



LABORATORIUM DROGOWE SZCZECIN

ul. Tama Pomorzańska 13L, 70-030 Szczecin, tel.: 53 366 39 63

www.laboratoriumdrogowe.szczecin.pl

biuro@laboratoriumdrogowe.szczecin.pl



PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

Dotyczy: Modernizacja układu drogowego Trzebiatów ul. Piaskowa, Rolnicza, Wiejska

Zlecniodawca: Projekty Budowy Dróg Ernest Klos
ul. Fabryczna 2b,
72-300 Gryfice

Opracowanie: dr inż. Stanisław Majer
dr inż. Bartosz Budziński

Szczecin Maj 2023 r.
Nr zlecenia 23/05/04/06
Wersja 1

Spis treści:

1. PODSTAWA OPRACOWANIA	3
2. MATERIAŁY WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU DOKUMENTACJI	3
3. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	3
3.1. CEL OPRACOWANIA	3
3.2. ZAKRES OPRACOWANIA.....	3
4. OPIS ODCINKA OBJĘTEGO OPRACOWANIEM	4
4.1. UMIEJSCOWIENIE I OPIS ODCINKA	4
4.2. WARUNKI GRUNTOWE - WODNE, GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	4
5. PRZYJĘTA KONSTRUKCJA PRZEBUDOWY	5
5.1. OGÓLNA UWARUNKOWANIA PROJEKTU WZMOCNIENIA	5
5.2. METODA WYZNACZENIA GRUBOŚCI NOWYCH KONSTRUKCJI	5
5.3. ROZWIĄZANIA ALTERNATYWNE Z WYKORZYSTANIEM KOSTKI BETONOWEJ	7
5.4. SPRAWDZENIE WARUNKU MROZODPORNOŚCI	8
6. WNIOSKI I ZALECANIA	8

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawą opracowania jest zlecenie Projektu Budowy Dróg Ernest Klos ul. Fabryczna 2b, 72-300 Gryfice na wykonanie projektu konstrukcji nawierzchni dróg w miejscowości Trzebiatów.

2. MATERIAŁY WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU DOKUMENTACJI

- [1] Wizja lokalna terenu
- [2] Opinia Geotechniczna dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia, obiekt: Modernizacja układu drogowego Trzebiatów ul. Piaskowa, Rolnicza, Wiejska , Laboratorium Drogowe Szczecin, Szczecin 2023
- [3] PN-B-02480:1986. Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia
- [4] PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne
- [5] PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne -- Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
- [6] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.
- [7] literaturę fachową m.in., Nawierzchnie asfaltowe. J. Piłat P. Radziszewski, WKŁ, Warszawa 2004
- [8] WT-2 część 1 2014 Mieszanki mineralno-asfaltowe Wymagania Techniczne
- [9] WT-2 część 2 2016 Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych Wymagania Techniczne

3. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

3.1. Cel opracowania

Celem opracowania jest określenie aktualnej nośności konstrukcji nawierzchni i wykonanie projektu nawierzchni dróg w ramach zadania pn. „Modernizacja układu drogowego Trzebiatów ul. Piaskowa, Rolnicza, Wiejska”

3.2. Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje:

- analiza dostarczonej dokumentacji przez Zamawiającego
- wykonanie wizji lokalnej,
- analizę wytrzymałościową podłoża,
- określenie sposobu wzmocnienia przedmiotowej drogi,
- wnioski i zalecenia.

4. OPIS ODCINKA OBJĘTEGO OPRACOWANIEM

4.1. Umieszczenie i opis odcinka

Planowana inwestycja obejmuje modernizację ul. Piaskowej, Rolniczej i Wiejskiej zlokalizowanych w północnej części miejscowości Trzebiatów (pow. gryficki), na północ od ul. Kołobrzeskiej (droga krajowa nr 102). W podłożu modernizowanej drogi oraz jej poboczach przebiega podziemne uzbrojenie terenu w postaci sieci: energetycznej, gazowej, kanalizacyjnej, wodociągowej i telekomunikacyjnej. Przedmiotowe ulice stanowią ciągi komunikacyjne w obrębie zabudowy mieszkalnej jednorodzinnej oraz terenów zielonych.

W odległości około 165 m na zachód od ul. Piaskowej oraz przy ul. Wiejskiej znajdują się bezimienne zbiorniki wodne.

4.2. Warunki gruntowe - wodne, grupa nośności podłoża

Klasyfikację warunków gruntowo-wodnych oraz przyporządkowanie do grup nośności zestawiono w tabeli poniżej (tab. 1). Ostatecznie grupę nośności ustala projektant na podstawie zaprojektowanej niwelety (planowanego spodu konstrukcji nawierzchni).

