
**Wzmocnienie konstrukcji nawierzchni drogi powiatowej nr 2316W Nosarzewo Borowe -
Krzywonoś - Garlino - Kluszewo w powiecie mławskim z zastosowaniem technologii
Bitufor®**

1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przedstawienie propozycji wzmocnienia konstrukcji nawierzchni drogi powiatowej nr 2316W Nosarzewo Borowe - Krzywonoś - Garlino - Kluszewo w powiecie mławskim z zastosowaniem technologii Bitufor®.

2. Materiały wyjściowe

Jako materiały wyjściowe wykorzystano następujące materiały dostarczone przez Zamawiającego:

- konstrukcja istniejącej nawierzchni oraz rodzaj podłoża gruntowego
- wyniki badań ugięć nawierzchni
- wymagana trwałość nawierzchni

3. Ruch drogowy

Zgodnie z informacją przekazaną przez Zamawiającego, wzmocniona nawierzchnia powinna spełniać wymagania nośności dla kategorii ruchu KR3 – 2,50 mln osi 100 kN w ciągu zakładanego 20-letniego okresu eksploatacji.

4. Istniejąca konstrukcja nawierzchni

Wg informacji przekazanych przez Zamawiającego istniejąca nawierzchnia drogi powiatowej nr 2316W Nosarzewo Borowe - Krzywonoś - Garlino - Kluszewo w powiecie mławskim posiada następującą konstrukcję nawierzchni:

Odcinek z nawierzchnią betonową:

- beton cementowy gr. 20 - 40 cm
- piasek średni lub pospółka gr. min. 60 cm
- podłoże gruntowe G3; do obliczeń przyjęto CBR = 4%

Odcinek z nawierzchnią asfaltową:

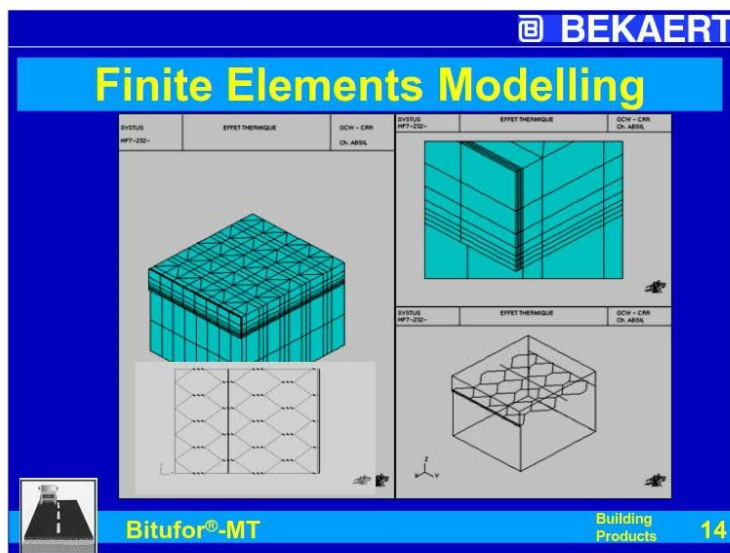
- warstwy asfaltowe gr. 5 - 10 cm
- pospółka, kamienie i żwir gr. 10 - 30 cm
- bruk gr. 13 - 20 cm
- podłoże gruntowe G3; do obliczeń przyjęto CBR = 4%

5. Metoda obliczeniowa

5.1 Założenia ogólne

Firma Bekaert opracowała model obliczeniowy dla technologii Bitufor® wspólnie z BRRC (Belgian Road Research Centre) wykorzystując do tego celu metodę definicji elementów skończonych.

