

Poprawa trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych dzięki zastosowaniu zbrojenia kompozytem strukturalnym Tensar AX5-GN

Zbrojenie warstw asfaltowych geosyntetykami jest rozwiązaniem stosowanym od kilku dekad. Wpływ takiego zbrojenia na trwałość zmęczeniową nawierzchni jest nadal przedmiotem badań.

Niniejszy Biuletyn Informacyjny przedstawia podsumowanie prac badawczych przeprowadzonych w Katedrze Inżynierii Drogowej i Transportowej na Politechnice Gdańskiej. Badaniu poddano innowacyjny produkt Tensar AX5-GN o heksagonalnej strukturze żeber. W ramach prac potwierdzono i wyrażono liczbowo poprawę trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych zbrojonych tym kompozytem.

1. Historia rozwoju kompozytów strukturalnych Tensar do zbrojenia warstw asfaltowych.

Proces produkcyjny rusztów i kompozytów Tensar do warstw asfaltowych był rozwijany przez ostatnie dziesięciolecie. W pierwszych badaniach laboratoryjnych (prof. S.F. Brown et al., University of Nottingham) oraz zastosowaniach terenowych rusztów polimerowych do zbrojenia warstw asfaltowych wykorzystywano monolityczne polipropylenowe ruszty dwukierunkowe o sztywnych węzłach (AR1) wyprodukowane przez firmę Tensar. Po latach dalszych udoskonaleń wprowadzona została nowa wersja materiału, składająca się z rusztu dwukierunkowego połączonego z włókniną, czyli pierwszy kompozyt Tensar do zbrojenia warstw asfaltowych (AR-G). Przy zastosowaniu warstwy szczepnej nałożonej w odpowiedniej ilości włóknina ułatwiała wbudowanie kompozytu, a zarazem spełniała funkcję warstwy rozpraszającej naprężenia oraz nieprzepuszczalnej bariery. W ramach kolejnych udoskonaleń wprowadzano różne typy włókniny różniące się stopniem absorpcji asfaltu, jak również produkty o różnych wielkościach oczek rusztu: większych (AR-GN) i mniejszych (AR-GNs). Znaczne ilości tych produktów zostały z powodzeniem zastosowane w licznych udanych realizacjach na przestrzeni wielu lat.

Dalszy rozwój produktu zaowocował nową postacią kompozytu do zbrojenia warstw asfaltowych, opartą na zastosowaniu rusztu o heksagonalnej strukturze w połączeniu z włókniną o wysokiej zdolności wchłaniania asfaltu. Koncepcja zastosowania takiego rusztu w warstwach asfaltowych została przeniesiona z udanych zastosowań podobnych rusztów do stabilizacji niezwiązanych warstw nawierzchni. Co więcej, nowa włóknina wchodząca w skład kompozytu ma optymalnie dobraną zdolność wchłaniania asfaltu z warstwy szczepnej, na której układany jest materiał. Dzięki temu nasiąknięta lepiszczem włóknina nie tylko ułatwia wbudowanie kompozytu, lecz także pełni funkcję membrany absorbującej naprężenia i nieprzepuszczalnej bariery dla wody.

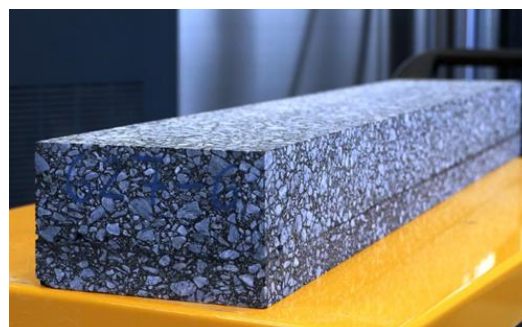
Firma Tensar nazwała najnowszy produkt jako AX5-GN. Jest on przeznaczony do specjalnych zastosowań w zbrojeniu warstw asfaltowych.

