

Skuteczna i sprawdzona metoda naprawy istniejących nawierzchni z wykorzystaniem nowoczesnych kompozytów asfaltowych

mgr inż. Michał Gołos

Menedżer ds. technologii warstw asfaltowych

Tensar Polska Sp. z o.o.

I Forum Dni Asfaltu

Sesja V: Trendy rozwojowe w asfaltach i mieszankach mineralno-asfaltowych

Zakopane, dn. 21÷23.03.2022 r.

Główne przyczyny wzmocnienia warstw asfaltowych przy użyciu warstw pośrednich

Zastosowanie warstw pośrednich (siatek i kompozytów) do zbrojenia pakietu nowych warstw asfaltowych pozwala na skuteczne przeciwdziałanie powstawaniu następujących zniszczeń, pojawiających się w istniejących nawierzchniach drogowych, takich jak:

- poprzeczne spękania odbite,
- spękania niskotemperaturowe,
- spękania podłużne powstałe na połączeniu istniejącej nawierzchni z dobudowywanym poszerzeniem,
- zmniejszanie powstawania koleinowania w nowych warstwach asfaltowych,
- spękania zmęczeniowe,
- spękania powstałe w wyniku starzenia asfaltu,
- pojedyncze spękania, wyrwy, łaty i pustki powietrzne,
- inne zniszczenia widoczne na powierzchni jezdni.

Główne przyczyny wzmacniania warstw asfaltowych przy użyciu warstw pośrednich

Zastosowanie warstw pośrednich (siatek i kompozytów) do zbrojenia pakietu nowych warstw asfaltowych pozwala na skuteczne przeciwdziałanie powstawaniu następujących zniszczeń kań pojawiających się w istniejących nawierzchniach drogowych, takich jak:

- poprzeczne spękania odbite,
- spękania niskotemperaturowe,
- spękania podłużne powstałe w wyniku dobudowywanym poszerzeniem,
- zmniejszanie powstawania pęknięć w warstwach asfaltowych,
- **spękania zmęczeniowe**
- spękania powstałe w wyniku...
- pojedyncze spękania, wyrwy...
- inne zniszczenia widoczne r...

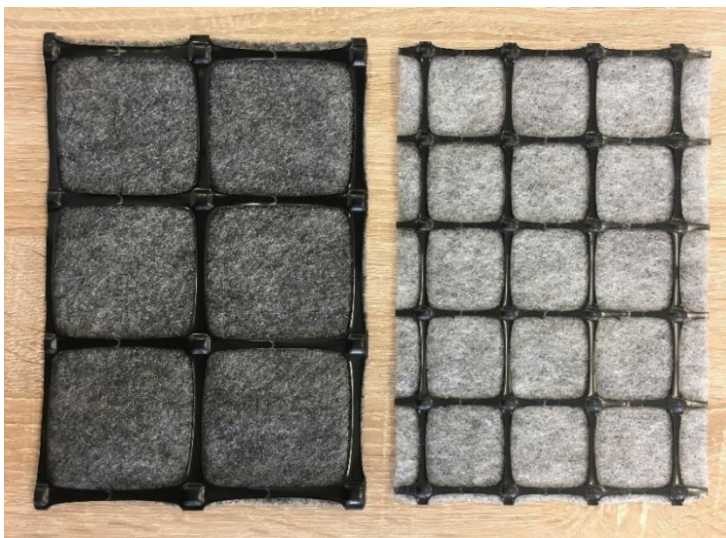
Opóźnienie procesu powstawania spękań zmęczeniowych:

- Wpływa na **wzrost trwałości zmęczeniowej** nawierzchni,
- Jest uwzględniane w procesie projektowania nawierzchni w **metodzie M-E** (jedno z dwóch kryteriów projektowych).
- Skuteczne i zweryfikowane podejście w oparciu o kompozyty na podstawie wykonanych badań

Kompozyty do zbrojenia warstw asfaltowych

Informacje ogólne

- **Kompozyty strukturalne** w skład których wchodzi monolityczny ruszt (PP) oraz termicznie zgrzana włóknina (PP):
- Dotychczasowe rozwiązania w oparciu o:
 - Ruszty dwuosiowe: **Tensor AR-GN** (65x65mm) & **AR-GNs** (39x39mm)
- Najnowsze podejście:
 - Ruszty trójosiowe, tzw. heksagonalne: **Tensor AX5-GN** (80mm kształt sześciokąta),



Czym jest kompozyt asfaltowy Tensar AX5-GN?

- Kompozyt składający się z:
 - monolitycznego (sztywnego) **trój-osiowego** rusztu zbrojeniowego z PP,
 - włókniny o wymaganej retencji bitumu ($\geq 1.1 \text{ kg/m}^2$) i o gramaturze $\geq 130\text{g/m}^2$.
- Przeznaczenie:
 - **Zwiększenie trwałości zmęczeniowej** (wydłużenie okresu trwałości nawierzchni)
 - Zbrojenie strukturalne, tzn. Wzmocnienie całego pakietu bitumicznego
 - Opóźnienie powstawania spękań zmęczeniowych
 - Warstwa przeciw-spękaniowa (zabezpieczenie przed innym typem spękań)



Kompozyty do zbrojenia warstw asfaltowych.