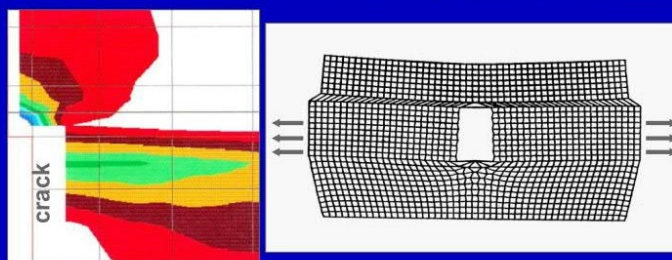
Metoda definicji elementów skończonych projektowania konstrukcji nawierzchni polega na określeniu trwałości zmęczeniowej konstrukcji na podstawie analizy stanu naprężeń i odkształceń **ale także spękań występujących w istniejącej konstrukcji**. W tym celu nawierzchnię traktuje się jako układ warstw o określonych grubościach na podłożu gruntowym o nieskończonej grubości. W tak przyjętym, wielopłaszczyznowym modelu konstrukcji poszczególne warstwy charakteryzowane są grubością (h_i), modułem sprężystości (sztywności) (E_i) i współczynnikiem Poissona (ν_i). Ogólny schemat modelu wykorzystującego technologię Bitufor® w oparciu o definicję elementów skończonych przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1 Ogólny schemat modelu z Bitufor® według definicji elementów skończonych

Większość klasycznych modeli konstrukcyjnych stosowanych obecnie (jako Bisar, Noah, Kenlayer, EA) jest opartych na liniowych elastycznych wielowarstwowych modelach. W tych modelach konstrukcję drogi uważa się za sumę jednorodnych warstw, opisanych przez moduł Younga, współczynnik Poissona oraz grubość warstwy. Obecność pęknięć i innych nieciągłości (np. łączeń konstrukcji) powoduje jednakże wzrost lokalnych koncentracji naprężeń, które pokazują zupełnie inne rozkłady naprężeń, odkształceń i przemieszczeń niż nawierzchnie bez spękań. Efekty te nie mogą być brane pod uwagę w modelach wielowarstwowych. W konsekwencji modele te nie nadają się do projektów remontów drogowych.

Calculations: local strains



Calculate strains in the region of the crack
making use of finite element analysis



Bitufor®-MT

Building
Products

18

Rysunek 3 Obliczanie naprężeń w miejscach spękań

Dokładny opis metodologii obliczeń z wykorzystaniem definicji elementów skończonych stanowi dokument General Technical Documentation stanowiący Załącznik nr 1 do niniejszego opracowania.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- nacisk osi 100 kN (nacisk koła 50,0 kN)
- ciśnienie kontaktowe $q = 650$,
- temperatura równoważna 10°C

6. Rozwiązanie projektowe

Proponowana technologia remontu jezdni:

- frezowanie warstw asfaltowych na głębokość 2 cm
- ułożenie warstwy wyrównawczo-wzmacniającej grubości minimum 3 cm
- ułożenie siatki stalowej typu lekkiego o następujących parametrach technicznych:

Siatka powinna być wykonana z drutu okrągłego, a sześciokątne oczka powinny mieć wymiary 118 x 80 mm. W płaszczyźnie poprzecznej siatki znajdują się stężenia wykonane ze skręconego drutu płaskiego o przekroju prostokątnym 2 x 6,5 mm, zlokalizowane w odstępach co 235 mm. Cała siatka powinna być pokryta trwałą antykorozyjną powłoką cynkowo-aluminiową.

Właściwości siatek z drutu stalowego stosowanych w warstwach asfaltowych nawierzchni drogowych

Lp.	Właściwości	Jed- nostka	Wymagania dla siatki
			typu lekkiego
1	Średnica: - drut oczek - skrętka (drut płaski)	mm	$2,20 \pm 0,09$ $(6,5 \pm 0,20) \times (2,0 \pm 0,05)$
2	Wytrzymałość na rozciąganie: - drut oczek - skrętka (drut płaski)	N	$\geq 1\,450$ $\geq 7\,500$
3	Masa powłoki antykorozyjnej: - drut oczek - skrętka (drut płaski)	g/m ²	≥ 125 ≥ 80
4	Przyczepność powłoki antykorozyjnej: - drut oczek - skrętka (drut płaski)	o -	≤ 2 brak pęknięć/złuszczeń
5	Wytrzymałość na rozciąganie*: - wzdłuż pasma - w szerz pasma	kN/m	≥ 32 ≥ 32
6	Masa rolki długości 50 m, przy szerokości rolki 2 m, 3 m, 3,3 m, 4 m	kg	130 195 215 260
* Wytrzymałość na rozciąganie obliczona na podstawie wytrzymałości na rozciąganie pojedynczego drutu siatki			

