



**Biuro Projektowo - Wykonawcze
„DROGI I ULICE” Zenon Kubicki**

25-322 Kielce, ul. Romualda 4/67, tel. (041) 3431430; Regon 292371431; NIP 657-131-76-67

**PROJEKT
KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI**

Projekt wykonawczy

Drogowa

Stadium

Branża

**Remont ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego
do przejazdu kolejowego**

Przedsięwzięcie, zadanie

**Ekspertyza techniczna istniejącej nawierzchni konstrukcji
wraz z zaprojektowaniem nakładki bitumicznej
ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej**

Obiekt

Asfaltowa, Skarżysko – Kamienna

Gmina Skarżysko – Kamienna

Adres Budowy

Inwestor

Autorzy opracowania	Imię i nazwisko	Nr uprawnień	Podpis	Data
Opracował	dr inż. Przemysław Buczyński			12.2016r.

(Miejsce na adnotacje o uzgodnieniu, akceptacji i zatwierdzeniu dokumentacji)

1. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania jest wykonanie obliczeń sprawdzających trwałość konstrukcji nawierzchni dla projektowanego odcinka drogi „Remont ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego” w odniesieniu do stanu istniejącego oraz projektowanej grubości nakładki wzmacniającej. W obliczeniach wykorzystano informacje uzyskane na podstawie z przeprowadzonych odwiertów w konstrukcji nawierzchni drogi.

Obliczenia wykonano dla dopuszczalnych obciążeń osi 100 kN przy ciśnieniu kontaktowym równym 850 kPa. Prognozowane natężenie ruchu dla analizowanego odcinka drogi przyjęto jak dla kategorii ruchu KR3 ($68 \div 335$ osi 100kN/pas/dobę co odpowiada $0,50 < N_{100} \leq 2,50$) wg [3] w ramach struktury której przewidywane jest występowanie obciążeń osi 115kN. Założona kategoria ruchu wynika z zapisów Szczegółowa Specyfikacja Techniczna *"Opracowania projektu remontu ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego"*

