

PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

dla zadania inwestycyjnego pn.:

**Przebudowa przepustu drogowego w ciągu drogi wojewódzkiej nr 494 w km
26+680 w m. Broniec wraz z dojazdami**

Nr dokumentacji: **M226 – C.2**
Nr umowy **Umowa nr 329/2022 z dnia 24.10.2022 r.**
Inwestor i **Zarząd Dróg Wojewódzkich w Opolu**
zamawiający: **45-231 Opole, ul. Oleska 127**
Obiekt: **PRZEPUST**
Lokalizacja: **województwo: opolskie, powiat: oleski, gmina: Olesno – obszar
wiejski
obręb 0012 Broniec, działki ewidencyjne: 119/92**
Branża **DROGOWA**

ZESPÓŁ PROJEKTOWY

Opracowali:	Imię i nazwisko	Nr i zakres uprawnień	Podpis
Projektant branża inżynierska (główny projektant)	mgr inż. Adam Stempniewicz	97/DOŚ/07 do projektowania bez ograniczeń w specjalności mostowej	

SPIS TREŚCI

1.	PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	3
2.	PODSTAWY OPRACOWANIA	4
2.1	PODSTAWY FORMALNE	4
2.2	PODSTAWY TECHNICZNE	4
2.3	OBOWIĄZUJĄCE PRZEPISY, NORMY ORAZ LITERATURA TECHNICZNA	5
3.	STAN ISTNIEJĄCY INWESTYCJI	5
4.	PODŁOŻE GRUNTOWE	5
5.	WARUNKI POSADOWIENIA	6
6.	RUCH PROGNOZOWANY	7
7.	OKREŚLENIE KATEGORII RUCHU	8
7.1	OKREŚLENIE EKSPLOATACJI NAWIERZCHNI	8
7.2	OKREŚLENIE RUCHU PROJEKTOWANEGO	8
8.	OKREŚLENIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI	10
9.	PODSUMOWANIE	11
	CZĘŚĆ GRAFICZNA	12
	ZAŁĄCZNIKI	14

CZĘŚĆ GRAFICZNA

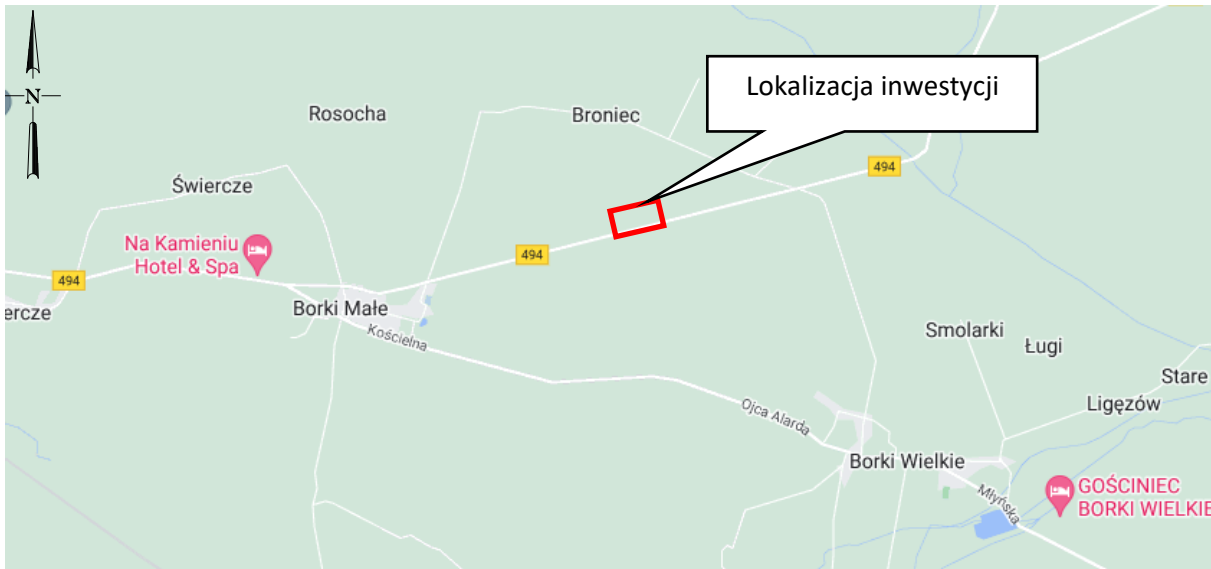
- Plan sytuacyjny oraz przekrój konstrukcji nawierzchni drogowej

ZAŁĄCZNIKI

- Zestawienie tabelaryczne oceny warunków gruntowo – wodnych dla projektowanych DW494
- Raport z obliczeń trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni metodą mechanistyczno-empiryczną

1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest przebudowa przepustu drogowego nad ciekim wraz z dojazdami drogi wojewódzkiej nr 494 w miejscowości Broniec. Projektuje się rozbiórkę istniejącego przepustu i budowę nowego w tej samej lokalizacji. Na rysunku nr 1.1 pokazano lokalizację inwestycji, na fotografii nr 1.2 przedstawiono widok obiektu istniejącego w terenie a na fotografii nr 1.3 przedstawiono widok drogi w terenie.



