

Nowe materiały i technologie: zastosowanie innowacji w praktyce

Tomasz Siwowski

Zakres prezentacji

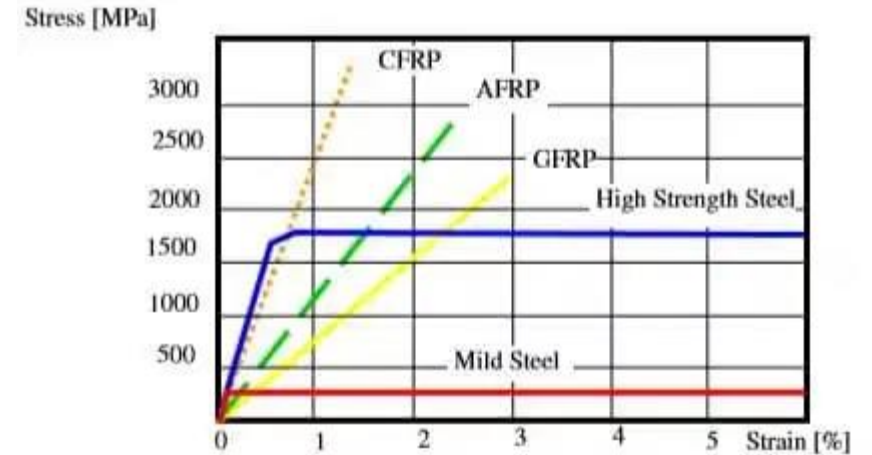
1. Pręty kompozytowe GFRP
2. Konstrukcje kompozytowe FRP
3. Nawierzchnie betonowe na mostach i w tunelach
4. Wybrane materiały z recyklingu
5. Diagnostyka i monitoring – nowa generacja

- Dlaczego warto stosować?
- Badania i projekty (PRz & partnerzy)
- Przykładowe realizacje (Promost & partnerzy)
- Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

Pręty kompozytowe GFRP

Dlaczego warto stosować?

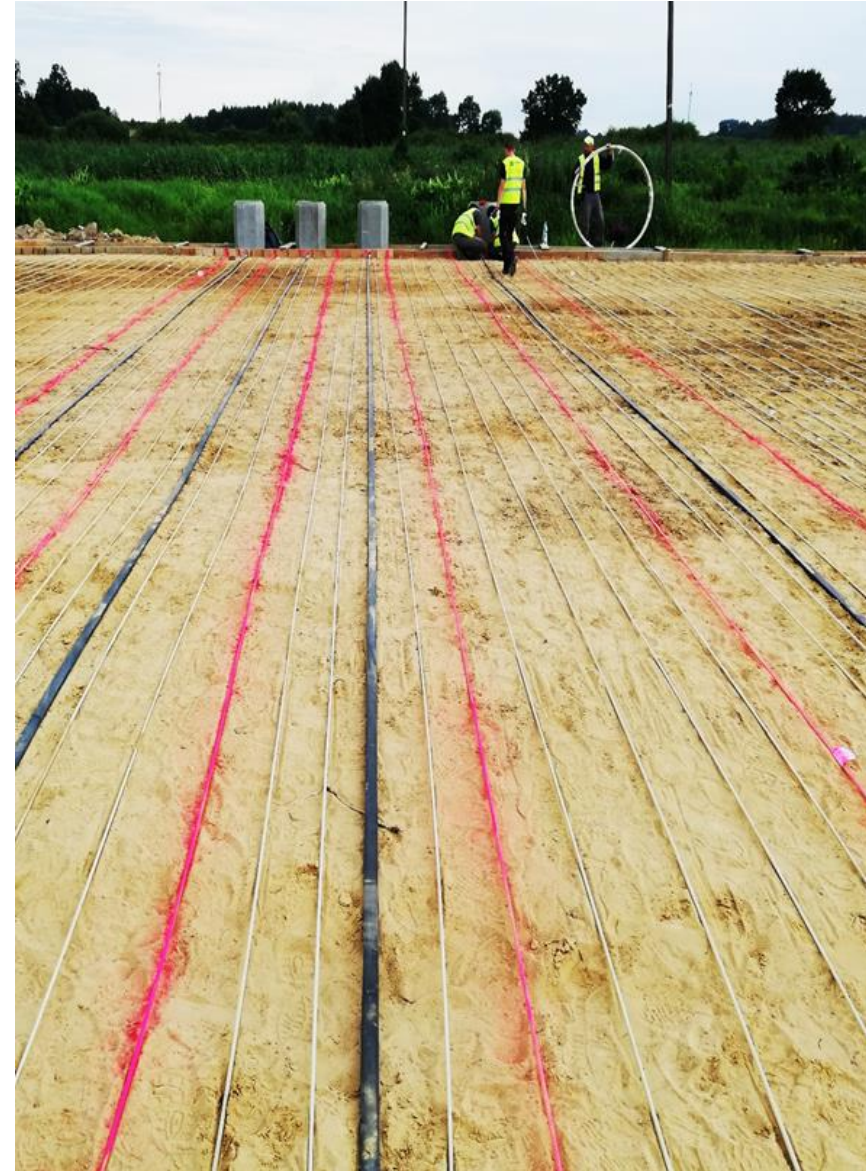
- wyższa wytrzymałość (2-3 x większa od stali)
- mniejsza masa (3 – 4,5 x mniejsza od stali)
- wysoka odporność na działanie czynników agresywnych (brak korozji)
- korzyści w zastosowaniu do zbrojenia betonu / gruntu:
 - niższa cena (10 – 50% mniejsza od stali)
 - wysoka trwałość betonowych elementów konstrukcyjnych mostów i dróg w środowisku agresywnym (sól do odładzania)
 - redukcja kosztów utrzymania obiektów i nawierzchni betonowych (LCCA)
 - mniejszy ślad węglowy (LCA)
- zakres zastosowania w mostach: kapy chodnikowe, płyty przejściowe, płyty pomostowe
- główne ograniczenia stosowania w mostach:
 - mniejszy moduł Younga (3 x mniejszy od stali)
 - mniejsze odkształcenia graniczne (4 -5 x mniejsze od stali)
- zakres zastosowania w drogach: zbrojenie ciągłe nawierzchni betonowych, wzmocnienie podłoża (siatki)



