0
2026	3.4	0.35	1.0119	232	1.00	1.0340	128	1.0
2027	3.6	0.35	1.0126	235	1.00	1.0360	133	1.0
2028	3.5	0.35	1.0123	238	1.00	1.0350	137	1.0
2029	3.5	0.35	1.0123	241	1.00	1.0350	142	1.0
2030	3.5	0.35	1.0123	244	1.00	1.0350	147	1.0
2031	3.4	0.35	1.0119	247	1.00	1.0340	152	1.0
2032	3.4	0.35	1.0119	250	1.00	1.0340	157	1.0
2033	3.4	0.35	1.0119	253	1.00	1.0340	163	1.0
2034	3.4	0.35	1.0119	256	1.00	1.0340	168	1.0
2035	3.4	0.35	1.0119	259	1.00	1.0340	174	1.0
2036	3.2	0.35	1.0112	262	1.00	1.0320	179	1.0
2037	3.2	0.35	1.0112	265	1.00	1.0320	185	1.0
2038	3.1	0.35	1.0109	268	1.00	1.0310	191	1.0

3.3. Wyznaczenie liczby osi obliczeniowych

Liczbę osi obliczeniowych wyznacza się wg wzoru [3]:

$$L = (N_1 \cdot r_1 + N_2 \cdot r_2 + N_3 \cdot r_3) \cdot f_1 \quad (1)$$

w którym:

L - liczba osi obliczeniowych na dobę na pas obliczeniowy w okresie projektowym 20 lat,

f_1 - współczynnik obliczeniowego pasa ruchu, $f_1 = 0,5$,

N_1 - liczba samochodów ciężarowych bez przyczep w przekroju drogi,

N_2 - liczba samochodów ciężarowych z przyczepami w przekroju drogi,

N_3 - liczba autobusów w przekroju drogi,

r_1, r_2, r_3 - współczynniki przeliczeniowe samochodów ciężarowych i autobusów na osie obliczeniowe, wyznaczone wg tablicy 3.

W tablicy 4 przedstawiono wyniki wyznaczenia liczby osi obliczeniowych 100 kN w poszczególnych latach.

Tablica 3 Współczynniki przeliczeniowe grup pojazdów na osie obliczeniowe 100 kN [3]

Rodzaj pojazdu	Współczynnik przeliczeniowy na osie 100 kN
Samochody ciężarowe bez przyczep	$r_1=0,45$
Samochody ciężarowe z przyczepami	$r_2=1,6$
Autobusy	$r_3=1,05$

Tablica 4 Wyznaczenie liczby osi obliczeniowych 100 kN na pas w poszczególnych latach

Rok	Liczba osi obliczeniowych na pas w poszczególnych latach
2019	48 793
2020	50 204
2021	51 632
2022	53 004
2023	54 422
2024	55 927
2025	57 443
2026	58 970
2027	60 505
2028	62 001
2029	63 543
2030	65 225
2031	66 914
2032	68 656
2033	70 453
2034	72 255
2035	74 112
2036	76 027
2037	78 000
2038	80 036
Łącznie	1 369 620

Na podstawie wyznaczonej liczby osi obliczeniowych w okresie eksploatacji wyznaczono kategorię ruchu KR3 (przedział od 0,5 do 2,5 mln osi).

4. Pomiary ugięć metodą FWD

Pomiary ugięć wykonano w dniu 6 maja 2019 ugięciomierzem dynamicznym FWD (*Falling Weight Deflectometer*, fot.1). Ugięcie nawierzchni pod wpływem zadanego obciążenia mierzone jest przy pomocy czujników ugięć nazywanych geofonami. Ugięciomierz FWD posiadający możliwość maksymalnego obciążenia do 120 kN, symuluje nacisk wywierany przez samochód ciężarowy poruszający się z prędkością 35-40 km/h.

W badaniach zastosowano płytę naciskową o średnicy 300 mm z czujnikiem centralnym i zestawem ośmiu czujników umieszczonych w odległościach 200 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm, oraz 1800 mm od centrum obciążenia. Wyniki pomiarów ugięć nawierzchni zestawiono w tablicach 5-6.