Rysunek 1.1. Lokalizacja obiektu na mapie



Rysunek 1.2 Zdjęcie obiektu w terenie



Rysunek 1.3 Widok drogi w terenie

Celem niniejszego opracowania jest wykonanie projektu konstrukcji nawierzchni dla przebudowy przepustu wraz z dojazdami drogi wojewódzkiej nr 494 w miejscowości Broniec.

Zakres niniejszego opracowania obejmuje wykonanie:

- przebudowę przepustu,
- przebudowę dojazdów.

2. PODSTAWY OPRACOWANIA

2.1 PODSTAWY FORMALNE

- Umowa nr 329/2022 z dnia 24.10.2022 r. zawarta pomiędzy Wykonawcą: FASYS MOSTY Sp. z o. o, ul. Powstańców Śl. 139A/3, 53-517 Wrocław i Zamawiającym: Województwem Opolskim – Zarządem Dróg Wojewódzkich w Opolu, ul. Oleska 127, 45-231 Opole.

2.2 PODSTAWY TECHNICZNE

- Oględziny obiektu, pomiary inwentaryzacyjne oraz dokumentacja fotograficzna wykonane w listopadzie 2022 r.

2.3 OBOWIĄZUJĄCE PRZEPISY, NORMY ORAZ LITERATURA TECHNICZNA

- Dokumentację opracowano stosując wytyczne Inwestora, obowiązujące przepisy, normy oraz zalecenia zawarte w literaturze technicznej.

3. STAN ISTNIEJĄCY INWESTYCJI

Przedmiotowy odcinek drogi wraz z przepustem zlokalizowany jest w miejscowości Broniec, gmina Olesno, powiat oleski, województwo opolskie. Obejmują swym zakresem ok. 100-metrowy odcinek drogi wojewódzkiej nr 494 – od km 26+630 do km 27+730.

Droga na tym odcinku ma szerokości jezdni ok. 6,30 m. Brak jest chodników, występują jedynie pobocza gruntowe. Przekrój poprzeczny drogi na tym odcinku ukształtowany jest w spadku daszkowym. Droga w planie jest prosta. Klasa drogi to G.

Przedmiotowy obiekt w km 26+680 jest drogowym przepustem, o schemacie statycznym łukowym. Rozpiętość teoretyczna w osiach podparcia jest równa ok. 1,10 m. Obiekt usytuowany jest pod skosem w planie. Przepust stanowi przeprawę dla drogi wojewódzkiej nr 494 nad Potokiem Boreckim. Ustrój nośny stanowi sklepienie ceglane o grubości ok. 0,30 m. Nad sklepieniem znajdują się warstwy podbudowy, na której znajdują się warstwy asfaltu. Na wlocie i wylocie obiektu znajdują się ceglano – kamienne ściany czołowe wraz ze skrzydłami. Obiekt (bez skrzydeł) ma długość ok. 12,90 m. Światło pionowe obiektu wynosi ok. 0,80 m, światło poziome wynosi ok. 0,80 m. Brak jest danych dotyczących posadowienia obiektu. Przewiduje się, że obiekt posadowiono bezpośrednio na gruncie.

4. PODŁOŻE GRUNTOWE

W celu ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektu w ramach przedmiotowej inwestycji sporządzono opracowania geotechniczne zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych ” (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2012 r., poz. 463). Opracowania zostały wykonane przez specjalistyczną firmę geotechniczną.

Projektowaną inwestycję wg Rozporządzenia MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012r „w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych” (Dz. U. z dnia 27 kwietnia 2012r., poz. 463) należy zaliczyć do trzeciej kategorii geotechnicznej. Podłoże charakteryzują skomplikowane warunki gruntowe.

Budowa geologiczna

Podłoże gruntowe reprezentowane jest przez utwory holoceny oraz osady plejstoceny. Przyjęto następującą klasyfikację gruntów:

- holoceny – grunty antropogeniczne (Q_{hn}), grunty organiczne (Q_{hh}).
- plejstocen – grunty zwałowe (Q_{pg}), utwory zastoiskowe (Q_{pl}).

Budowa hydrologiczna

W trakcie wykonywania prac wiertniczych w obrębie terenu badań, do głębokości 3,0 – 8,0 m p. p. t. nie stwierdzono występowania wód gruntowych. Stwierdzono natomiast występowanie

sączeń wód podziemnych, w obrębie gruntów zastoiskowych przewarstwionych osadami piaszczystymi.

Charakterystyka wydzielonej serii i warstw geotechnicznych

Wszystkie zbadane grunty zostały podzielone na cztery warstwy geotechniczne w obrębie dwóch jednostek stratygraficzno – facjalnych.