Funkcje kompozytu

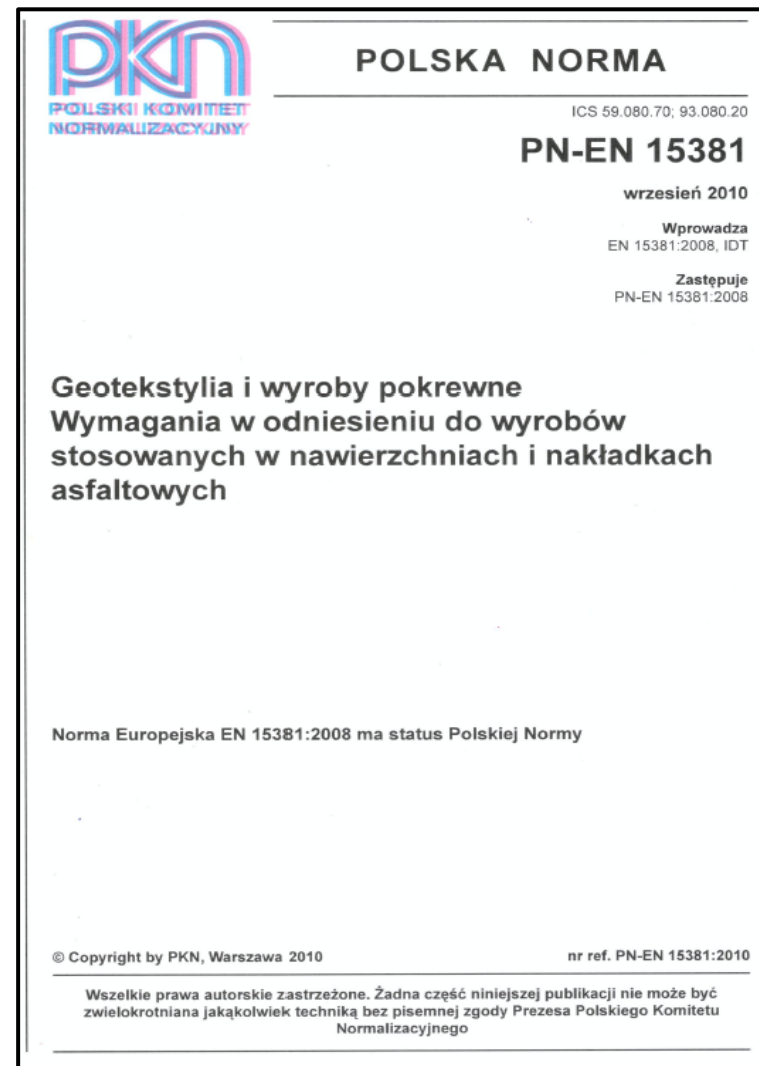
PN-EN 15381 (Norma krajowa)

Oznakowanie CE-zgodne z przeznaczeniem i funkcją wyrobu dla **kompozytów** stosowanych do warstw asfaltowych:

- **Zbrojenie/**
Reinforcement (R)

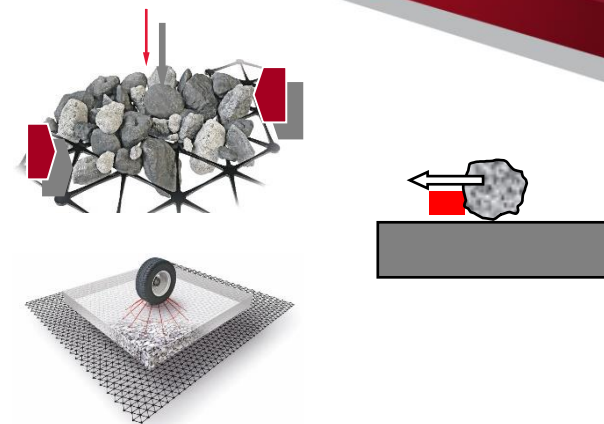
- **Rozproszenie naprężeń /**
Stress-relief (STR)

- **Bariera międzywarstwowa/**
Interlayer barrier (B)



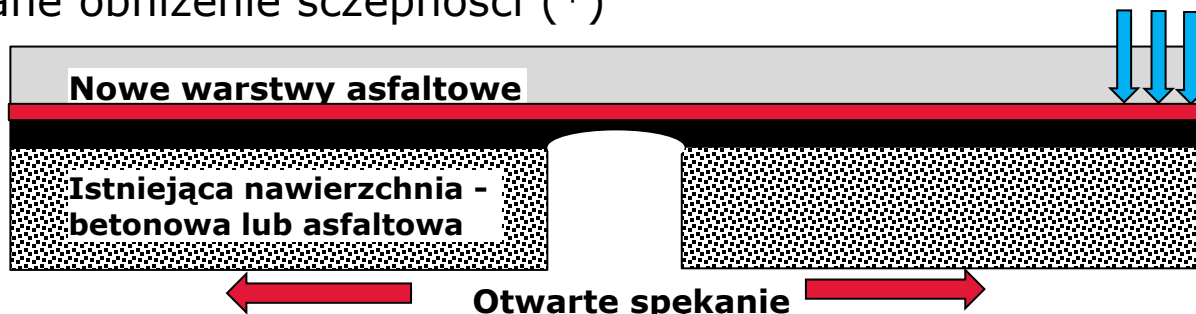
Funkcja zbrojeniowa (R). Ruszt monolityczny

- Zbrojenie poprzez poprzeczne zaklinowanie ziaren mieszanki m.-a. (*interlocking*) - koncepcja MSL
- Dystrybucja obciążenia od kół pojazdów poprzez mieszankę m.-a. we wszystkich kierunkach
- Poprawa parametrów zmęczeniowych poprzez wzrost izotropii układu (warstwa asfaltowa + kompozyt)



Rozproszenie naprężeń (STR) & Bariera międzywarstwowa (B). Nasączona asfaltem włóknina

- Warstwa SAMI (**S**tress **A**bsorbing **M**embrane **I**nterlayer)
- Nasączona asfaltem włóknina o dużej retencji- nawet ok. 1,5 kg/m²
- Ilość pozostałego lepiszcza: $\geq 1,2$ kg/m² (funkcja STR & B)
- Kontrolowane obniżenie szczepności (*)