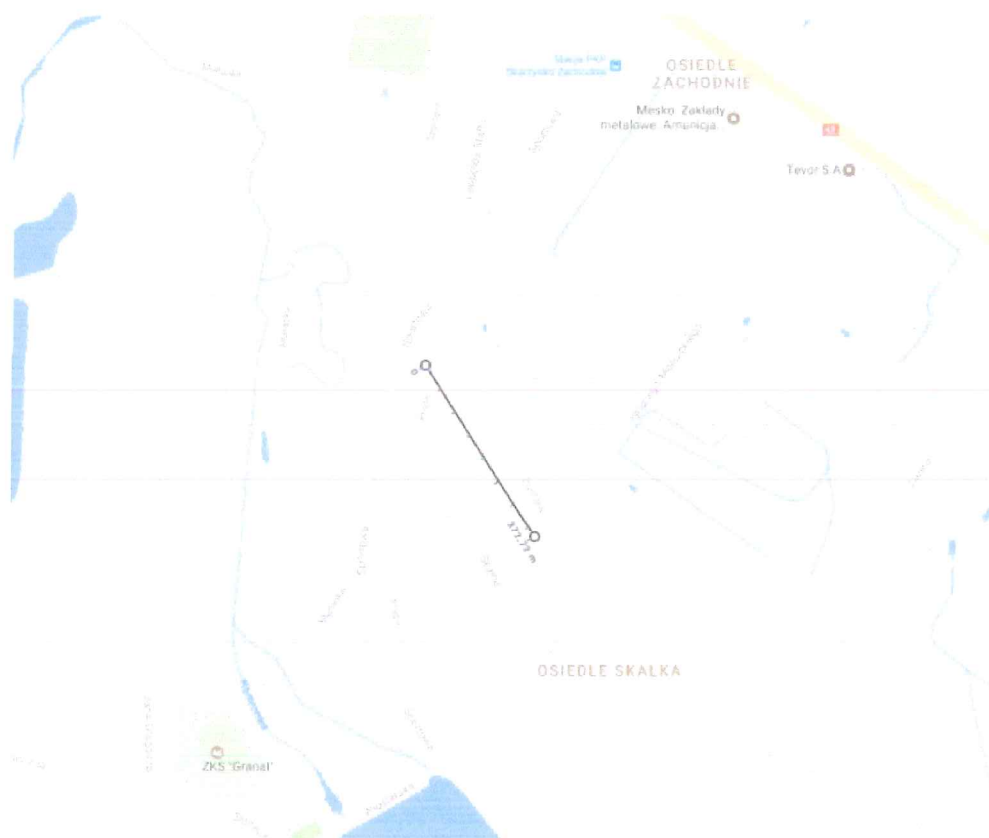
2. MATERIAŁY ODNIESIENIA DO SPORZĄDZENIA OPRACOWANIA

Materiały wyjściowe do opracowania:

- Szczegółowa Specyfikacja Techniczna "Opracowania projektu remontu ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego" [1]
- Katalog Przebudów w i Remontów w Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych KPRNPP GDDKIA. 2013 [2]
- Katalog Typowych Konstrukcji nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. GDDKIA. 2014. [3]
- Józef Judycki "Analiza i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych" Warszawa 2014. [4]
- Odwiert konstrukcji sporządzone na cele opracowania projektu wzmocnienia "Remont ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego" [5]
- Wytyczne Techniczne WT-2 2010; [6]
- Nagórski R., "Mechanika Nawierzchni Drogowych w zarysie", PWN, 2014, Warszawa [7]
- Z Wiłun. "Zarys geotechniki" WKŁ 2013. [8]

3. Istniejący układ warstw konstrukcyjnych

W celu zaprojektowania wymaganej grubości warstw konstrukcyjnych dla analizowanego zadania *"Opracowania projektu remontu ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego"* niezbędne było rozpoznanie istniejącego układu warstw konstrukcyjnych. Lokalizację odcinka poddanego analizie przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 .Lokalizacja ul. Asfaltowej w Skarżysku Kamiennej na odcinku 0+000 do 0+372,72

Określenie grubości istniejącego układu warstw konstrukcyjnych dokonano na podstawie wykonanych odwiertów w konstrukcji nawierzchni w następujących. Odwierty wykonano w następujących punktach określonych kilometrażem:

- 0+080 str. P
- 0+150 str. P
- 0+140 str. L
- 0+200 str. P
- 0+240 str. L
- 0+250 str. L
- 0+280 str. P
- 0+310 str. L

Na podstawie przeprowadzonych analiz w tabeli od 1 do 4 przedstawiono uzyskany układ warstw konstrukcji istniejącej.

Tablica 1. Układ istniejących warstw konstrukcji nawierzchni ul. Asfaltowej w Skarżysku Kamiennej w km 0+150 str. P

Lp.	Nazwa materiału w warstwie	Grubość warstwy [m]
1	w-wy z mieszanki mineralno-asfaltowych	0,135
2	Podbudowa z kruszywa (tłuczeń + kliniec)	0,265
4	Podłoże gruntowe (kruszywo sztuczne - szlaka)	-

Tablica 2. Układ istniejących warstw konstrukcji nawierzchni ul. Asfaltowej w Skarżysku Kamiennej w km 0+250 str. L

Lp.	Nazwa materiału w warstwie	Grubość warstwy [m]
1	w-wy z mieszanki mineralno-asfaltowych	0,115
2	Podbudowa z kruszywa (tłuczeń + kliniec)	0,235
4	Podłoże gruntowe (kruszywo sztuczne - szlaka)	-

Tablica 3. Układ istniejących warstw konstrukcji nawierzchni ul. Asfaltowej w Skarżysku Kamiennej w km 0+310 str. L

Lp.	Nazwa materiału w warstwie	Grubość warstwy [m]
1	w-wy z mieszanki mineralno-asfaltowych	0,15
2	Podbudowa z kruszywa (tłuczeń + kliniec)	0,28
4	Podłoże gruntowe	-

Tablica 4. Grubość mieszanek mineralno-asfaltowych określonych w odwiertach

Lokalizacja	0+080 str. P	0+140 str. L	0+200 str. P	0+240 str. L	0+280 str. P
Grubość MMA [cm]	7,0	8,5	11,5	11,5	14,5

Na fotografiach od 1 do 4 przedstawiono uzyskane w ramach odwiertów rdzenie z mieszanki mineralno-asfaltowej.