Fotografia 1 Ugięciomierz dynamiczny FWD

Tablica 5 Wyniki pomiarów ugięć na pasie prawym

Station km	Stress kPa	Force kN	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	D7 μm	D8 μm	D9 μm
12.954	710	50.2	284	241	211	173	142	95	66	48	37
12.975	707	49.9	301	247	212	171	139	96	69	53	42
13.000	708	50.1	399	321	266	205	158	102	71	51	39
13.025	707	50.0	493	408	353	292	241	167	118	84	60
13.050	708	50.0	433	385	343	305	261	158	102	76	57
13.075	709	50.1	348	302	250	202	168	121	86	66	47
13.100	705	49.8	367	281	222	165	126	80	55	39	29
13.125	705	49.9	393	304	254	201	162	103	68	44	32
13.150	703	49.7	436	326	261	189	144	93	65	49	38
13.176	705	49.8	490	425	374	304	250	169	112	70	49
13.200	707	50.0	615	441	310	214	155	98	70	60	48
13.225	702	49.6	556	428	345	257	196	120	82	63	53
13.250	706	49.9	565	474	410	334	270	186	131	95	71
13.275	708	50.0	573	480	404	314	242	151	99	69	53
13.300	703	49.7	611	468	385	286	210	127	85	64	51
13.325	708	50.0	395	346	312	257	212	141	97	71	55
13.351	706	49.9	363	307	265	211	166	106	75	56	45
13.375	707	50.0	454	389	339	268	211	131	88	65	52
13.400	706	49.9	374	325	290	240	194	131	91	66	52
13.425	706	49.9	442	345	291	230	184	122	85	63	50
13.450	705	49.8	497	407	350	277	223	149	103	74	55
13.476	706	49.9	526	442	376	290	220	130	85	62	50
13.500	706	49.9	562	463	399	314	245	147	96	68	53
13.525	702	49.6	595	461	380	293	223	137	91	67	52
13.550	708	50.0	516	446	390	310	248	158	103	71	54
13.575	705	49.9	491	415	357	281	220	135	89	63	50
13.600	706	49.9	402	342	299	238	188	118	78	54	40
13.626	708	50.0	286	255	231	195	159	106	70	49	39
13.650	705	49.8	215	192	177	155	134	97	71	52	39
13.675	704	49.8	223	198	181	156	135	97	71	53	41
13.700	707	50.0	325	283	252	207	167	107	71	50	38
13.726	702	49.6	408	325	265	199	147	88	56	41	35
13.750	705	49.8	392	307	251	185	138	81	56	43	34
13.775	707	50.0	468	359	286	209	154	93	64	48	38
13.800	704	49.8	661	517	419	306	227	141	98	72	57
13.825	703	49.7	386	310	258	199	154	96	66	48	37
13.851	705	49.9	238	216	202	181	156	117	84	60	43
13.875	702	49.6	406	328	276	217	174	116	80	58	44