2. Badania wzrostu trwałości zmęczeniowej dzięki zastosowaniu Tensar AX5-GN

2.1. Przygotowanie próbek i warunki badania

Badania przeprowadzono na próbkach dwuwarstwowych przygotowanych wg następującego schematu:

- dolna warstwa z betonu asfaltowego AC 11 W 35/50 do warstwy wyrównawczej (30 mm grubości),
- górna warstwa z betonu asfaltowego AC 16 W 35/50 do warstwy wiążącej (70 mm grubości).



Rys. 1. Próbką dwuwarstwowa

Badaniom poddano dwa rodzaje kompozytów do zbrojenia warstw asfaltowych:

- Tensar AR-GN – kompozyt zawierający ruszt o kwadratowej strukturze (dwuosiowy),
- Tensar AX5-GN – kompozyt zawierający ruszt o heksagonalnej strukturze (trójosiowy).

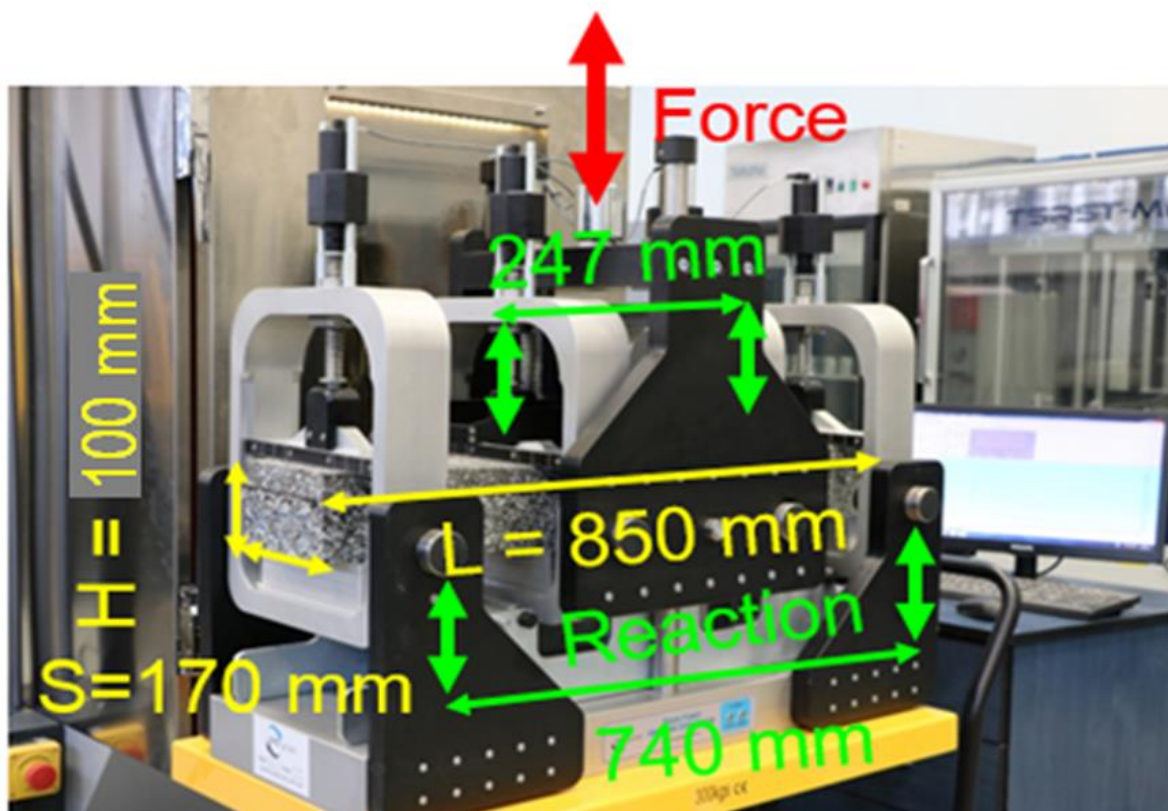
Przygotowano i przebadano również próbki referencyjne bez zbrojenia między warstwami asfaltowymi.

Do wykonania warstwy szepnej wybrano emulsję asfaltową C69 B3 PU do powierzchniowych utrwaleń zgodnie z BS EN 13808:2013, o pozostałej ilości lepiszcza po rozpadzie emulsji wynoszącej 1,2 kg/m². Wytrzymałość połączenia międzywarstwowego określono w badaniu ścinania bezpośredniego metodą Leutnera.