Pręty kompozytowe GFRP

Badania

- badania materiałowe prętów (PRz)
- badania trwałościowe prętów (PRz)
- badania elementów betonowych zbrojonych prętami (PRz)
 - płyty pomostowe
 - prefabrykaty łupinowe
- badania efektywności zbrojenia nawierzchni betonowych na drogach i mostach (TPA, SHM)
- badania efektywności zbrojenia gruntu (SHM)



Pręty kompozytowe GFRP Realizacje

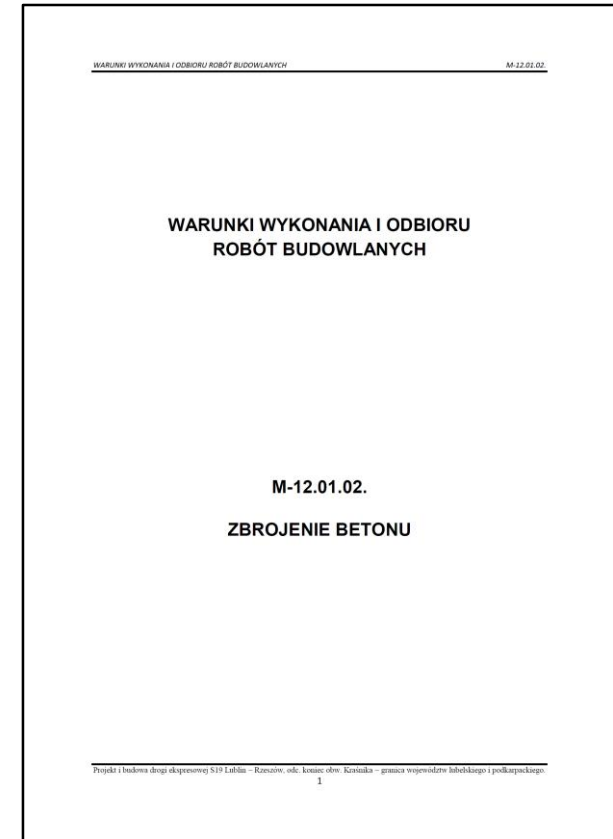
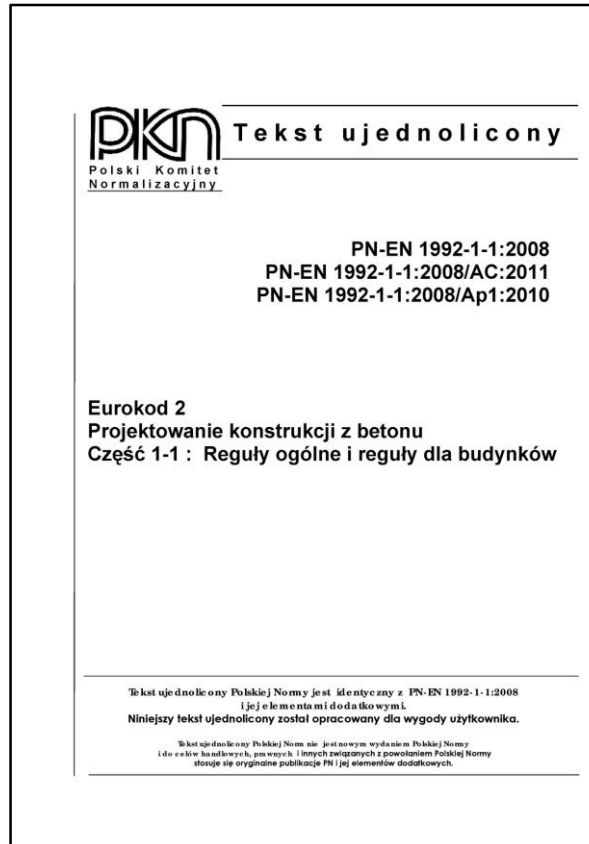
- płyta pomostu – most w Błazowej (Promost/Mostostal W-wa)
- płyta pomostu – kładka w Nowym Sączu (Promost/Mostostal W-wa)
- nawierzchnia betonowa - MOP Starcza Wschód (TPA/Strabag)
- warstwa transmisyjna nad kolumnami CMC – Lublin (Promost/Skanska)
- elementy tunelu TBM – S-19 Babica (Promost/Mostostal W-wa)