Warstwy geotechniczne:

- I – do warstwy włączono gliny przewarstwione piaskiem średnim stwierdzone jedynie w otworze nr 1 w przelocie głębokości 1,0 – 1,6 m p.p.t.. Grunty są mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o przyjętej na podstawie badań laboratoryjnych charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,20$.
- IIa – gliny pylaste przewarstwione piaskami pylastymi lub piaskami drobnymi oraz pyły na pograniczu glin pylastych, stwierdzone w otworach 2 i 3 na głębokości 3,0 – 4,4 m p.p.t. włączono do tej warstwy. Grunty są mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o przyjętej charakterystycznej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,15$.
- IIb – do warstwy włączono gliny pylaste stwierdzone w otworze nr 1 na głębokości 1,6 m p. t., spągu nie osiągnięto do maksymalnej głębokości rozpoznania. W otworze nr 3 występuje w przelocie głębokości 1,8 – 3,0 m p.p.t. Ostateczna miąższość tej warstwy nie jest znana. Grunty są mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o przyjętej na podstawie badań laboratoryjnych wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,24$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,23 – 0,24$.
- IIc – iły pylaste miejscami występujące na pograniczu gliny pylastej związanej stwierdzone w punktach nr 2 - 4 . W punktach badawczych nr 2 i 3 warstwa jest dwudzielna, a jej osady występują w przelocie głębokości 1,2 – 3,5 m p.p.t. Ich strop nawiercono także na głębokości 3,5 – 4,4 m p.p.t., jednak spągu nie osiągnięto do maksymalnej głębokości rozpoznania. W otworze nr 4 strop warstwy nawiercono na głębokości 1,2 m p.p.t., a spągu nie osiągnięto wykonanymi wierceniami. Ostateczna miąższość tej warstwy nie jest znana. Grunty są mało wilgotne, w stanie twardoplastycznym, o przyjętej na podstawie badań laboratoryjnych wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,20$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,14 – 0,20$.

Pod względem własności filtracyjnych osady serii należą do gruntów słabo przepuszczalnych (pyły – $k = 10^{-6} – 10^{-5}$ m/s), oraz bardzo słabo przepuszczalnych (gliny , gliny pylaste $k = 10^{-8} – 10^{-6}$ m/s, iły pylaste $k = 10^{-12} – 10^{-8}$ m/s).

5. WARUNKI POSADOWIENIA

Wykonane prace geologiczne pozwoliły na rozpoznanie budowy geologicznej badanego odcinka. Grunty stanowiące podłoże podzielono na pakiety stratygraficzne, w obrębie których wydzielono warstwy geotechniczne. Ze względu na liniowy charakter inwestycji dla określenia charakterystyki podłoża przyjęto model, w którym podaje się dla odcinka kilometrąz trasy oraz grupę nośności podłoża w strefie przemarzania. Szczegóły dla określenia poszczególnych grup nośności podłoża pokazano w załączniku nr 1.

Odcinek trasy	Grupa nośności podłoża G	Geotechniczne warunki realizacji inwestycji
26+630 – 26+730 DW 494	G3/G4	podłoże należy doprowadzić do G1

6. RUCH PROGNOZOWANY

W ramach prac projektowych opracowano prognozę ruchu wykorzystując narzędzia do sieciowego modelowania ruchu. Do kalibracji matematycznego modelu sieci i ruchu na niej skorzystano z wyników pomiarów „Generalnego pomiaru ruchu 2020/21 na zamiejskiej sieci dróg wojewódzkich”, opracowanego przez Heller Consult sp. z o. o. w listopadzie 2021 r.

W tabeli poniżej zestawiono prognozowany ruch średniodobowy (SDR) z podziałem na kategorie pojazdów.

Rok	Pojazdy silnikowe ogółem	Motocykle	Samochody osobowe	Samochody dostawcze	Samochody ciężarowe bez przyczep i naczep	Samochody ciężarowe z przyczepami i naczepami	Autobusy	Ciągniki rolnicze
	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę	poj./dobę
2021	3147	23	2513	356	49	190	7	8
2022	3207	23	2565	359	50	195	7	8
2023	3267	23	2617	362	50	200	7	8
2024	3325	23	2667	365	51	205	7	8
2025	3385	23	2718	368	51	210	7	8
2026	3445	23	2770	371	52	215	7	8
2027	3507	23	2824	374	52	220	7	8
2028	3567	23	2875	377	52	225	7	8
2029	3629	23	2928	379	53	230	7	8
2030	3691	23	2982	382	53	235	7	8
2031	3752	23	3035	385	54	240	7	8
2032	3814	23	3088	388	54	246	7	8
2033	3877	23	3143	391	55	251	7	8
2034	3938	23	3195	393	55	256	7	8
2035	4000	23	3249	396	55	262	7	8
2036	4064	23	3304	399	56	267	7	8
2037	4128	23	3359	402	56	273	7	8
2038	4190	23	3413	404	57	278	7	8
2039	4250	23	3465	407	57	284	7	8
2040	4308	23	3515	409	57	289	7	8
2041	4376	23	3574	412	58	295	7	8
2042	4446	23	3634	415	58	301	7	8
2043	4516	23	3695	418	59	307	7	8
2044	4588	23	3757	421	59	314	7	8

7. OKREŚLENIE KATEGORII RUCHU

Kategorię ruchu na rozpatrywanym odcinku drogi wojewódzkiej określono zgodnie z załącznikiem do zarządzenia nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r. – Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych.