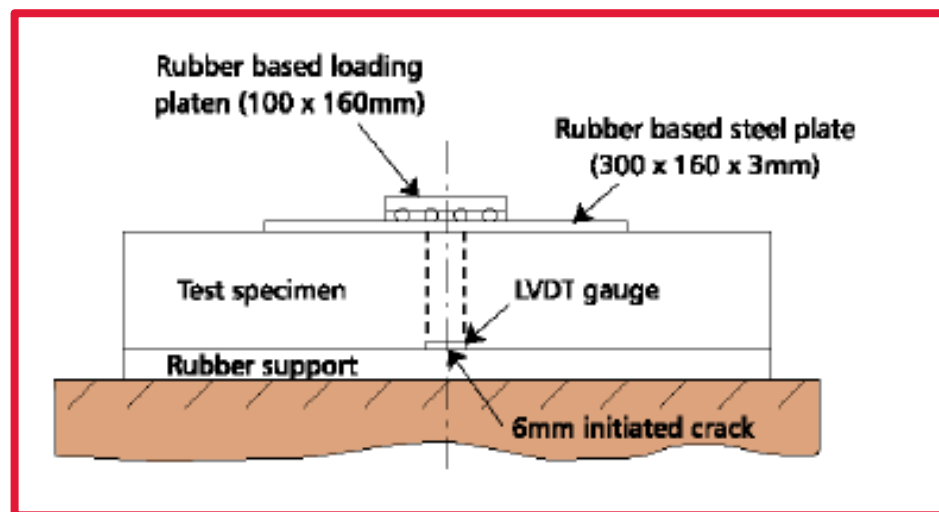
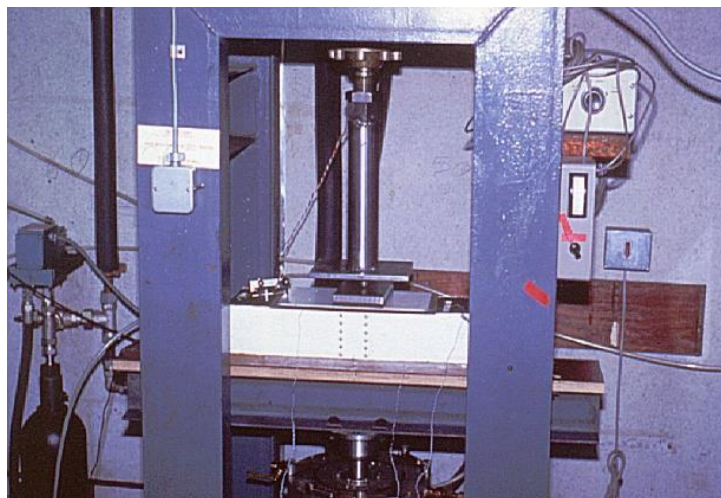
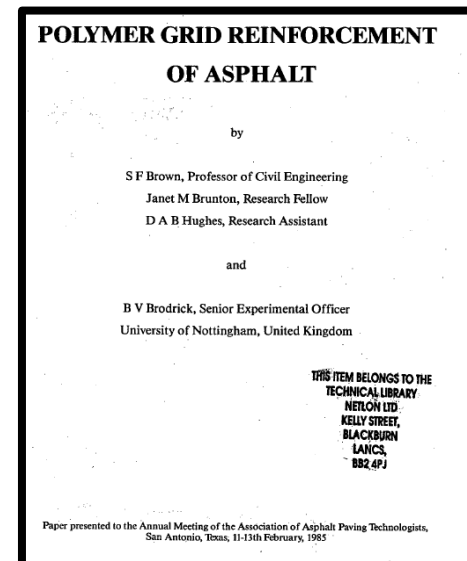
(*) Na pdst. PN-EN 15381: „Funkcja pełniona przez nasycony bitumem wyrób geotekstylny, który umożliwia **nieznaczne przemieszczenia między powierzchnią drogi a nową nakładką asfaltową**, dzięki czemu możliwe jest rozproszenie naprężeń, które opóźni lub powstrzyma propagację spękań w nakładce asfaltowej”

- 1985** **Research of Prof. Brown at all
*University of Nottingham (UK)***
- 1994 Tests for recycling *IFTA (GER)*
- 1995 Tests for milling *CROW (NL)*
- 2005 Long term test A6 – reflective cracking
*Public Works and Water Management Northern
Netherlands, Ooms Nederland Holding bv (NL)*
- 2005 Investigation on the influence of asphalt
reinforcement regarding bearing capacity
University Darmstadt (GER)
- 2007 Recycling of asphalt reinforcement
University Rostock (GER)
- 2015 Investigation on reflective cracking
University Wismar (GER)
- 2019 Testing of Asphalt Systems Incorporating Geosynthetics,
AECOM, Nottingham (UK)
- 2020 Research testing on fatigue increase,
Gdansk Univeristy of Technology (Poland)

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem.

Badania na Uniwersytecie w Nottingham, UK

- Prof. S F Brown & Zespół, Uniwersytet w Nottingham, UK, lata 80-90 XXw.
- Badania rusztu dwu-osowego Tensar AR
- Badania na belkach o grubości 10cm
- Ruszt umieszczony na głębokości ok. 1cm i 2cm od spodu warstwy