Rys. 2. Przygotowanie próbek

Badania zmęczeniowe przeprowadzono w schemacie belki czteropunktowo zginanej (4PB). Nowością w stosunku do dotychczasowo wykonywanych badań tego typu było zastosowanie belek o istotnie większych wymiarach (850 x 170 x 100 mm), co umożliwiło m. in. przeprowadzenie badań na próbkach dwuwarstwowych, o całkowitej grubości 10cm. Badania przeprowadzono w komorze klimatycznej utrzymującej stałą temperaturę 13°C, która odpowiada temperaturze ekwiwalentnej przyjmowanej do projektowania nawierzchni podatnych w wielu krajach Europy kontynentalnej.



Rys. 3. Schemat badania belki czteropunktowo zginanej

Próbki zostały poddane cyklicznym obciążeniom z częstotliwością 1 Hz, wywołującym sinusoidalną zmianę odkształcenia od wartości 0 do zadanej stałej maksymalnej wartości odkształcenia. Przyjęto pięć poziomów maksymalnego odkształcenia: 400, 500, 600, 700 i 800 μ strain. Wywoływano zginanie jednostronne, aby kompozyt pracował w strefie rozciąganej, symulując pracę nawierzchni drogowej w warunkach terenowych. Taki rodzaj badania zmęczeniowego określany jest w literaturze jako tryb kontrolowanego odkształcenia (*controlled strain mode*).

2.2. Wyniki badań. Trwałość zmęczeniowa badanych belek

Trwałość zmęczeniową N_f określono jako liczbę cykli do zniszczenia zmęczeniowego próbki, zdefiniowanego jako punkt, w którym moduł sztywności układu warstwowego w badaniu spadł do 50% sztywności początkowej.

Przebieg spadku modułu sztywności został podzielony na trzy fazy:

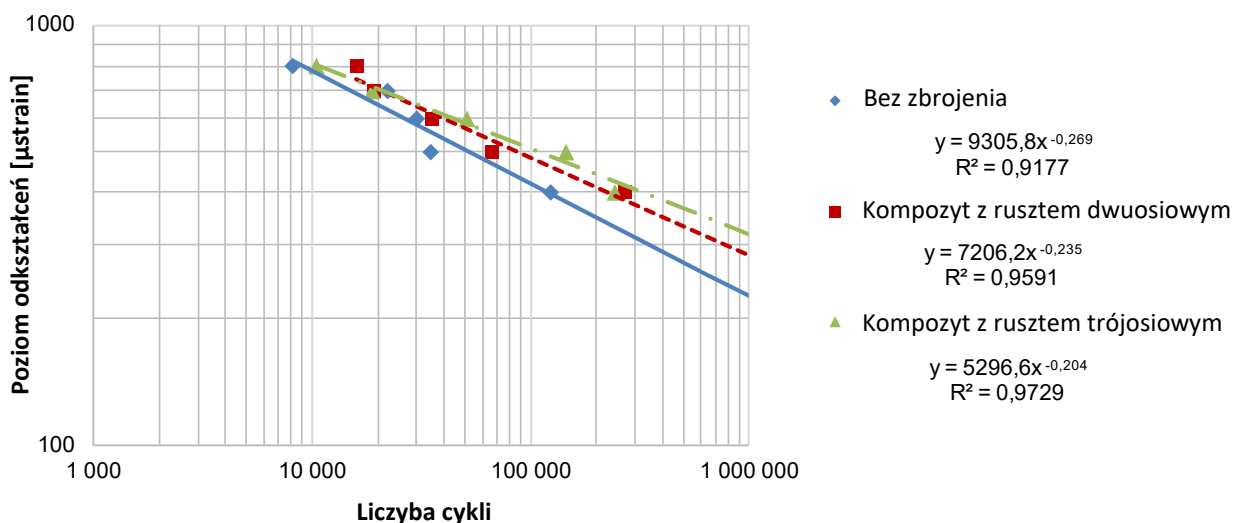
- faza początkowa – charakteryzująca się gwałtownym spadkiem sztywności,
- faza akumulacji zmęczenia – charakteryzująca się stopniowym rozwojem mikrospękań i stopniowym spadkiem sztywności,
- faza zniszczenia – charakteryzująca się wystąpieniem widocznych makrospękań.