7.1 OKREŚLENIE EKSPLOATACJI NAWIERZCHNI

Projekt przewiduje przebudowę drogi wraz z wykonaniem nowej konstrukcji. W związku z powyższym przyjęto 20 letni okres eksploatacji konstrukcji. Założono, że przebudowywany odcinek drogi zostanie oddany do użytku w roku 2024.

7.2 OKREŚLENIE RUCHU PROJEKTOWANEGO

Ruch projektowy jest klasyfikowany poprzez określenie kategorii ruchu w zakresie od KR1 do KR7. Ruch rzeczywisty przeliczany jest na ruch projektowy wyrażony sumaryczną liczbą równoważnych osi standardowych. Klasyfikację ruchu projektowego ze względu na sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym N_{100} , wyrażoną w milionach, przedstawiono w tabeli poniżej.

Kategoria ruchu	N_{100} - sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowym [w milionach osi 100 kN na pas obliczeniowy]
1	2
KR1	$0,03 < N_{100} \leq 0,09$
KR2	$0,09 < N_{100} \leq 0,50$
KR3	$0,50 < N_{100} \leq 2,50$
KR4	$2,50 < N_{100} \leq 7,30$
KR5	$7,30 < N_{100} \leq 22,00$
KR6	$22,00 < N_{100} \leq 52,00$
KR7	$N_{100} > 52,00$

Przyjęto, że po drodze wojewódzkiej będą mogły poruszać się pojazdy o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi do 115 kN.

Ruch projektowy, czyli sumaryczną liczbę równoważnych osi standardowych 100 kN przypadającą na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym oblicza się według wzoru:

$$N_{100} = f_1 \times f_2 \times f_3 \times (N_C \times r_C + N_{C+P} \times r_{C+P} + N_A \times r_A)$$

gdzie:

N_{100} – ruch projektowy, czyli sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN w całym okresie projektowanym nawierzchni przypadająca na pas obliczeniowy;

N_C – sumaryczna liczba samochodów ciężarowych bez przyczep (C) w całym okresie projektowym;




N_{C+P} – sumaryczna liczba samochodów ciężarowych z przyczepami (C +P) w całym okresie projektowym;

N_A – sumaryczna liczba samochodów autobusów (A) w całym okresie projektowym;

r_C – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych bez przyczep (C) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tabeli poniżej;

r_{C+P} – współczynnik przeliczeniowy liczby samochodów ciężarowych z przyczepami (C+P) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tabeli poniżej;

r_A – współczynnik przeliczeniowy liczby autobusów (A) na liczbę osi standardowych 100 kN, wg tabeli poniżej;

Lp.	Kategoria pojazdów	Przykładowe typy pojazdów	Rodzaj drogi			
			Autostrady i drogi ekspresowe	Drogi krajowe	Pozostałe drogi	
Dopuszczalny nacisk osi pojedynczej przyjęte do projektowania nawierzchni						
115 kN	115 kN	115 kN	100 kN			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep C		0,50	0,50	0,45	0,45
2.	Samochody ciężarowe z przyczepami C+P		1,95	1,80	1,70	1,60
3.	Autobusy A		1,25	1,20	1,15	1,05

f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu, wg tabeli poniżej;

Lp.	Liczba pasów ruchu w dwóch kierunkach ruchu lub w jednym kierunku ruchu	Współczynnik f_1	
		N_C, N_{C+P} i N_A określone w dwóch kierunkach ruchu	N_C, N_{C+P} i N_A określone w jednym kierunku ruchu
1	2	3	4
1.	1	1,00	1,00
2.	2	0,50	0,90
3.	3	0,50	0,70
4.	4	0,45	0,70
5.	5	0,45	0,70
6.	6 i więcej	0,35	0,70

f_2 – współczynnik szerokości pasa ruchu, wg tabeli poniżej;

Lp.	Szerokość pasa ruchu (s)	Współczynnik
1	2	3
1.	$s \geq 3,50$ m	1,00
2.	$3,00 \leq s < 3,50$ m	1,06
3.	$2,75 \leq s < 3,00$ m	1,13
4.	$s < 2,75$ m	1,25

f_3 – współczynnik pochylenia niwelety, wg tabeli poniżej;

Lp.	Pochylenie niwelety drogi (i)	Współczynnik f_3
1	2	3
1.	$i < 6\%$	1,00
2.	$6\% \leq i < 7\%$	1,10
3.	$7\% \leq i < 9\%$	1,25
4.	$9\% \leq i < 10\%$	1,35
5.	$i \geq 10\%$	1,45

Z powyższych danych przyjęto:

- $N_c = 1154 \times 365 = 421060$ poj.; $N_{c+p} = 5401 \times 365 = 1971225$ poj.; $N_A = 147 \times 365 = 53655$ poj.
- $r_c = 0,45$; $r_{c+p} = 1,70$; $r_A = 1,15$;
- $f_1 = 0,5$; $f_2 = 1,0$; $f_3 = 1,0$.