Pręty kompozytowe GFRP

Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

- polska norma projektowa – nowelizacja Eurokodu 2 (grudzień 2021)
- polski **podręcznik projektowania** (konstrukcja, nawierzchnia, geoinżynieria)
- szkolenia nt. projektowania (prowadzi m.in. KDiM PRz)
- **katalog obiektów / elementów typowych**
- odstępstwo / aktualizacja / nowe rozporządzenie MI (?)
- modyfikacja i/lub opracowanie nowych WWiORB / PFU dla poszczególnych zastosowań prętów
- modyfikacja i/lub opracowanie nowych AT i/lub KOT poszczególnych producentów krajowych



Konstrukcje kompozytowe FRP

Dlaczego warto stosować?

- wysoka wytrzymałość (3-4 x większa od stali)
- mniejsza masa (3-4 x mniejsza od stali)
- wysoka odporność na działanie czynników agresywnych (brak korozji)
- korzyści w zastosowaniu do konstrukcji mostowych:
 - porównywalna cena z konstrukcjami stalowymi
 - wysoka trwałość kompozytowych elementów konstrukcyjnych mostów w środowisku agresywnym (sól do odładzania)
 - szybkość i łatwość montażu
 - kształtowanie „na miarę”
 - redukcja kosztów utrzymania obiektów (LCCA)
 - mniejszy ślad węglowy (LCA)
- zakres zastosowania w obiektach mostowych:
dźwigary główne, płyty pomostowe, kształtowniki
- główne ograniczenia stosowania w mostach:
 - mniejszy moduł Younga (3 x mniejszy od stali)
 - mniejsze odkształcenia graniczne (4 -5 x mniejsze od stali)