Model zmęczeniowy (Rys. 4) dla dwuwarstwowych belek asfaltowych został opracowany poprzez naniesienie wyników trwałości zmęczeniowej (N_f) uzyskanych na różnych poziomach przyjętych wartości maksymalnego odkształcenia. Odzwierciedla ona liczbę cykli prowadzących do zniszczenia próbki w zależności od odkształcenia przyjętego w badaniach zmęczeniowych. Zaznaczone punkty przedstawiają ilość cykli, w których moduł sztywności układu dwuwarstwowego w badaniu spadł do 50% wartości początkowej, czyli została osiągnięta założona graniczna wartość trwałości zmęczeniowej (N_f).

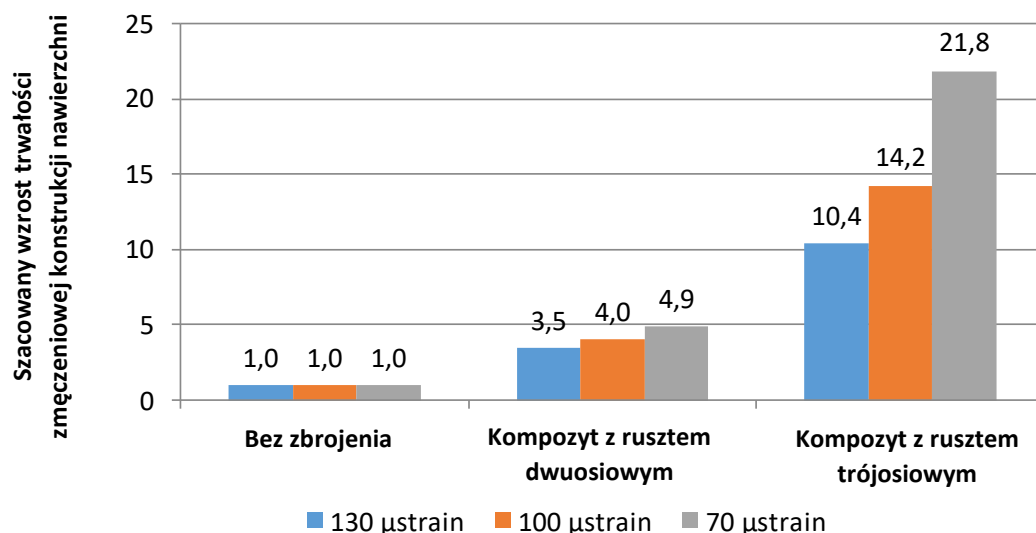
2.3. Kompozyt Tensor AX5-GN w badaniu kontrolowanego odkształcenia zwiększa trwałość zmęczeniową nakładki asfaltowej ponad dziesięciokrotnie

Przy założeniu typowego odkształcenia 130 μ strain, które występuje na spodzie warstw asfaltowych w nowych nawierzchniach zaprojektowanych na średnie obciążenie ruchem – tj. 16 cm warstw asfaltowych i 20 cm podbudowy z kruszywa łamanego na podłożu gruntowym o nośności wyrażonej modułem odkształcenia $E \geq 100$ MPa – zastosowanie zbrojenia warstw asfaltowych kompozytem Tensor AX5-GN może zwiększyć trwałość zmęczeniową 10,4 razy w porównaniu do trwałości nawierzchni bez zbrojenia warstw asfaltowych. Szacowany wzrost trwałości zmęczeniowej związany z zastosowaniem zbrojenia warstw asfaltowych na wybranych poziomach odkształcenia przedstawiony jest na Rys. 5.