Fot. 1. Odwiert w km 0+080 str. P



Fot. 2. Odwiert w km 0+140 str. L



Fot. 3. Odwiert w km 0+150 str. P



Fot. 4. Odwiert w km 0+240 str. L



Fot. 5. Odwiert w km 0+250 str. L



Fot. 6. Odwiert w km 0+280 str. P

4. PODŁOŻE GRUNTOWE

W podłożu gruntowym (pod warstwą podbudowy z kruszywa) stwierdzono występowanie gruntów w postaci kruszywa sztucznego tj. szlaki. **Kruszywo sztuczne zaklasyfikowano do gruntów niewysadzinowych.** Wartość modułu sprężystości podłoża wykorzystanego w obliczeniach przyjęto równą $E_0=50$ MPa.

5. ANALIZA TRWAŁOŚCI

5.1. Podstawowe założenia projektu

Do obliczenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni drogowej „Remont ul. Asfaltowej w Skarżysku – Kamiennej na odcinku od ul. Mościckiego do przejazdu kolejowego” zastosowano metodę mechanistyczną. Wartość naprężeń i odkształceń obliczono według teorii wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej.

Obliczeń trwałości dokonano dla temperatury ekwiwalentnej, która w przypadku konstrukcji nawierzchni podatnej jest równa 13°C w odniesieniu do literatury [2, 4].

Do obliczeń konstrukcji nawierzchni przyjęto następujące założenia:

- nawierzchnia obciążona osią obliczeniową 100kN - obciążenie 50,0 kN/koło,
- ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem a nawierzchnią wynosi - 850kPa,
- oddziaływanie kołowa o pojedynczym śladzie,
- czas trwania obciążenie - 0,02s,
- pomiędzy warstwami nawierzchni występuje całkowita szczepność międzywarstwowa,
- wartość modułów sprężystości nowych warstw asfaltowych przyjęto zgodnie z założeniami literatury [3,4] oraz wytycznych technicznych [6],
- nośność podłoża gruntowego $E_0(E_2)=50$ MPa współczynnik Poissona $\nu=0,35$

5.2. Kryteria projektowe

Dla podatnych konstrukcji nawierzchni zgodnie z [2] zastosowano kryteria zmęczeniowe Instytutu Asfaltowego, dla spękań zmęczeniowych na spodzie warstw asfaltowych i deformacji podłoża strukturalnych nawierzchni, wyznaczanych na poziomie podłoża gruntowego, bezpośrednio pod konstrukcją.

Do obliczeń wykorzystano metodę mechanistyczną opierającą się o teorię wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej. W której występują trzy kryteria utraty trwałości zmęczeniowej:

- Kryterium spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych

$$N = 18,4 \times C \times (6,167 \times 10^{-5} \times \varepsilon_r^{-3,291} \times E^{-0,854})$$

gdzie:

N - liczba obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych na 20% powierzchni jezdni,

ε_r - odkształcenia rozciągające (wartość bezwzględna) na spodzie warstw asfaltowych,

E - moduł sztywności mieszanki mineralno-asfaltowej, MPa.

- współczynnik M

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

V_a - zawartość objętościowa asfaltu, %

V_b - zawartość objętościowa wolnej przestrzeni, %.

- współczynnik C

$$C = 10^M$$

- Kryterium deformacji strukturalnych nawierzchni (podłoża gruntowego)

$$N_f^{gr} = \left(\frac{0,0105}{\varepsilon_z} \right)^{4,484}$$

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

ε_z - odkształcenie pionowe w podłożu.

Charakterystyki stanu odkształcenia wyznaczono wykorzystując obliczenie odkształceń poziomych w warstwach asfaltowych oraz odkształceń pionowych w podłożu gruntowym. Rozkład naprężeń i odkształceń obliczono w programie komputerowym "MWS-PD".