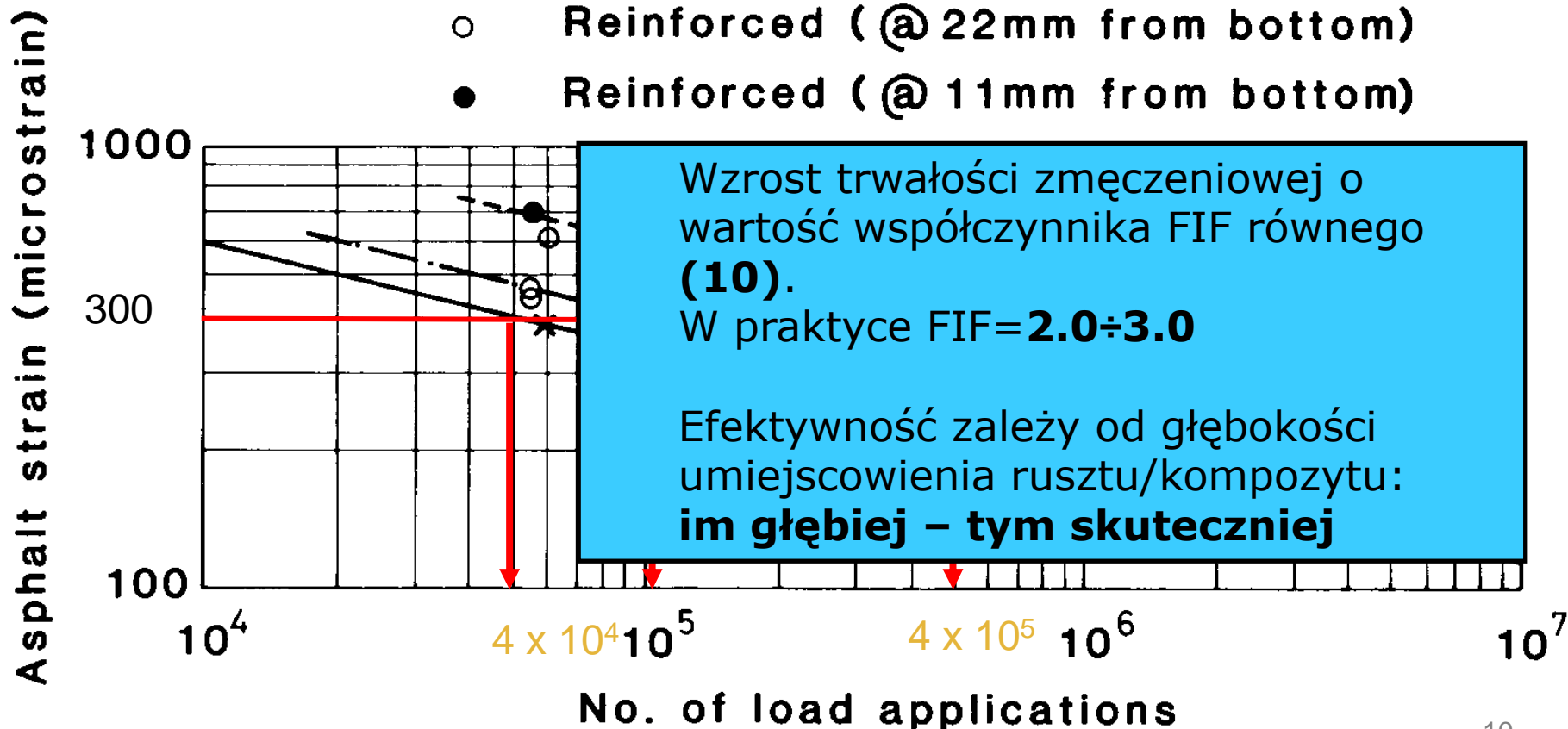


Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem.

Badania na Uniwersytecie w Nottingham, UK

Key:-

- x Unreinforced
- o Reinforced (@ 22mm from bottom)
- Reinforced (@ 11mm from bottom)



Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem.

Podejście projektowe

- Oficjalny dokument Tensar *Information Bulletin (IB)*



- *Fatigue Improvement Factor (FIF)* dla kompozytów dwu-osiowych: $2.0 \div 3.0$

Fatigue life improvement factors for asphalt reinforced with Tensar asphalt interlayers for pavement design purpose

Testing reported in this information bulletin, as well as existing projects performance, give us confidence that a **fatigue improvement factor of 2 to 3 of the relevant fatigue law is acceptable and quite safe.**

Fatigue cracking is however not the only mode of asphalt failure. Degradations like ravelling are not directly affected by grid reinforcement and may cause pavement degradation even before fatigue cracking takes its toll.

Rozwój programów badawczych z zastosowaniem warstw pośrednich. Spękania zmęczeniowe i odbite

- 1985 Research of Prof. Brown at all *University of Nottingham (UK)*
- 1994 Tests for recycling *IFTA (GER)*
- 1995 Tests for milling *CROW (NL)*
- 2005 Long term test A6 – reflective cracking
Public Works and Water Management Northern Netherlands, Ooms Nederland Holding bv (NL)
- 2005 Investigation on the influence of asphalt reinforcement regarding bearing capacity
University Darmstadt (GER)
- 2007 Recycling of asphalt reinforcement
University Rostock (GER)
- 2015 Investigation on reflective cracking
University Wismar (GER)
- 2019 Testing of Asphalt Systems Incorporating Geosynthetics,
AECOM, Nottingham (UK)
- 2020 Research testing on fatigue increase,
*Gdansk Univeristy of Technology (Poland)***

Badanie wpływu kompozytu na wzrost trwałości zmęczeniowej, Politechnika Gdańska, 2020

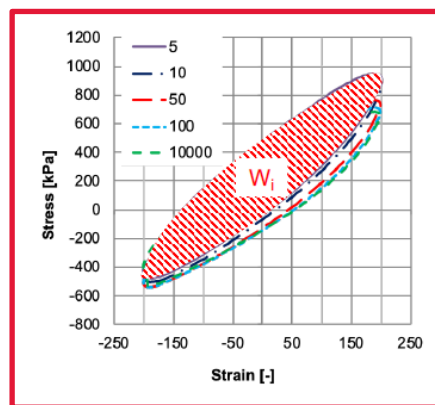
- Prof. P. Jaskuła z zespołem, Politechnika Gdańska, 2020
- Badanie kompozytów Tensor AX5-GN oraz AR-GN w zakresie wpływu na wzrost trwałości zmęczeniowej