Sumaryczna liczba równoważnych osi standardowych 100 kN przypadających na pas obliczeniowy w całym okresie projektowym:

$$N_{100} = 0,5 \times 1,0 \times 1,0 \times (421060 \times 0,45) + (1971225 \times 1,70) + (53655 \times 1,15) = 1801132 = 1,80 \text{ mln osi}$$

1,80 mln osi => KR3

8. OKREŚLENIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

Konstrukcję nawierzchni zaprojektowano zgodnie z Katalogiem typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Przyjęto następujące konstrukcje nawierzchni:

DROGA WOJEWÓDZKA NR 416 – KR3

- warstwa ścieralna mieszanka SMA 11S PMB 45/80-80 4 cm,
- warstwa wiążąca mieszanka AC 16W PMB 45/80-80 5 cm,
- podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego AC 22P PMB 45/80-80 7 cm,
- podbudowa zasadnicza z mieszanki kruszywowej niezwiązanej 20 cm
o uziarnieniu 0/31.5 C90/3,
- warstwa ulepszanego podłoża stabilizowanego dodatkiem hydrofobowym 40 cm

$$H_k (G4) = (4 + 5 + 7 + 20 + 40) = 76 \text{ cm} > 0,70 h_z = 0,70 \text{ cm}$$

Warunek mrozoodporności został spełniony

9. PODSUMOWANIE

Z powyższej analizy wynika, że dla przyjętego okresu eksploatacji (20 lat) prognozowane globalne obciążenie osiami obliczeniowymi wyniesie ok. **1,8 mln** osi 100kN/pas/20 lat (246,7 osi obliczeniowych na dobę * 365 dni * 20 lat). Raportu z obliczeń trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni metodą mechanistyczno – empiryczną wykazują trwałość konstrukcji nawierzchni **3,8** mln osi 100kN/pas/20lat. Porównując powyższe dane należy stwierdzić, że układ warstw konstrukcyjnych został dobrze dobrany oraz spełnia wymogi dla kategorii ruchu **KR3**.

CZĘŚĆ GRAFICZNA

ZAŁĄCZNIKI

Tabela nr 1 - DW 494																		
nr. otworu	głębokość otworu	kilometraż otworu	km początkowy	km końcowy	Długość [m]	rzędna odwiertu	projektowana rzędna niwelety	Wysadzinowość	sączenie wody gruntowej [m.p.p.t]	Poziom wody gruntowej [m.p.p.t]	W - Wykop N - Nasyp	wysokość wykopu / nasypu	gł. ZWG poniżej spodu konstr.	Warunki wodne D - Dobre P-Przeciętne Z - Złe	Grupa nośności	Rodzaj gruntu S - Spoisty N - niespoisty	Opis gruntów (zalegające do 2-3 m.p.p.posadowienia konsrukcji	Stan gruntu spoistego: ZW - zwarty, PZW-półzwarty, TPL - twardoplastyczny, PL-plastyczny, MPL-miękkoplastyczny. Stan gruntu niespoistego: LN - luźny, SZG - średnio zagęszczony, zg - zagęszczony, BZG - bardzo zagęszczony
1	3,00	26+630	26+630	26+630	0,0	236,20	237,33	bardzo wysadzinowe	-	-	N	>1m	-	D	G4	S	G/Ps, Gr	tpl
2	7,00	26+375	26+630	26+375	45,0	237,20	237,33	mało wysadzinowe	5,90	3,20	N	>1m	-	D	G3	S	Ir, Grz,	pl, tpl
3	7,00	26+385	26+375	26+385	10,0	237,20	237,33	mało wysadzinowe	5,70	3,10	N	>1m	-	D	G3	S	Ir, Grz,	pl, tpl
4	3,00	36+730	26+385	36+730	45,0	237,10	237,43	mało wysadzinowe	-	-	N	>1m	-	D	G3	S	Ir,	tpl

Raport z obliczeń trwałości
zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni
metodą mechanistyczno - empiryczną