5.3. Stałe materiałowe

Wszystkie warstwy konstrukcyjne opisane są przez stałe materiałowe tj. współczynnik Poissona jako wartość bezwymiarowa (ν) oraz moduł sprężystości warstw konstrukcyjnych (E [MPa]). Wartość parametrów dla warstw asfaltowych przyjęto zgodnie z literaturą [2,3,4,6]. Wartość parametrów dla istniejących warstw asfaltowych obliczono zgodnie z metodyką Shell [2]. Grubość istniejących warstw asfaltowych przyjęto na podstawie przeprowadzonych odwiertów w konstrukcji. Analizę przeprowadzono dla układu najbardziej niekorzystnego. Wartości parametrów warstw konstrukcyjnych, dla projektowanego odcinka drogi, przedstawiono w tabeli 4. Parametry przedstawione w tabeli 4 odnoszą się do temperatury ekwiwalentnej 13°C.

Tablica 5. Parametry układu warstw konstrukcyjnych.

Warstwa	Moduł [MPa]	Wsp. Poissona	Grubość [m]	Zawartość asfaltu [%]		Zaw. wolnej przestrzeni [%]
				m/m	v/v	
w-wa ścierna z SMA8 PMB 45/80-55	7330	0,30	0,04	6,4	16,0	3,0
w-wa wiążąca z AC16W PMB 25/55-60	10300	0,30	0,08	4,2	10,5	6,0
Podbudowa z mieszanki MCE	1500	0,30	0,20	-----		
Istniejąca podbudowa z kruszywa	300	0,30	0,085	-----		
Podłoże gruntowe	50,0	0,35	-	-----		

5.1. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej

Określenie trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni

Trwałość zmęczeniowa ze względu na spękania zmęczeniowe

$$N_f^{asf} = 18,4 \cdot C \cdot (6,167 \cdot 10^{-5} \cdot \varepsilon_r^{-3,291} \cdot E^{-0,854})$$

$$\varepsilon_r = 81,8 \mu strain$$

$$E = 9956 MPa$$

- odkształcenia poziome na spodzie warstw asfaltowych

- moduł sprężystości warstw asfaltowych

$$C = 10^M$$

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

$V_a = 4,6 \%$ - zawartość objętościowa wolnych przestrzeni w warstwach asfaltowych
 $V_b = 12,0 \%$ - zawartość objętościowa asfaltu

$$N_f^{asf} = 15,29 \text{ mln } 100kN/obl. \text{ pas ruchu}$$

Trwałość zmęczeniowa ze względu na deformacje strukturalne nawierzchni

$$N_f^{gr} = \left(\frac{0,0105}{\varepsilon_c} \right)^{\frac{1}{0,223}}$$

$\varepsilon_c = 445 \mu strain$ - odkształcenia pionowe na górnej powierzchni podłoża gruntowego

$$N_f^{gr} = 1,86 \text{ mln } 100kN/obl. \text{ pas ruchu}$$

Trwałość zmęczeniowa nowej konstrukcji nawierzchni

$$N_f = \min\{N_f^{asf}; N_f^{gr}\}$$

$$N_f = 1,86 \text{ mln } 100kN/obl. \text{ pas ruchu} > 0,50 \text{ mln } 100kN/obl. \text{ pas ruchu} = \mathbf{KR3}$$

Wnioski:

Zaprojektowana konstrukcja w sposób bezpieczny przeniesie obciążenie w zakresie projektowanej kategorii ruchu KR3.

W projekcie wykonanie frezowania istniejących warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych na głębokość równą 6 cm. Dodatkowo w mieszance mineralno-cementowo emulsyjnej MCE należy uwzględnić 20% doziarnienie (rodzaj materiału mineralnego należy dobrać tak, aby gwarantował spełnienie kryterium krzywej uziarnienia) o grubości 4 cm. W składzie mieszanek mineralno-asfaltowych należy zastosować asfalty modyfikowane tak jak wskazano w tabeli 5. Skład receptury na mieszankę mineralno cementowo-emulsyjną musi zostać dobrany indywidualnie i uwzględniać zmienną grubość warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych zinwentaryzowanym na analizowanym odcinku drogi.

Opracował:

Przemysław Buczyński

nr upr. SWK/0038/OWOD/13