Cel:

- ocena i porównanie wpływu zbrojenia geokompozytem **Tensor** warstw asfaltowych

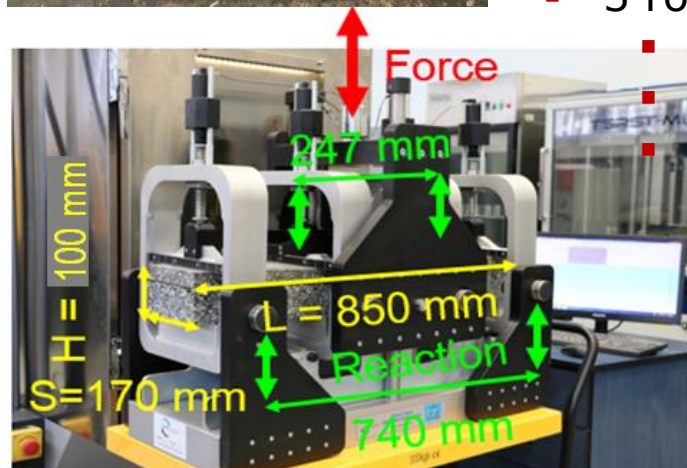
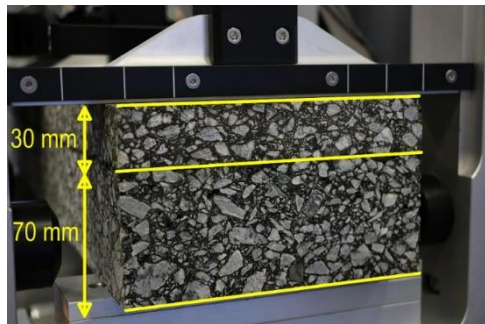
Zakres:

- weryfikacja zaleceń producenta dot. ilości skropienia – ścinanie bezpośrednie (badanie Leutner'a)
- odporność zmęczeniowa – 4PB, belki dwuwarstwowe bez nacięcia
- ocena propagacji spękania – 4PB, belki dwuwarstwowe z nacięciem



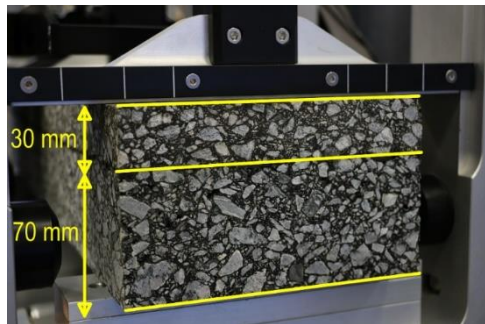
Badania na Politechnice Gdańskiej.

Założenia (1)

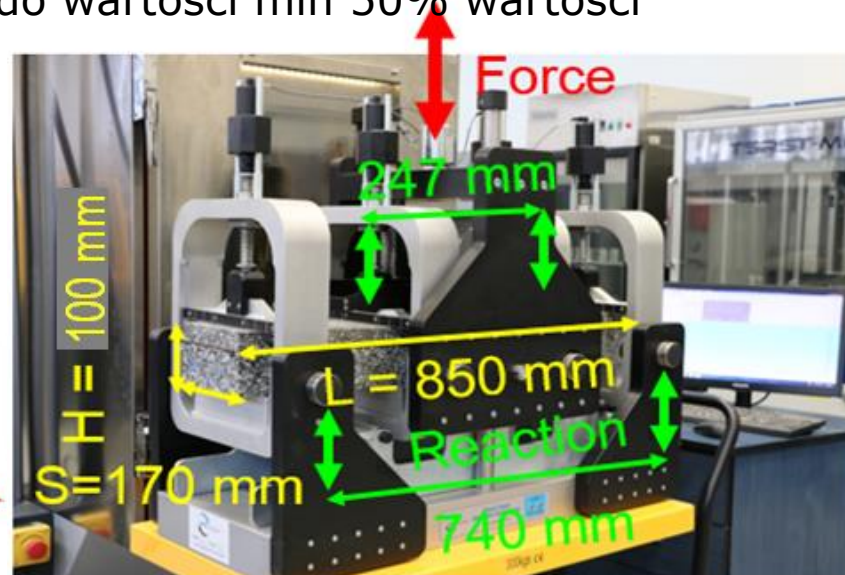
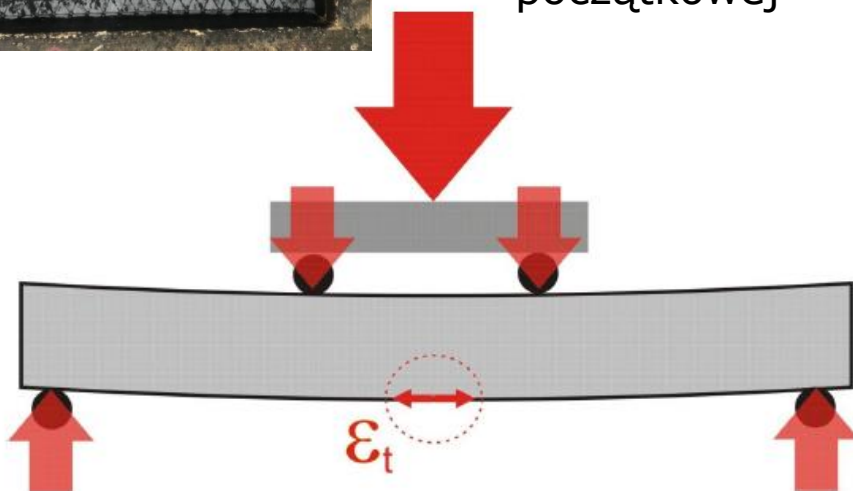


- Optimum: emulsja asfaltowa **C69 B3 PU** w ilości **1,2 kg/m² (po rozpadzie)** na pdst. badania metodą Leutnera
- Badania na belkach w 4PB (**Four Point Bending**)
- Użycie największych, jak dotychczas, belek do badań 4BP
- Układy dwuwarstwowe:
 - Warstwa wyrównawcza z AC 11W 35/50: 30mm,
 - Warstwa wiążąca z AC 16W 35/50: 70mm,
- 3 rodzaje próbek
 - Zbrojone kompozytem z rusztem dwu-osiowym (AR),
 - Zbrojone kompozytem z rusztem trój-osiową (AX5),
 - Próbki kontrolne (niezbrojone).