Tablica 6 Wyniki pomiarów ugięć na pasie lewym

Station km	Stress kPa	Force kN	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	D7 μm	D8 μm	D9 μm
13.875	705	49.8	588	467	387	293	224	139	90	62	46
13.850	707	49.9	515	393	313	229	178	118	81	59	44
13.825	703	49.7	585	442	354	262	200	129	89	65	48
13.800	705	49.9	603	471	372	279	218	141	101	74	58
13.774	705	49.8	452	345	283	214	166	110	78	58	44
13.750	705	49.8	458	341	269	193	140	85	60	45	37
13.725	706	49.9	424	341	285	216	164	102	70	50	40
13.700	704	49.7	447	317	247	183	147	101	73	55	44
13.675	704	49.8	550	401	308	200	154	108	77	61	51
13.650	702	49.6	448	351	288	219	168	106	73	55	45
13.625	703	49.7	516	395	319	230	167	97	63	47	39
13.600	699	49.4	587	415	316	223	162	97	67	51	40
13.574	707	50.0	526	419	346	256	190	112	76	57	46
13.549	704	49.7	658	510	401	280	202	114	75	54	42
13.524	703	49.7	643	474	378	278	207	126	83	62	48
13.500	701	49.5	526	378	290	207	154	99	71	54	43
13.475	705	49.9	437	355	300	233	183	123	90	70	58
13.450	703	49.7	438	325	257	190	148	99	74	57	46
13.424	703	49.7	445	338	273	205	162	111	82	64	48
13.400	704	49.7	513	360	263	179	132	94	72	57	47
13.374	704	49.8	593	409	303	207	153	105	80	63	51
13.350	700	49.5	360	289	243	191	149	98	72	53	42
13.325	705	49.9	542	395	315	238	192	131	94	69	54
13.300	704	49.8	591	455	362	286	225	147	101	74	57
13.275	702	49.6	538	441	365	276	206	127	87	62	50
13.250	705	49.9	563	442	381	309	250	173	124	92	70
13.225	703	49.7	480	404	349	282	222	144	98	69	53
13.200	702	49.6	455	338	286	224	176	110	73	52	40
13.175	700	49.5	392	333	290	232	184	117	77	55	42
13.150	706	49.9	394	295	238	172	133	81	55	41	33
13.125	703	49.7	418	313	251	183	135	82	56	41	31
13.100	705	49.8	452	346	274	194	140	78	49	34	27
13.075	705	49.8	493	389	320	241	181	106	68	47	37
13.050	704	49.8	488	397	334	254	193	117	78	56	43
13.025	705	49.8	484	399	338	261	200	121	78	55	43
13.000	705	49.9	521	385	308	221	164	98	65	47	37
12.975	705	49.8	428	326	261	187	140	83	56	42	34
12.955	705	49.8	445	343	282	213	162	100	68	48	37

5. Analiza wyników badania nośności

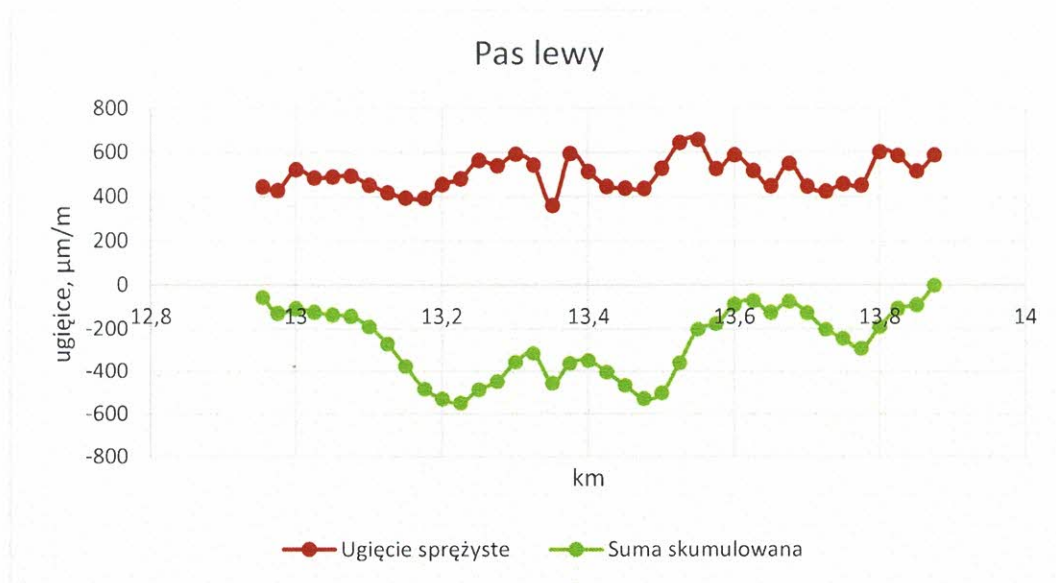
Wyniki badań ugięć sprężystych zostały poddane analizie, której celem było wyznaczenie wartości ugięcia obliczeniowego. Zastosowano metodykę według Katalogu [3]. Na rysunkach 1-3 przedstawiono wykresy ugięcia D1 wykonane na pasie lewym, prawym oraz wykres zbiorczy dla całego przekroju drogi. Naniesiono również wykresy sumy skumulowanej, które służą do podziału na odcinki jednorodne.