- wykonanie membrany SLURRY SEAL gr. 1 cm
- wykonanie nowych warstw asfaltowych o gr. wg obliczeń

Zastosowanie siatki stalowej do wzmocnienia istniejącej nawierzchni ma na celu:

- zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej nowych warstw asfaltowych (zapobieżenie występowania spękań zmęczeniowych)
- ograniczenie deformacji warstw wierzchnich
- zapobieżenie deformacjom strukturalnym w miejscach wątpliwych
- zabezpieczenie warstw asfaltowych przed spękaniem odbitymi z podbudowy o charakterze sztywnym
- zapewnienie optymalnego rozkładu obciążeń,

Wartości modułów sprężystości warstw asfaltowych określono na podstawie nomogramu Van Der Poel'a oraz zależności ustalonych przez BRRC.

7. Obliczenie grubości nowych warstw asfaltowych

Przyjęto następujące założenia:

8. Obciążenie

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

• obciążenie osi obliczeniowej	100 kN
• ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem a nawierzchnią	650 kPa
• czas obciążenia kołem samochodu	0,02 s
• okres obliczeniowy	20 lat
• wymagana trwałość nawierzchni	2,50 mln osi 100 kN

9. Stałe materiałowe

8.1. Nowe warstwy asfaltowe

- Do warstwy ścieralnej przyjęto AC 11 S PMB 45/80-55
- Do warstwy wiążącej przyjęto beton asfaltowy AC 16 W 35/50
- Do warstwy wyrównawczo-wzmacniającej przyjęto beton asfaltowy AC 11 P

8.2. Obliczenie wzmocnienia nawierzchni w technologii Bitufor®

Naprężenia i odkształcenia w nawierzchni obliczono według teorii wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej. Konstrukcję zaprojektowano z zastosowaniem kryteriów zmęczeniowych warstw asfaltowych i deformacji podłoża, opracowanych przez BRRC (Belgia).

Schemat konstrukcji nawierzchni wzmocnionej. **Załącznik 01**

ODCINEK Z NAWIERZCHNIĄ ASFALTOWĄ

SCHEMAT DLA ROZWIĄZANIA BITUFOR – 2,5 mln osi 100 kN w okresie 20 lat
GRUNT RODZIMY G3; CBR=4%

	Warstwa ścieralna z AC 11 S gr. 4 cm	▽ 4 ▼ 4
	Warstwa wiążąca z AC 16 W gr. 4 cm	▽ 4 ▼ 8
	Siatka stalowa BEKAERT MT2 + Slurry Seal gr. 1 cm	▼ 9
	Warstwa wyrównawczo-wzmacniająca gr. 3 cm E = 2000 MPa	▽ 3 ▼ 12
	Istniejące warstwy asfaltowe gr. 4-7 cm E = 1000 MPa	▽ 4-7 ▼ 16-19
	Kamienie gr. 10-30 cm E = 250 MPa	▽ 10-30 ▼ 28-46
	Bruk gr. 13-20 cm E = 400 MPa	▽ 13-20 ▼ 45-66
	Podłoże gruntowe E=40 MPa	

Wymagana trwałość: **2,50 mln** osi 100 kN

ODCINEK Z NAWIERZCHNIĄ BETONOWĄ

SCHEMAT DLA ROZWIĄZANIA BITUFOR – 2,5 mln osi 100 kN w okresie 20 lat
GRUNT RODZIMY G3; CBR=4%

	Warstwa ścieralna z AC 11 S gr. 4 cm	▽ 4 ▼ 4
	Warstwa wiążąca z AC 16 W gr. 4 cm	▽ 4 ▼ 8
	Siatka stalowa BEKAERT MT2 + Slurry Seal gr. 1 cm	▼ 9
	Warstwa wyrównawczo-wzmacniająca gr. 3 cm E = 2000 MPa	▽ 3 ▼ 12
	Beton cementowy gr. 20-40 cm E = 5000 MPa	▽ 20-40 ▼ 32-52
	Pospółka piasek średni gr. 60 cm E = 150 MPa	▽ 60 ▼ 92-112
	Podłoże gruntowe E=40 MPa	

Wymagana trwałość: **2,50 mln** osi 100 kN