Z porównania przedstawionego na Rys. 5 wynika, że efekt zbrojenia warstw asfaltowych kompozytem jest szczególnie korzystny w przypadku nawierzchni przeznaczonych dla ruchu średniego i ciężkiego – a więc konstrukcji o grubym pakiecie warstw asfaltowych, głębokim umiejscowieniu kompozytu w obrębie nawierzchni i mniejszych odkształceniach na spodzie warstw asfaltowych, np. na poziomie 70 μ strain. W takim wypadku osiągnięty współczynnik względnego wzrostu trwałości zmęczeniowej może wynieść nawet prawie 22. Efekt zbrojenia warstw asfaltowych kompozytem w przypadku nawierzchni dla ruchu lekkiego (o małej grubości pakietu warstw asfaltowych) będzie ograniczony, ponieważ decydującym kryterium konstrukcji nawierzchni cienkich będzie kryterium deformacji strukturalnych, nie zaś kryterium zmęczeniowe.



Rys. 4. Modele zmęczeniowe uzyskane z badań belek dwuwarstwowych z betonu asfaltowego



Rys. 5. Szacowany wzrost trwałości zmęczeniowej po zastosowaniu zbrojenia warstw asfaltowych kompozytem dla wybranych poziomów odkształcenia

3. Wnioski praktyczne z wyników uzyskanych w pracach badawczych

1. Na podstawie analizy szacowanych wartości trwałości zmęczeniowej można stwierdzić, że zastosowanie obu rodzajów kompozytów do zbrojenia warstw asfaltowych – tj. z rusztami o kwadratowej (dwuosiowej) strukturze oraz o heksagonalnej (wieloosiowej) strukturze – ma wyraźny pozytywny wpływ na trwałość zmęczeniową nawierzchni projektowanych dla średniego i ciężkiego ruchu.
2. Na podstawie wyników testów zmęczeniowych opracowano modele zmęczeniowe. Wskazują one, iż układy dwuwarstwowe zbrojone kompozytem z rusztem heksagonalnym AX5-GN cechuje trwałość zmęczeniowa większa od 10 do 22 razy (w zależności od poziomu odkształceń) od trwałości zmęczeniowej referencyjnych układów dwuwarstwowych bez zbrojenia.
3. Badania opisane w niniejszym Biuletynie Informacyjnym pozwalają stwierdzić, że konserwatywny i całkiem bezpieczny współczynnik wzrostu trwałości zmęczeniowej do stosowania w praktyce w przyszłych rozwiązaniach projektowych wynosi $>3,0$.

Materiały źródłowe:

1. The effect of Tensar AR-GN and AX5-GN composite reinforcement on fatigue life of asphalt layers. Final Report, Prof. Piotr Jaskula et al., Gdansk University of Technology, Gdansk, May 2020.
2. Fatigue Performance of Double-Layered Asphalt Concrete Beams Reinforced with New Type of Geocomposites, Jaskula P., Rys D., Stienss M., Szydłowski C., Golos M., Kawalec J., MDPI Materials, 14, 2190, April 2021.
3. Fatigue behaviour of AR1 and AR-G reinforced asphalt, Tensar IB/Grid_Fatigue, February 2012.

Informacje przedstawione w niniejszym biuletynie zastępują wszelkie wcześniejsze biuletyny w odniesieniu do tej kwestii i są przekazywane przez firmę Tensar International Limited bezpłatnie jedynie w ogólnych celach informacyjnych. Niniejszy dokument nie stanowi części jakiegokolwiek umowy ani nie ma na celu przekonania do zawarcia jakiegokolwiek umowy. Firma Tensar International Limited wyklucza w pełnym możliwym zakresie dopuszczalną prawnie oraz wszelką odpowiedzialność za jakiegokolwiek straty lub uszkodzenia wynikające z wykorzystania i postępowania według niniejszych informacji. Wybór stanowi wyłączną odpowiedzialność użytkownika

i to użytkownik ponosi wszelkie ryzyko i odpowiedzialność za ostateczne określenie przydatności jakiegokolwiek produktu i/lub projektu firmy Tensar International Limited, który ma zostać zastosowany w sposób wybrany przez użytkownika i w związku z określonym projektem.

Tensar International Limited

Tel: +44 (0) 1254 262431
 Faks: +44 (0) 1254 266867
 E-mail: sales@tensar.co.uk
www.tensar-international.com

Siedziba w Wielkiej Brytanii
Units 2 - 4 Cunningham Court
Shadsworth Business Park
Blackburn
BB1 2QX
Wielka Brytania