Rysunek 1 Ugięcia sprężyste dla całego przekroju drogi



Rysunek 2 Ugięcia sprężyste na pasie prawym

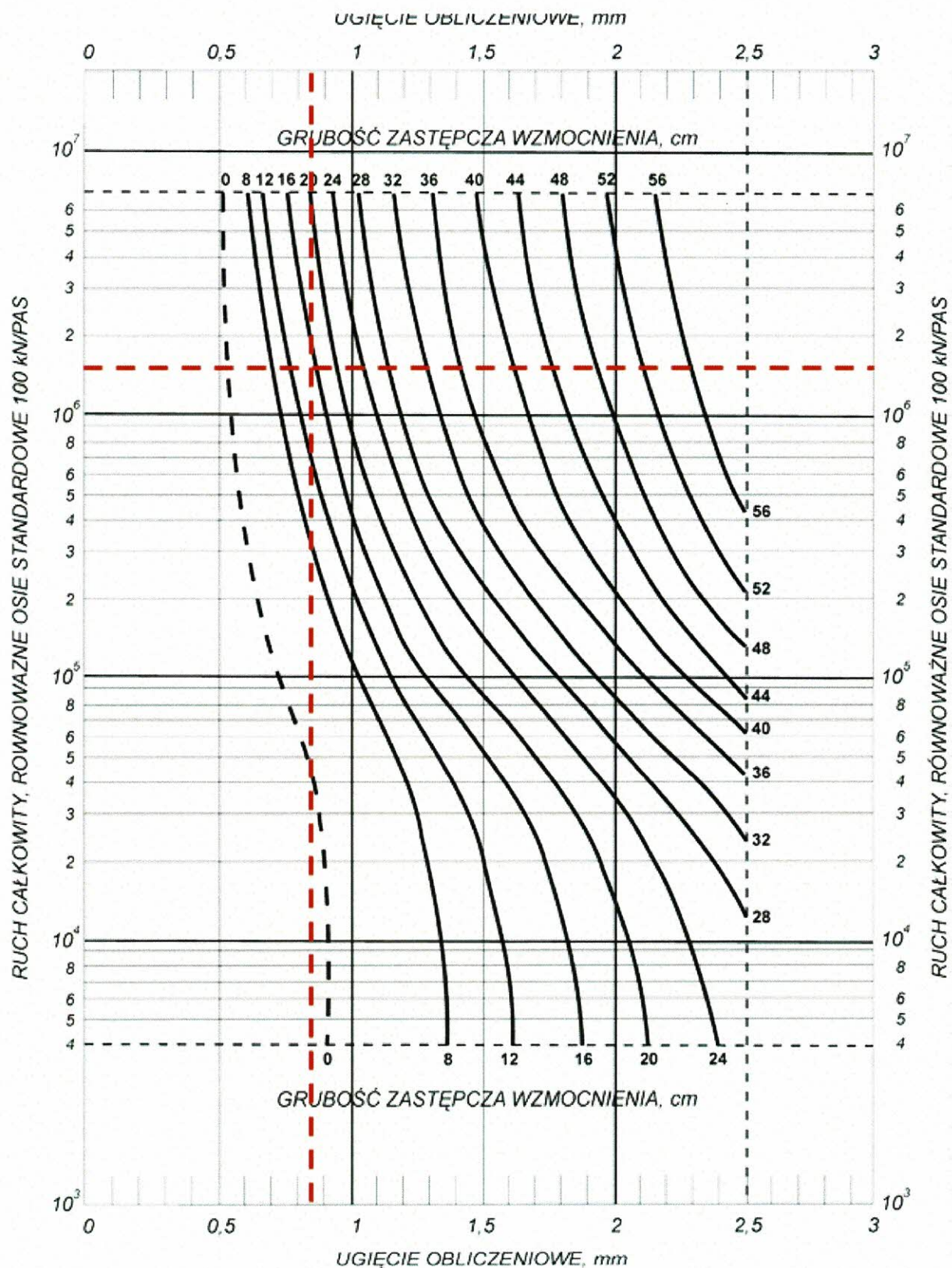
**Rysunek 3 Ugięcia sprężyste na pasie lewym**

W tabelicy 7 przedstawiono wyniki ugięć obliczeniowych wyznaczone w różnych wariantach (pas lewy, prawy, cały przekrój oraz wybrane odcinki jednorodne). Przedstawione wyniki wskazują, że ugięcia obliczeniowe są dość jednorodne na poziomie 0,8-0,84 mm. Z tego względu, jak również z uwagi na niewielką długość odcinka, podział na odcinki jednorodne nie jest konieczny. Do wyznaczenia grubości zastępczej nakładki przyjęto wartość maksymalną. Z uwagi na brak informacji o konstrukcji nawierzchni przyjęto współczynnik jak dla konstrukcji podatnej.