Konstrukcje kompozytowe FRP

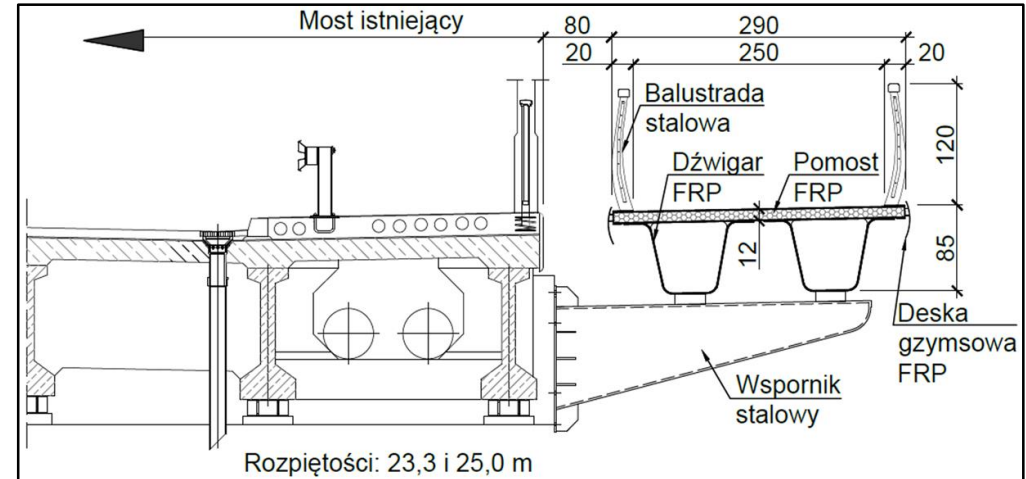
Badania KDiM PRz

- badania materiałowe i trwałościowe kompozytów FRP
- badania połączeń elementów
 - połączenia klejowe
 - połączenia śrubowe
 - zespolenie FRP - beton
- badania elementów kompozytowych
 - płyty pomostowe
 - dźwigary główne FRP
 - dźwigary hybrydowe FRP + beton
- badania obiektów mostowych
 - mosty drogowe (2 obiekty)
 - kładki dla pieszych (3 obiekty)



Konstrukcje kompozytowe FRP Realizacje

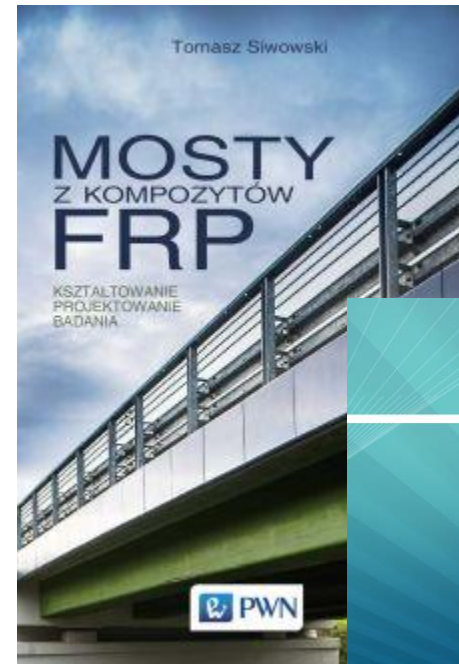
- most drogowy w Błażowej (Promost/Mostostal W-wa)
- most drogowy w Nowej Wsi (Promost/Mostostal W-wa)
- kładka w Legionowie (Promost/Skanska)
- kładka w Rzeszowie (Promost/Intop)



Konstrukcje kompozytowe FRP

Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

- polska norma projektowa – nowy Eurokod (grudzień 2021)
- szkolenia nt. projektowania (prowadzi KDiM PRz)
- uzupełnienie **katalogu typowych obiektów mostowych**
- odstępstwo / aktualizacja / nowe rozporządzenie MI (?)
- opracowanie WWiORB / PFU dla zastosowań kompozytów FRP
- **monitoring mostów kompozytowych**, ocena zachowania podczas eksploatacji



Nawierzchnie betonowe na mostach

Dlaczego warto stosować?