Tab. 1 Klasyfikacja do grupy nośności podłoża

Pikietaż	Grunt	Wysadzinowość	Warunki wodne	Gi
1	Gлина	wysadzinowy	dobre	G4
2	Piasek średni	niewysadzinowy	dobre	G1
3	nN Piasek średni	wątpliwy	dobre	G2
4	Piasek średni	niewysadzinowy	dobre	G1
5	Gлина	wysadzinowy	dobre	G4
6	Nasyp	niewysadzinowy/wątpliwy	przeciętne	G2
7	Piasek zagliniony	wątpliwy	dobre	G2
8	Piasek zagliniony	wątpliwy	dobre	G2
9	Piasek średni	niewysadzinowy	złe	G1
10	Nasyp	wątpliwy	dobre	G2
11	Nasyp	wątpliwy	dobre	G2

5. PRZYJĘTA KONSTRUKCJA PRZEBUDOWY

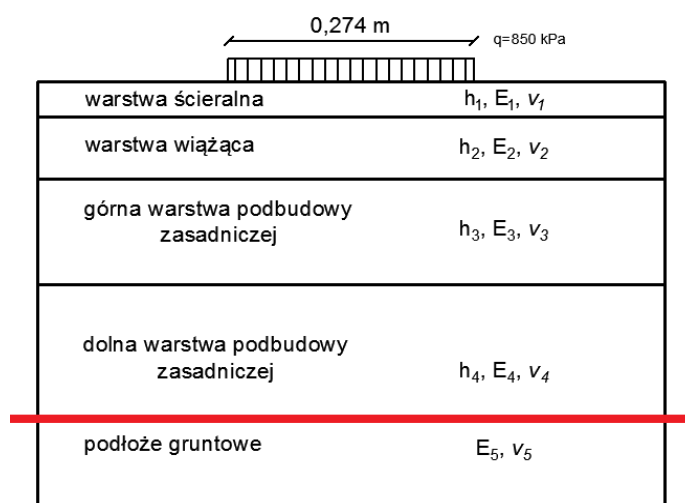
5.1. Ogólne uwarunkowania projektu wzmocnienia

Przy projektowaniu przyjęto następujące warunki brzegowe:

- Obciążenie ruchem – KR1
- Wierzchnie warstwy z mieszanek mineralno-asfaltowych

5.2. Metoda wyznaczenia grubości nowych konstrukcji

Obliczenia nowych konstrukcji nawierzchni przeprowadzono analogicznie z Katalogiem 2014 na rysunku 1 przedstawiono schemat obliczeniowy. Wymaganą liczbę standardowych osi 100 kN przyjęto zgodnie z punktem **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..**



Rys. 1 Schemat obliczeniowy dla nawierzchni – podłoże gruntowe wraz z wzmocnieniem

Obliczenia oparto o wyniki otrzymane w programie BISAR-3, który oparty jest na teorii wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej służącym do projektowania nawierzchni. W programie można uzyskać wartości naprężeń, odkształceń i przemieszczeń. W programie konstrukcję modeluje się poprzez wprowadzenie grubości warstw oraz modułów i współczynników Poissona. W obliczeniach klasycznie założono, że największe odkształcenia rozciągające w nawierzchni występują na spodzie warstw asfaltowych. Od tego miejsca następuje również rozprzestrzenianie się spękań zmęczeniowych. W modelu obliczeniowym przyjęto jako obciążenie koło o nacisku 50 kN i ciśnieniu kontaktowym 850 kPa, co zgodne jest z zaleceniami Katalogu.

Parametry wszystkich materiałów wykorzystanych w obliczeniach zaczerpnięto z Katalogu 2014. W odniesieniu do warstw asfaltowych wykorzystano kryterium M-ENPDM AASHTO USA 2004 (AASHTO). Kryterium opisane jest wzorem poniżej:

$$Nf = D7,3557(10^{-6})Ck'_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3,9492} \left(\frac{1}{E}\right)^{1,281} \quad (2)$$

gdzie:

D – szkoda zmęczeniowa wyrażona jako ułamek dziesiętny, odpowiadająca założonej ilości spękań zmęczeniowych FC ,

Nf – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych, na 50% całkowitej powierzchni pasa ruchu,

k'_1 – parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstwy asfaltowej,

ε_t – odkształcenia rozciągające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni,

E – moduł sztywności warstwy asfaltowej [MPa],

C – współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej, określony wzorami:

$$C = 10^M \quad (3)$$

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

gdzie:

V_a – zawartość wolnych przestrzeni [%],

V_b – efektywna zawartość asfaltu [%],

Parametr k'_1 zależny jest od grubości warstw asfaltowych i opisany wzorem:

$$k'_1 = \frac{1}{0,00398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374h_{ac})}}} \quad (5)$$

gdzie:

h_{ac} – całkowita grubość wszystkich warstw asfaltowych [cm],

Szkodę zmęczeniową przy założonym ilości spękań zmęczeniowych można wyznaczyć z równania (5).

$$FC_{bottom} = \frac{100}{1 + e^{(7,0 - 3,5 \log_{10}(D100))}} \quad (6)$$

gdzie:

FC_{bottom} – ilość spękań siatkowych typu „z dołu do góry” wyrażona w procentach w stosunku do całej powierzchni pasa ruchu,

W przypadku kryterium deformacji strukturalnych wykorzystano klasyczne kryterium Instytutu Asfaltowego danego wzorem:

$$N_p = \left(\frac{\varepsilon_z}{0,0105} \right)^{\left(-\frac{1}{0,223} \right)} \quad (7)$$

gdzie:

ε_z – odkształcenie ściskające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni,

W obliczeniach przyjęto parametry materiałowe jak tabeli 2.