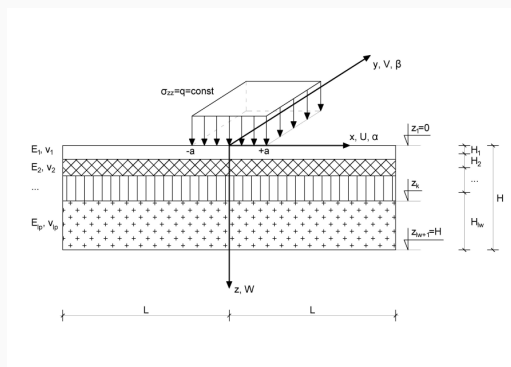
OPIS METODY OBLICZANIA STANU NAPRĘŻEŃ, ODKSZTAŁCEŃ I PRZEMIESZCZEŃ

W obliczeniach współpracy nawierzchni drogowej z podbudową i niżej występującym gruntem rodzimym zastosowano model warstw sprężystych, obciążonych statycznie pojazdem na stopie najwyższej warstwy. Ocenę pracy i wytrzymałości podłoża przeprowadzono z użyciem wyliczonych przemieszczeń, odkształceń i naprężeń we wnętrzu oraz na stykach warstw. Ponieważ dla ośrodków ciągłych, uwarstwionych poziomo, złożonych z kilku jednorodnych, izotropowych warstw sprężystych, nie istnieją ściśle rozwiązania teorii sprężystości (dla istotnych obciążeń powierzchni ośrodka), użyta została metoda przybliżona.

Zastosowana metoda warstw skończonych należy do grupy przybliżonych metod analitycznych, cechując się ścisłym rozwiązaniem zagadnienia w każdym punkcie wewnątrz ośrodka uwarstwowanego oraz przybliżonym odwzorowaniem obciążenia brzegu ośrodka (nawierzchni). Błąd przybliżenia w obliczeniach uznawany jest za nieistotnie mały, co możliwe jest poprzez wykorzystanie odpowiednio dużej liczby wyrazów rozwinięcia w szereg. Istota metody polega na dokładnym rozwiązywaniu zagadnienia dla obciążeń brzegu przyjętych jako okresowa funkcja trygonometryczna (jej ściśle rozwiązania istnieją w postaci zamkniętej), a następnie na złożeniu od kilkudziesięciu do kilkuset takich rozwiązań.

Podstawą metody jest twierdzenie Fouriera o rozwijaniu funkcji w szereg trygonometryczny: ponieważ przybliżeniem rzeczywistego obciążenia nawierzchni jest szereg funkcji trygonometrycznych to stosując zasadę superpozycji, przybliżeniem rozwiązania jest suma tych szczególnych rozwiązań dla obciążeń o kształcie okresowych funkcji trygonometrycznych.

W przeprowadzonych obliczeniach nawierzchnia jest obciążona siłą pionową, równomiernie rozłożoną na obszarze prostokątnym. Na granicach warstw występuje pełne ich zespolenie (ciągłość przemieszczeń), a na spodzie najniższej warstwy nie występuje osiadanie. Parametrami są (w każdej warstwie): grubość H_k , moduł Younga E oraz współczynnik Poissona ν_k . Obliczane są przemieszczenia, naprężenia i odkształcenia na granicach warstw, przy czym niektóre z naprężeń i odkształceń są różne nad granicą i pod granicą warstw (nieciągłość).



II METODA OBLICZANIA TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ

Stan naprężeń i odkształceń w konstrukcji nawierzchni określono metodami analitycznymi z wykorzystaniem modelu warstw skończonych.

Trwałość zmęczeniową projektowanej konstrukcji nawierzchni określono stosując:

- kryterium spękań zmęczeniowych – wg AASHTO 2004,
- kryterium deformacji strukturalnych – wg Instytutu Asfaltowego.

Dla nawierzchni półsztywnych zastosowano kryterium spękań warstw związanych spoiwem hydraulicznym (kryterium Dempsey'a) oraz hipotezę Minera dla określenia szkody zmęczeniowej.

1 KRYTERIUM SPĘKAŃ ZMĘCZENIOWYCH

Trwałość zmęczeniowa dla kryterium spękań warstw asfaltowych obliczana wg AASHTO 2004:

$$N = D_{FC} \cdot 7,3557 \cdot (10^{-6}) \cdot C \cdot k'_1 \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{3,9492} \cdot \left(\frac{1}{E}\right)^{1,281}$$

N - liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych, na FC procentach całkowitej powierzchni pasa ruchu [osi/pas/okres obliczeniowy]

E - moduł Younga najniższej warstwy asfaltowej [MPa]

D_{FC} - szkoda zmęczeniowa wyrażona jako ułamek dziesiętny, odpowiadająca założonej ilości spękań zmęczeniowych FC oraz grubości warstw asfaltowych h_{ac}

$$D_{FC} = \frac{1}{100} \cdot 10^{\ln(100-1) \cdot \frac{1}{C_2} + 2}$$

FC - założona ilość spękań zmęczeniowych [%]

C_2 - współczynnik zależny od grubości warstw asfaltowych

$$C_2 = -2,40874 - 39,748 \cdot \left(1 + \frac{h_{ac}}{2,54}\right)^{-2,856}$$

h_{ac} - grubość wszystkich warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych [cm]

k'_1 - parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstw asfaltowych

$$k'_1 = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374 \cdot h_{ac})}}}$$