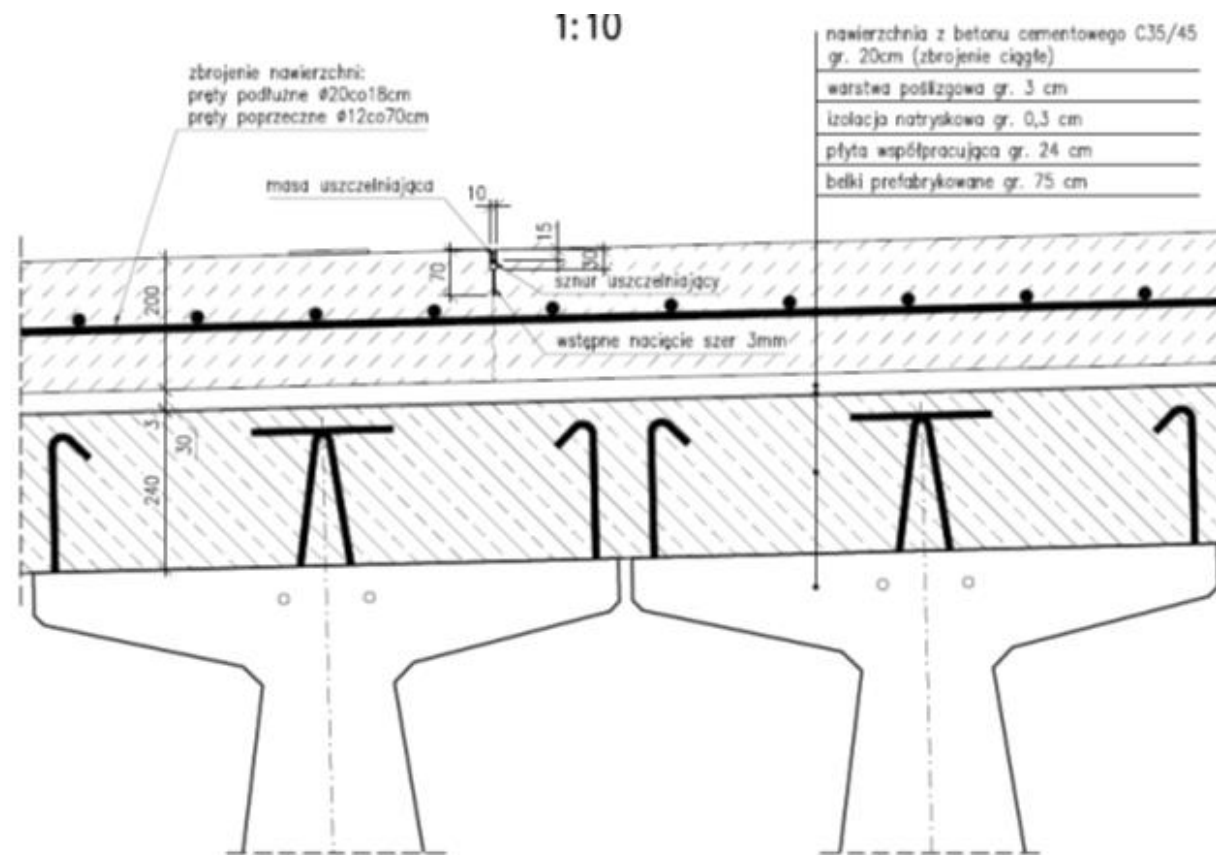
- ujednolicenie nawierzchni na drodze i obiekcie mostowym (w przypadku dróg betonowych)
- jednolite właściwości użytkowe nawierzchni – makro i mikrotekstura, właściwości przeciwpoślizgowe, rodzaj materiału
- większa trwałość nawierzchni, odporność na koleinowanie
- wyeliminowanie miejsc styku „beton-bitum” (brak degradacji)
- jasny kolor nawierzchni - poprawa bezpieczeństwa, obiekty są lepiej widoczne po zmroku
- jasny kolor nawierzchni – nawierzchnia mniej podatna na zmiany temperatury



Nawierzchnie betonowe na mostach

Projekt pilotażowy i nadzór naukowy PRz & PWr

- inwestycja pn. „Budowa drogi ekspresowej S7 odc. Pieńki-Płońsk”
- 5 obiektów inżynierskich z nawierzchnią z betonu cementowego w dwóch wariantach:
 - wariant 1: nawierzchnia z betonu cementowego stanowiąca jednocześnie górną płytę pomostu (bez warstw pośrednich) - 3 obiekty
 - wariant 2: nawierzchnia z betonu cementowego na warstwie poślizgowej z asfaltu lanego i izolacji z MMA - 2 obiekty
- zbrojenie dodatkowe z prętów GFRP w wariantcie 1
- indywidualne rozwiązania wyposażenia pomostu (wpusty, urządzenia dylatacyjne, krawężniki itp.)