Tabela 7 Wyniki analizy ugięć sprężystych

Pas	Odcinek jednorodny		Ugięcia, μm			
	od, km	do, km	U_{sred}	S_U	U_m	U_{obl}
P+L	12+953,71	13+877,80	467	100	668	0.84
P	12+953,71	13+877,80	434	113	661	0.83
L	12+953,71	13+877,80	500	73	645	0.81
L	13+200	13+400	515	74	664	0.84
P	13+200	13+300	584	27	638	0.80

Odnosząc wyniki badania ugięć do nomogramu (rysunek 4) wyznaczono grubość zastępczą wzmocnienia równą 16 cm, co w przeliczeniu na warstwy asfaltowe oznacza konieczność wykonania nakładki o grubości 8 cm. Tym samym należy uznać, że trwałość zmęczeniowa nawierzchni została wyczerpana i wymaga ona wzmocnienia.



Rysunek 4 Wyznaczenie grubości zastępczej nakładki wzmacniającej metodą nomogramu

6. Obecny stan nawierzchni

Przy okazji wykonania badań nośności dokonano ogólnych oględzin nawierzchni, które wykazały zróżnicowany stan i występowanie różnych uszkodzeń. W nawierzchni występują różnego rodzaju spękania: poprzeczne, podłużne oraz siatkowe (zmęczeniowe), ubytki, wypłamienia, uszkodzenia krawędzi nawierzchni oraz łaty po wykonywanych naprawach doraźnych. Spękania w większości są otwarte, nieuszczelnione. W nawierzchni nie stwierdzono wyraźnych kolein, jednak to powinno zostać potwierdzone badaniami. Poczynione obserwacje świadczą o wyczerpaniu nośności nawierzchni i potwierdzają konieczność wykonania prac remontowych.



Rysunek 5 Przykładowe uszkodzenia na nawierzchni



Rysunek 6 Przykładowe uszkodzenia nawierzchni



Rysunek 7 Przykładowe uszkodzenia nawierzchni



Rysunek 8 Przykładowe uszkodzenia nawierzchni



Rysunek 9 Przykładowe uszkodzenia nawierzchni

7. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań FWD, analizy uzyskanych wyników oraz ogólnej oceny wizualnej nawierzchni należy stwierdzić, że nośność nawierzchni została wyczerpana. Świadczą o tym również występujące spękania o charakterze zmęczeniowym. Nawierzchnia posiada również liczne uszkodzenia o innym charakterze. Wykonanie remontu nawierzchni jest niezbędne, ponieważ jej stan będzie coraz szybciej się pogarszał.

W związku z wyczerpaniem nośności na podstawie metody ugięć określono minimalną grubość nakładki z nowych warstw asfaltowych równą 8 cm. Oznacza to przebudowę „w górę”. Można rozważyć wykonanie projektu metodą mechanistyczną, co umożliwi wykonanie przebudowy tzw. mieszanej (góra-dół). W ten sposób jest potencjalnie możliwe ograniczenie podniesienia poziomu niwelety.

¹ <http://www.gddkia.gov.pl/pl/991/gpr-2005>

² <http://www.gddkia.gov.pl/pl/987/gpr-2010>

³ Katalog Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, GDDKiA/IBDiM 2014

⁴ Załącznik 1 z dnia 14 marca 2007r. - "Prognozy wskaźnika wzrostu PKB na okres 2007 - 2037 do celów planistyczno projektowych dla dróg krajowych", <http://www.gddkia.gov.pl/pl/992/zalozenia-do-prognoz-ruchu>

⁵ Załącznik 2 z dnia 14 marca 2007 r. - "Zasady prognozowania wskaźników wzrostu ruchu wewnętrznego na okres 2007 - 2037 na sieci drogowej do celów planistyczno projektowych", <http://www.gddkia.gov.pl/pl/992/zalozenia-do-prognoz-ruchu>