Tab. 2 Zestawienie stałych materiałowych konstrukcji nawierzchni

WARSTWA	PARAMETRY WARSTWY	GRUBOŚĆ WARSTWY [cm]	
		Wariant I G1-G2	Wariant II G3-G4
Warstwa ścieralna AC 11S	E=9300 MPa, $\nu=0,30$	4	
Warstwa wiążąca AC 16 W KR1-KR2	E=8800 MPa, $\nu=0,30$ Vb=11% Va=7%	5 cm (4 cm)*	
Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie C90/3	E=400 MPa, $\nu=0,30$	20 cm	
Warstwa z mieszanki/gruntu C _{1,5/2,0}	E=400 MPa, $\nu=0,30$	15 cm	25 cm
Podłoże gruntowe:	G1-G2 E ₂ =50 MPa, $\nu=0,35$ G3-G4 E ₂ =25 MPa, $\nu=0,35$	-	-

*W obliczeniach uwzględniono odchyłki wykonawcze w pojedynczym punkcie, FC=15%

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3

Tab. 3 Uzyskane wyniki

WARSTWA	JEDNOSTKA	G1-G2	G3-G4
Odkształcenia na spodzie warstw asfaltowych	10 ⁻⁶ mm/mm	222	220
Trwałość zmęczeniowa (kryterium warstw asfaltowych)	mln osi 100 kN	0,92	0,95
Odkształcenia na spodzie górze podłoża gruntowego μm	10 ⁻⁶ mm/mm	719	719
Trwałość zmęczeniowa (kryterium deformacji strukturalnych)	mln osi 100 kN	0,17	0,17
Trwałość zmęczeniowa	mln osi 100 kN	0,17	0,17

Projektowany układ warstw ma wymaganą trwałość zmęczeniową, ostatecznie projektowana konstrukcja ma układ jak poniżej:

- warstwa ścieralna AC11S KR1-KR2 – 4 cm
- warstwa wiążąca AC 16W KR1-KR2 – 5 cm
- warstwa podbudowy KŁSM C90/3 – 20 cm
- mieszanka/grunt związany spoiwem cementowym C_{1,5/2,0} – 15 cm (G1-G2) 25 cm (G3-G4)

Mając na uwadze, że w stanie istniejącym część ulic posiada nawierzchnię z kostki kamiennej (bruку) dopuszcza się wykorzystanie materiału do wykonania podbudowy po przekruszeniu bruку do uziarnienia 0/31 mm. Dopuszcza się również wykorzystanie kruszywa do przygotowania mieszanki na podbudowę przy spełnieniu wymagań stawianym mieszankom stosowanym do podbudów drogowych.

5.3. Rozwiązania alternatywne z wykorzystaniem kostki betonowej

Alternatywnie dla nawierzchni opisanych wyżej proponuje się rozwiązanie zamienne zgodnie z poniższym schematem:

- warstwa jezdni kostka betonowa – 8 cm
- podsypka piaskowo-cementowa 1:4 – 3 cm
- warstwa podbudowy KŁSM C90/3 – 20 cm
- mieszanka/grunt związany spoiwem cementowym C_{1,5/2,0} – 15 cm (G1-G2) 25 cm (G3-G4)

Podsypka piaskowo-cementowana powinna charakteryzować się wytrzymałością na ściskanie po 28 dniach na poziomie 28 MPa.

5.4. Sprawdzenie warunku mrozoodporności

Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni w przypadku kategorii ruchu KR1 oraz grupy nośności G2 wynosi $0,40 \cdot h_z = 0,32$ m, natomiast grupy nośności G4 wynosi $0,60 \cdot h_z = 0,48$ m. Projektowane grubości konstrukcji wynoszą odpowiednio 44 cm (46 cm) oraz 54 cm (56 cm). Warunek mrozoodporności został spełniony.

6. WNIOSKI I ZALECANIA

- Projektuje się nową nawierzchnię/wzmocnienie jak w punkcie 5 niniejszego opracowania,
- Ze względu na liniowy charakter obiektu w przypadku ujawnienia gorszych warunków gruntowo – wodnych przyjętych w projektowaniu nawierzchni, należy założenia projektowe zweryfikować,
- Powyższe wnioski należy rozpatrywać łącznie z zaleceniami WT drogowych
- W przypadku mieszanek związanych spoiwem cementowym parametrem odbiorowym powinna być grubość warstwy oraz wytrzymałość na ściskanie
- Projektowana droga ma nośność pozwalającą na prowadzenie ruchu pojazdów o nacisku osi 115 kN.

W przypadku nowych warstw średnia grubość warstw asfaltowych nie może być mniejsza niż projektowana, dopuszcza się odchyłkę w pojedynczych odwiertach do -1 cm.

KONIEC