Nawierzchnie betonowe na mostach

Realizacja

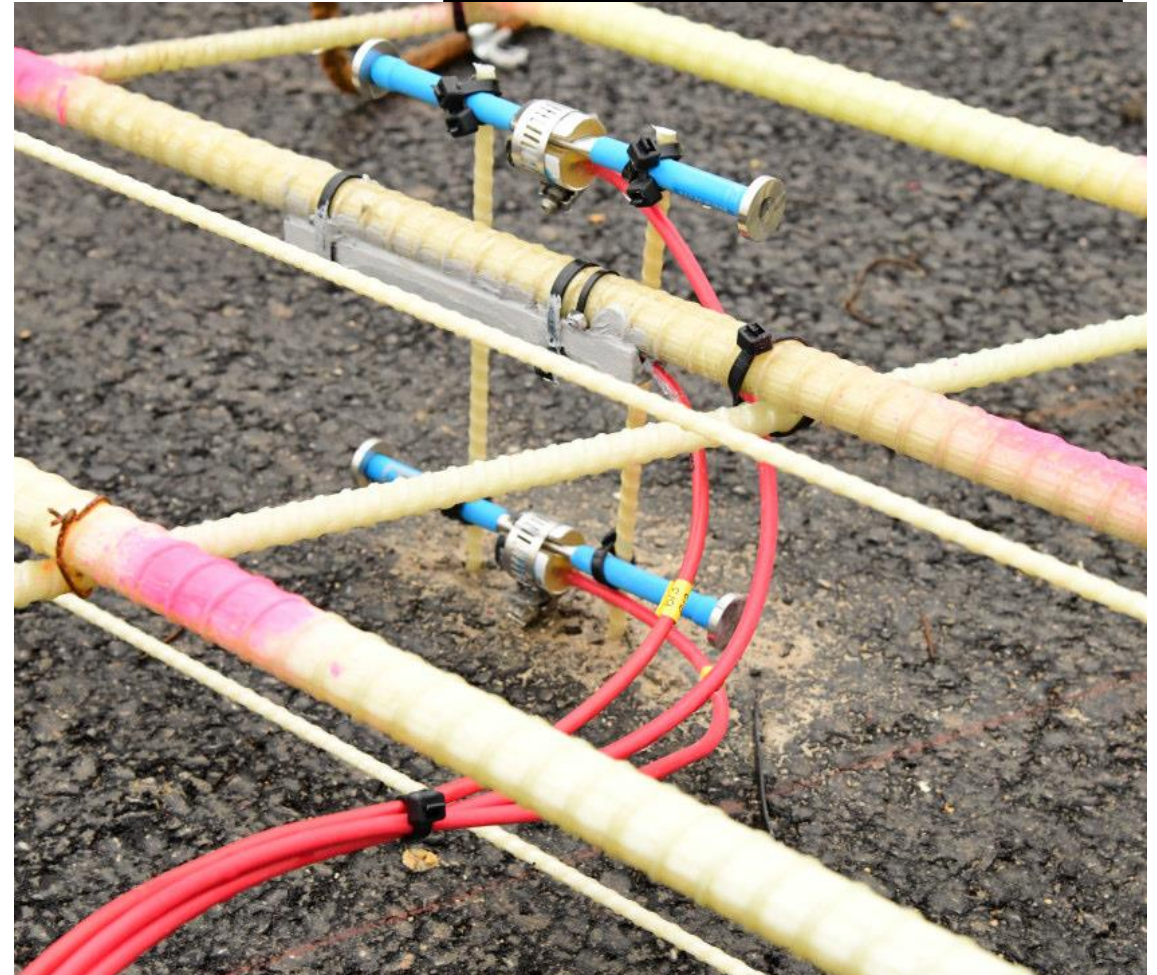


Katedra Dróg i Mostów, Politechnika Rzeszowska

Nawierzchnie betonowe na mostach

Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

- uzupełnienie **katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych o nawierzchnie na obiektach mostowych**
- uzupełnienie **katalogu typowych detali obiektów mostowych (wyposażenie)**
- odstępstwo / aktualizacja / nowe rozporządzenie MI (?)
- opracowanie WWiORB / PFU dla nawierzchni z betonu cementowego na obiektach mostowych
- monitoring pilotażowych nawierzchni z betonu cementowego na obiektach mostowych, ocena zachowania podczas eksploatacji (przykład: TPA)



Nawierzchnie betonowe w tunelach

Dlaczego / czy warto stosować?

- ujednolicenie nawierzchni na drodze i w tunelu (tylko w przypadku dróg betonowych)
- większa trwałość nawierzchni, odporność na koleinowanie
- problemy w przypadku płyty podjezdniowej:
 - konieczność wykonania dylatacji mechanicznych nawierzchni i koszt ich utrzymania
 - konieczność zapewnienie skutecznej współpracy nawierzchni i płyty podjezdniowej
 - w przypadku remontu nawierzchni konieczność wymiany izolacji płyty podjezdniowej (wzrasta czas i koszt wymiany)
- bezpieczeństwo pożarowe w zależności od rodzaju nawierzchni jest porównywalne
- dłuższy czas (zamknięcia) i większy koszt remontu / wymiany nawierzchni betonowej