Badania na Politechnice Gdańskiej. Założenia (2)



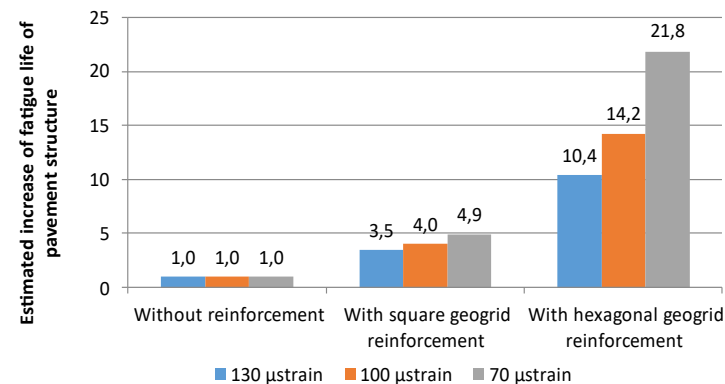
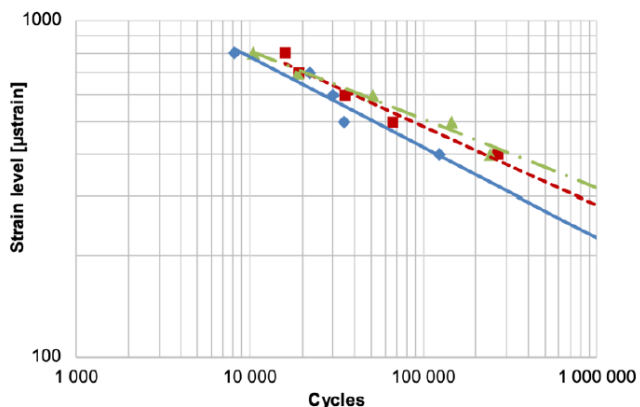
- Kontrolowany stan odkształceń w zakresie 5 poziomów: 400, 500, 600, 700 oraz 800 μ strain
- Badanie w temp. ekwiwalentnej: +13°C
- Zginanie w jednym kierunku, wymuszające pracę kompozytu w strefie rozciągania (symulacja warunków *in-situ*)
- Kryterium badania: spadek modułu sztywności badanej próbki do wartości min 50% wartości początkowej



Badania na Politechnice Gdańskiej.

Wnioski z badań. Belki bez nacięcia (1)

1. Na podstawie wykreślonych krzywych zmęzeniowych opracowano wielości trwałości zmęzeniowej badanych układów.



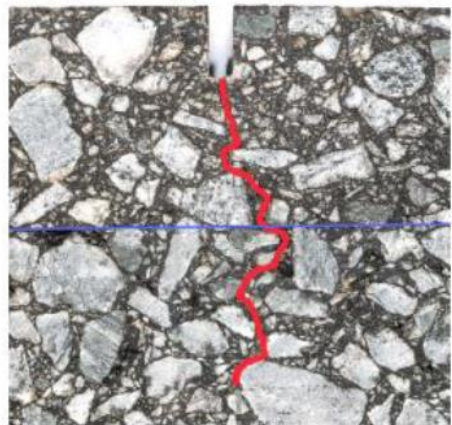
2. Układy zbrojone kompozytem z rusztem trój-osiowym (heksagonalnym) AX5-GN osiągnęły trwałości w zakresie:
 - **od 10 do 22 x wyższe** niż układy bez zbrojenia (próbki kontrolne), oraz
 - **od 3,0 do 4,5 x wyższe** niż układy ze zbrojeniem z siatką dwu-osiową (AR),
3. Typ i kształt rusztu ma zasadniczy wpływ na wzrost trwałości zmęzeniowej, ponieważ funkcja **Zbrojenie (R)** zależy od rusztu lub siatki zbrojącej.
4. Zastosowanie kompozytu AX5-GN do zbrojenia nakładek asfaltowych wydłuża okres użytkowania nawierzchni bez powstawania zniszczeń (ograniczona liczba spękań zmęzeniowych) i wpływa na zmniejszenie ilości zabiegów utrzymaniowych.

Badania na Politechnice Gdańskiej.

Wnioski z badań. Belki z nacięciem (2)

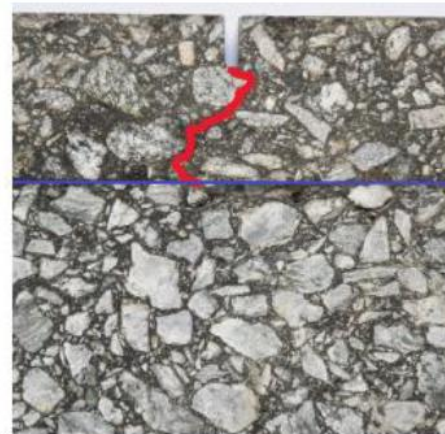
1. Kompozyt powoduje zmniejszenie propagacji spękań zmęczeniowych.
2. Włóknina nasączona bitumen skutecznie rozprasza naprężenia od spękania i redukuje (ogranicza) ich propagację do góry, w kierunku nowej nakładki asfaltowej (funkcja: **Rozpraszanie naprężeń STR**)