ϵ_t - odkształcenia rozciągające poziome w osi obciążenia na dolnej powierzchni najniższej warstwy asfaltowej [m/m]

C - współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej

$$C = 10^M \quad M = 4,84 \cdot \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0,69\right)$$

V_b - zawartość objętościowa asfaltu [v/v %]

V_a - zawartość objętościowa wolnej przestrzeni [v/v %]

2 KRYTERIUM DEFORMACJI STRUKTURALNYCH

Zależność pomiędzy dopuszczalną liczbą powtarzalnych obciążeń N do powstania krytycznej deformacji strukturalnej, a odkształceniem pionowym na poziomie podłoża gruntowego ε_p :

$$\varepsilon_p = k \cdot (1/N_s)^m$$

Wzór kryterium deformacji strukturalnych rozpatrywanej konstrukcji nawierzchni po przekształceniu:

$$N_s = \frac{1}{\sqrt[m]{\frac{\varepsilon_p}{k}}}$$

N - liczba dopuszczalnych obciążeń do wystąpienia krytycznej deformacji strukturalnej w konstrukcji nawierzchni

k, m - współczynniki doświadczalne:

$$k = 1,05 \cdot 10^{-2}$$

$$m = 0,223$$

ε_p - wartość pionowego odkształcenia na powierzchni podłoża gruntowego w osi obciążenia

3 KRYTERIUM SPĘKAŃ PODBUDOWY ZWIĄZANEJ SPOIWM HYDRAULICZNYM (KONSTRUKCJE PÓLSZTYWNE)

Obliczenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji półsztywnej przeprowadzono stosując hipotezę Minera dla sumowania się szkód zmęczeniowych w każdej fazie pracy konstrukcji:

$$N = N_I + N_{II} \cdot \left(1 - \frac{N_I}{N_{Ia}}\right)$$

N_{Ia} - trwałość zmęczeniowa przy założeniu, że podbudowa zasadnicza związana spoiwem hydraulicznym pracuje w Fazie I (brak spękań)

N_{II} - trwałość zmęczeniowa przy założeniu, że podbudowa zasadnicza związana spoiwem hydraulicznym pracuje w Fazie II (spękana w formie małych bloków)

N_I - liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych w warstwie stabilizowanej spoiwem hydraulicznym wg kryterium Dempsey'a:

$$N_I = 10^{11,782 - 12,1212 \left(\frac{\sigma_t}{R_{zg}} \right)}$$

σ_t - maksymalne naprężenia poziome wywołane na spodzie warstwy podbudowy stabilizowanej spoiwami hydraulicznymi [MPa]

R_{zg} - wytrzymałość na zginanie warstwy związanej spoiwem hydraulicznym [MPa]

III ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

1 OBCIĄŻENIE RUCHEM

Kategoria Ruchu:

KR3

Liczba dopuszczalnych osi obliczeniowych dla kategorii ruchu:

0,5-2,5 mln osi

Okres obliczeniowy:

20lat

2 PARAMETRY OBCIĄŻENIA

Siła:

50,0 kN

Ciśnienie kontaktowe:

0,85 MPa

Pole powierzchni obciążenia:

0,0589 m² (0,2426 m x 0,2426 m)

Oś obciążenia w punkcie:

X=0, Y=0

IV — WYNIKI

1 — WYNIKI - KONSTRUKCJA 1

KONSTRUKCJA

Warstwa	Moduł Younga E [MPa]	Współczynnik Possiona v	Grubość H [m]	Zawartość asfaltu [%]	Zawartość wolnych przestrzeni [%]
Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR4 konstrukcja podatna +13°C	9 300,00	0,30	0,04	14,20	3,00
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	10 300,00	0,30	0,05	11,50	6,00
Warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	9 800,00	0,30	0,07	10,50	8,00
Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3	400,00	0,30	0,20		
Warstwa ulepszonego podłoża stabilizowanego ziarnistym dodatkiem hydrofobowym zwiększającym w sposób trwały odporność na absorpcję kapilarną wody	800,00	0,30	0,40		
Warstwa podłoża gruntowego G4	25,00	0,35	podłoże gruntowe		

PRZEMIESZCZENIE

Warstwa		W [m]	V [m]	U [m]
Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR4 konstrukcja podatna +13°C	strop	0,0003307	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0003304	0,0000000	0,0000000
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	0,0003304	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0003286	0,0000000	0,0000000
Warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	0,0003286	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0003241	0,0000000	0,0000000
Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3	strop	0,0003241	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0002787	0,0000000	0,0000000
Warstwa ulepszonego podłoża stabilizowanego ziarnistym dodatkiem hydrofobowym zwiększającym w sposób trwały odporność na absorpcję kapilarną wody	strop	0,0002787	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0002573	0,0000000	0,0000000
Warstwa podłoża gruntowego G4	strop	0,0002573	0,0000000	0,0000000
	spąg	0,0000000	0,0000000	0,0000000