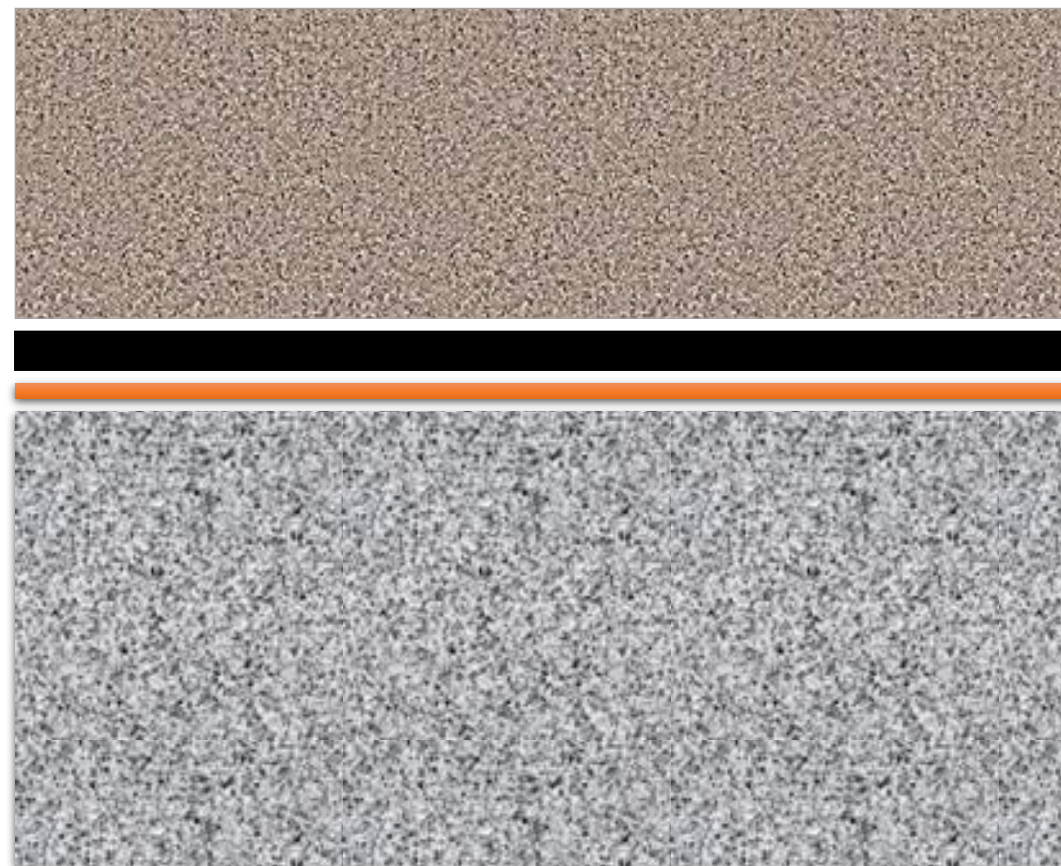
- tunel drogowy T-1, będący elementem drogi ekspresowej S19 na odcinku od węzła Rzeszów Południe do węzła Babica o długości około 10,3 km
- tunel wykonywany technologią TBM, wentylacja mechaniczna półpoprzeczna
- konieczność ukształtowania płyty podjezdniowej (mostowej)
- nawierzchnia wg PFU (KTKNSz):
 - warstwa nawierzchniowa z betonu – 27 cm
 - warstwa poślizgowa – geowłóknina
 - warstwa **podbudowy zasadniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C 8/10** – 18 cm