Bez zbrojenia



500 μ strain

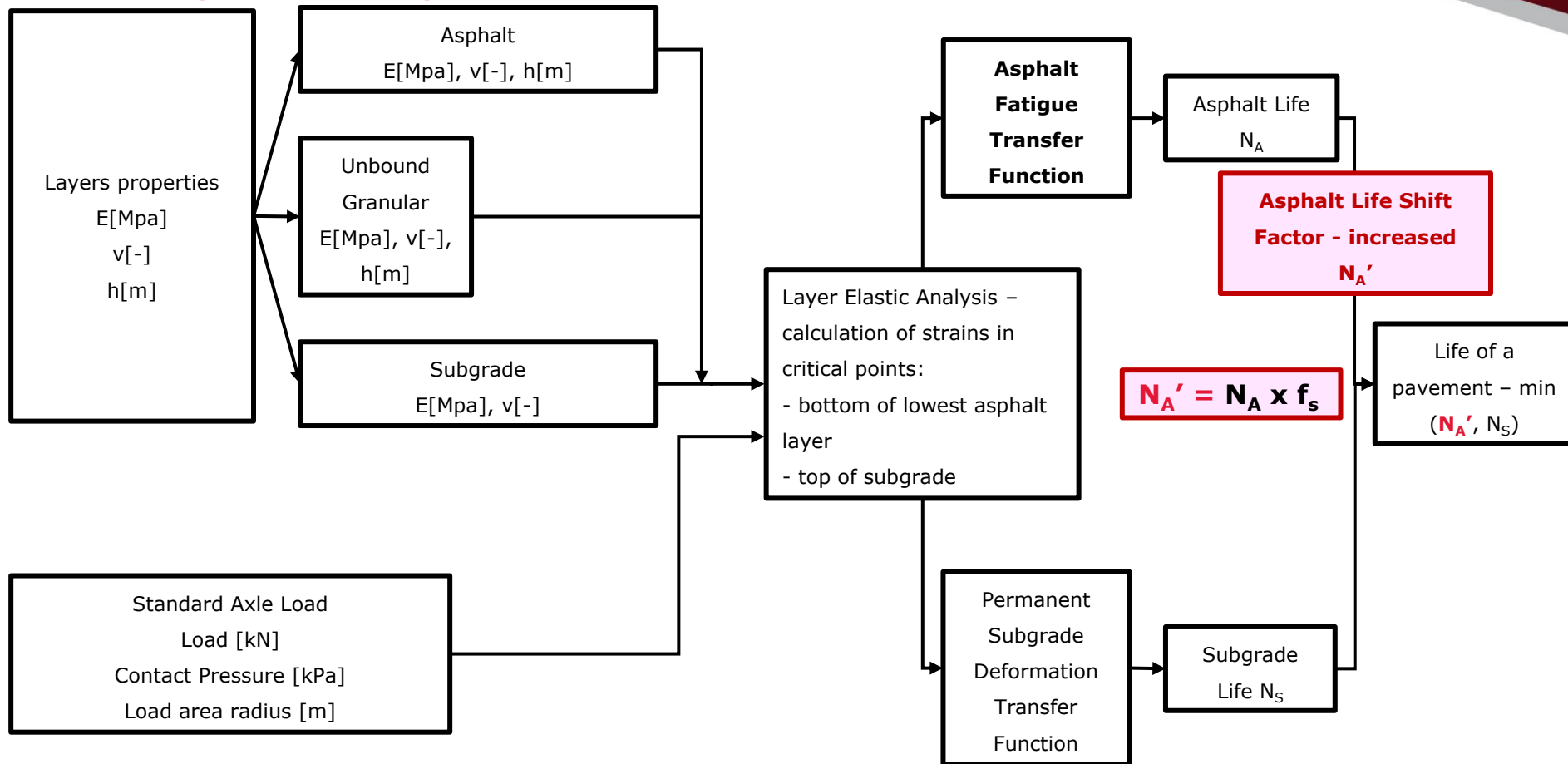
Ze zbrojeniem geokompozytem hexagonalnym



500 μ strain

Uwaga: próbki są zamocowane w aparacie 4PB 'do góry nogami'

Metoda Mechanistyczno-Empiryczna. Podejście projektowe



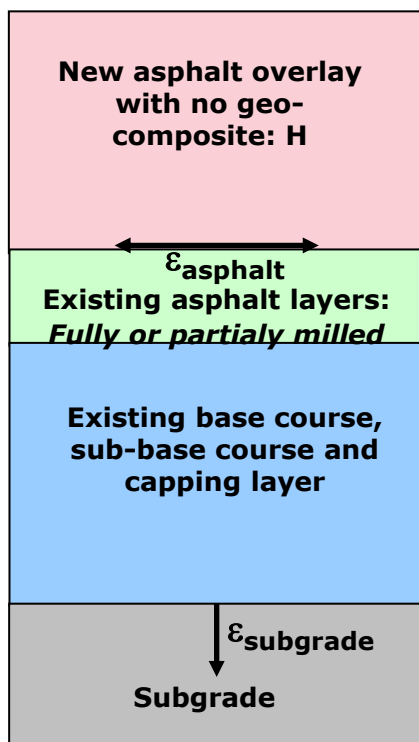
Na potrzeby projektowania i zastosowań praktycznych stosujemy obniżone współczynniki wzrostu:

- $f_s \leq 3,0$ (kompozytu z dwu-osiowymi rusztami AR-GN & AR-GNs)
- $f_s > 3,0$ (kompozyty z trój-osiowymi rusztami AX5-GN)

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem.