NAPRĘŻENIE

Warstwa		SIZZ [MPa]	SIZY [MPa]	SIZX [MPa]	SIYY [MPa]	SIYX [MPa]	SIXX [MPa]
Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR4 konstrukcja podatna +13°C	strop	-0,8515982	0,0000000	0,0000000	-1,6731894	0,0000000	-1,6731894
	spąg	-0,7658073	0,0000000	0,0000000	-0,8473834	0,0000000	-0,8473834
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	-0,7658073	0,0000000	0,0000000	-0,9032092	0,0000000	-0,9032092
	spąg	-0,4711301	0,0000000	0,0000000	0,0289403	0,0000000	0,0289403
Warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	-0,4711301	0,0000000	0,0000000	0,0177338	0,0000000	0,0177338
	spąg	-0,1389901	0,0000000	0,0000000	1,2708269	0,0000000	1,2708269
Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3	strop	-0,1389901	0,0000000	0,0000000	-0,0052654	0,0000000	-0,0052654
	spąg	-0,0617258	0,0000000	0,0000000	-0,0124201	0,0000000	-0,0124201
Warstwa ulepszonego podłoża stabilizowanego ziarnistym dodatkiem hydrofobowym zwiększającym w sposób trwały odporność na absorpcję kapilarną wody	strop	-0,0617258	0,0000000	0,0000000	0,0016137	0,0000000	0,0016137
	spąg	-0,0054295	0,0000000	0,0000000	0,0642077	0,0000000	0,0642077
Warstwa podłoża gruntowego G4	strop	-0,0054295	0,0000000	0,0000000	-0,0006845	0,0000000	-0,0006845
	spąg	-0,0022330	0,0000000	0,0000000	-0,0012024	0,0000000	-0,0012024

ODKSZTAŁCENIE

Warstwa		EPSIZZ [m/m]	EPSIZY [m/m]	EPSIZX [m/m]	EPSIYY [m/m]	EPSIYX [m/m]	EPSIXX [m/m]
Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR4 konstrukcja podatna +13°C	strop	0,0000164	0,0000000	0,0000000	-0,0000985	0,0000000	-0,0000985
	spąg	-0,0000277	0,0000000	0,0000000	-0,0000391	0,0000000	-0,0000391
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	-0,0000217	0,0000000	0,0000000	-0,0000391	0,0000000	-0,0000391
	spąg	-0,0000474	0,0000000	0,0000000	0,0000157	0,0000000	0,0000157
Warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C	strop	-0,0000492	0,0000000	0,0000000	0,0000157	0,0000000	0,0000157
	spąg	-0,0000920	0,0000000	0,0000000	0,0000950	0,0000000	0,0000950
Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3	strop	-0,0003396	0,0000000	0,0000000	0,0000950	0,0000000	0,0000950
	spąg	-0,0001357	0,0000000	0,0000000	0,0000246	0,0000000	0,0000246
Warstwa ulepszonego podłoża stabilizowanego ziarnistym dodatkiem hydrofobowym zwiększającym w sposób trwały odporność na absorpcję kapilarną wody	strop	-0,0000784	0,0000000	0,0000000	0,0000246	0,0000000	0,0000246
	spąg	-0,0000549	0,0000000	0,0000000	0,0000582	0,0000000	0,0000582
Warstwa podłoża gruntowego G4	strop	-0,0001980	0,0000000	0,0000000	0,0000582	0,0000000	0,0000582
	spąg	-0,0000557	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

V — TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA KONSTRUKCJI

1 — KONSTRUKCJA 1

Kryterium spękań zmęczeniowych

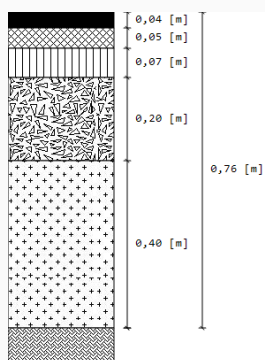
N = 3 802 707 osi 100kN/pas/20lat

Kryterium deformacji strukturalnych

N_s = 54 091 002 osi 100kN/pas/20lat

VI — PODSUMOWANIE

Wymagana trwałość dla zakładanej kategorii ruchu KR3:
0.5-2.5 mln osi 100kN/pas/20lat

**Układ warstw konstrukcyjnych:**

- Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR4 konstrukcja podatna +13°C
- Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C
- Warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego (AC) KR3-KR7 konstrukcja podatna +13°C
- Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3
- Warstwa ulepszonego podłoża stabilizowanego ziarnistym dodatkiem hydrofobowym zwiększającym w sposób trwały odporność na absorpcję kapilarną wody
- Warstwa podłoża gruntowego G4

Trwałość zmęczeniowa Konstrukcji:

3 802 707 osi 100kN/pas/20lat**SPEŁNIA wymagania dla KR3**