Projektowanie (1)

Przekrój 1



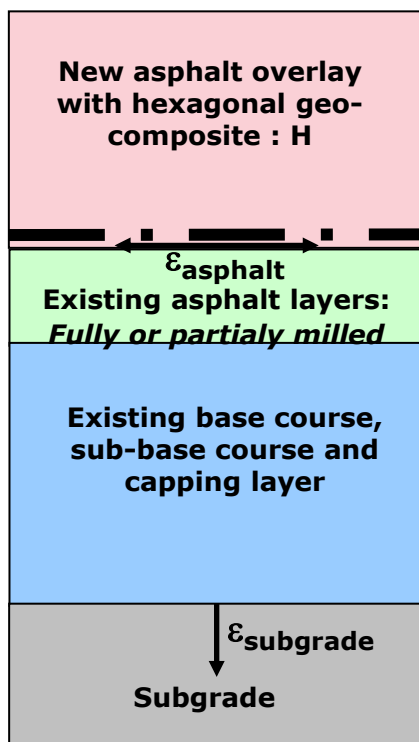
Przekrój 1:

- Typowy przekrój nie-zbrojony o grubości projektowanej nakładki (H)
- Zaprojektowany na wymaganą trwałość (N_0)

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem.

Projektowanie (2)

Przekrój 2

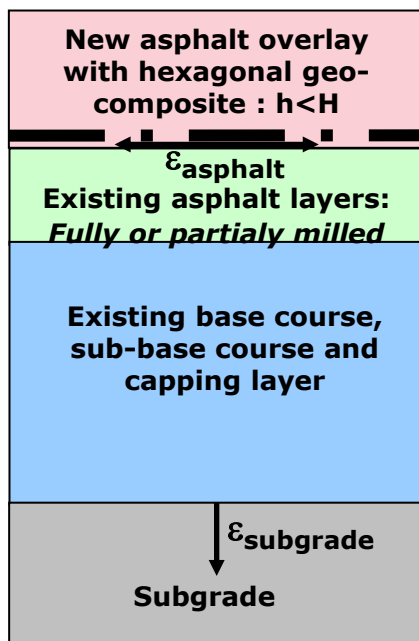


Przekrój 2:

- Przekrój z warstwami asfaltowymi zbrojonymi kompozytem o niezmięnionej grubości (H)
- Bardzo wyraźny wzrost trwałości zmęczeniowej ($N \gg N_0$)
- **Korzyść głównie dla Inwestora/Zamawiającego: dłuższa żywotność nawierzchni**

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej poprzez zbrojenie nakładki asfaltowej kompozytem. **Projektowanie (3)**

Przekrój 3



Przekrój 3:

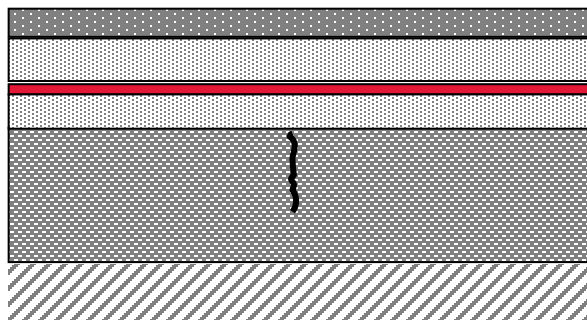
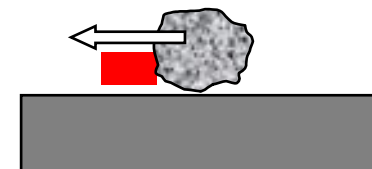
- Przekrój zbrojony kompozytem o grubości pocienionej (h)
- Zaprojektowany na co najmniej taką samą trwałość, jak wyjściowa ($N \geq N_0$)
- Główna korzyść to zmniejszona grubość nakładki ($h < H$)
- **Korzystne dla Wykonawcy/podwykonawcy (redukcja: kosztów, czasu i emisji CO₂ do atmosfery)**

Kompozyty do zbrojenia warstw asfaltowych. Zakres stosowania w przypadku remontów i wzmacniania nakładek



Nakładki asfaltowe

Zakres zastosowania (w-wa ściernalna+w-wa wiążąca):



Nowa: warstwa ściernalna: AC, SMA

Nowa: warstwa wiążąca: AC, AC WMA ≥ 6 cm

Kompozyt ruszt monolityczny + włóknina

Warstwa wyrównawcza lub jej brak, tj. układanie bezpośrednio na frezie (frez max do 10mm)

Istniejąca: nawierzchnia asfaltowa lub betonowa

Podłoże gruntowe

Zastosowanie kompozytów strukturalnych do zbrojenia warstw asfaltowych. **Podsumowanie**

1. Skuteczna poprawa trwałości zmęczeniowej nawierzchni /nakładki asfaltowej może nastąpić w oparciu o kompozyty na bazie sztywnego rusztu trój-osowego AX5-GN (lub ewent. dwu-osowego AR-GN/GNs).
2. Efektywność zbrojenia została udowodniona w badaniach laboratoryjnych (m. in. Nottingham Univeristy i Politechnika Gdańska) oraz w ramach prób i zastosowań terenowych.
3. Istnieje skuteczna metoda projektowa z możliwością zaimplementowania w obliczeniach wpływu kompozytu na nawierzchnię (Metoda Projektowa M-E dla kryterium spękań zmęczeniowych).
4. Skuteczność działania kompozytu jako warstwy zabezpieczającej przed spękaniem musi być związana z koniecznością realizacji 3 funkcji: R, STR i B, zgodnie z PN-EN 15381.
5. Istnieje możliwość frezowania kompozytów oraz ich powtórnego wykorzystania (proces recyklingu).
6. Prawidłowy proces instalacji i wbudowania kompozytu jest jednym z kluczowych elementów powodzenia realizacji zadania (warstwa szepna, prawidłowe rozłożenie, uniknięcie fałd i nierówności, min grubość warstw asfaltowych, itp).

Dziękuję za uwagę