Nawierzchnie betonowe w tunelach

Projekt nawierzchni w tunelu w Babicy – PRz&PWr

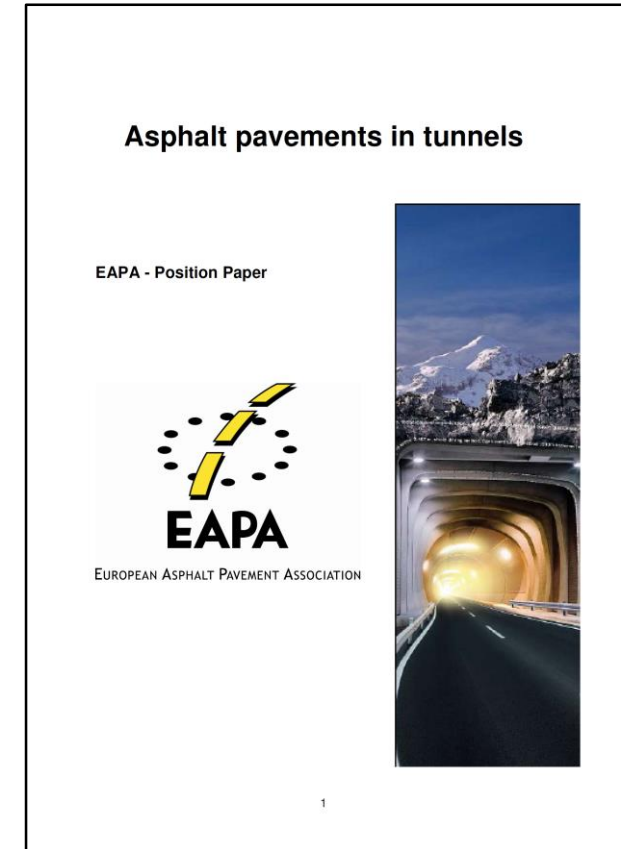
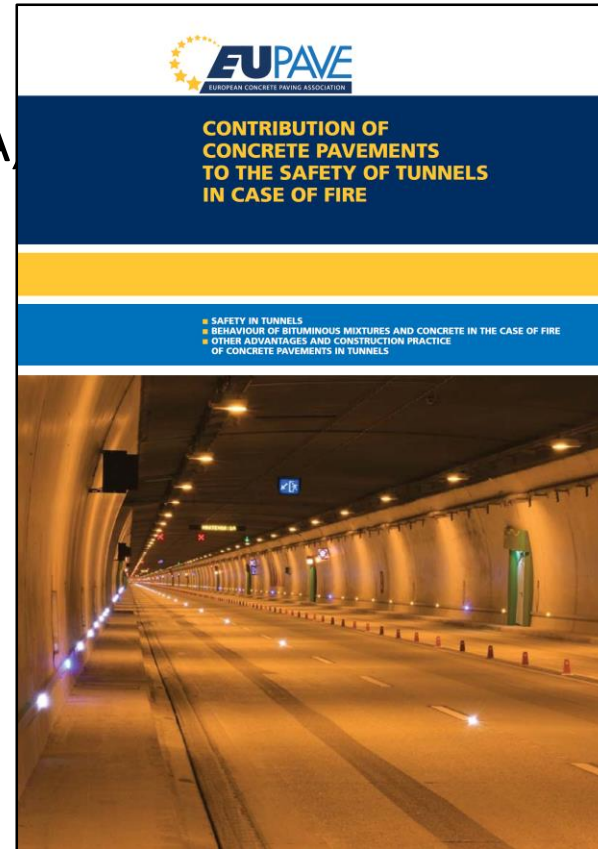
- I. **Warstwa nawierzchniowa:**
beton cementowy, dyblowany i kotwiony, grubość 27 cm
- II. **Warstwa poślizgowa:** beton asfaltowy (BA), grubość 3 cm
- III. **Izolacja** płyty podjezdniowej (MMA), grubość 0,5 cm
- IV. **Podłoże, płyta podjezdniowa:**
beton cementowy zbrojony (BCZ), grubość 40 cm



Nawierzchnie betonowe w tunelach

Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

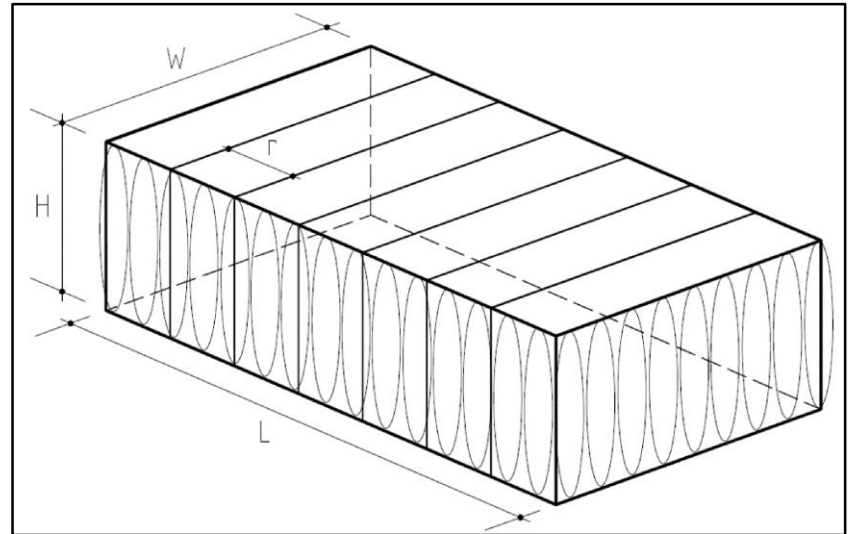
- analiza porównawcza nawierzchni w warunkach pożaru, analizy LCA, LCCA dla nawierzchni w tunelach – wytyczne stosowania (wykorzystania opracowań EPA, EUPAVE)
- opracowanie **katalogu typowych konstrukcji nawierzchni w tunelach** (dotyczy płyt podjezdniowych)
- opracowanie **katalogu typowych detali wyposażenia** jezdni w tunelach
- opracowanie WWiORB / PFU dla nawierzchni z betonu cementowego w tunelach
- monitoring pilotażowych nawierzchni z betonu cementowego w tunelach, ocena zachowania podczas eksploatacji



Materiały z recyklingu – zużyte opony samochodowe

Dlaczego warto stosować?

- preferowanym rozwiązaniem problemu zużytych opon samochodowych jest **recykling produktowy**
- polega on na ponownym wykorzystaniu w całości lub w części opon z ewentualnym wykorzystaniem niskoenergetycznych procesów przetwarzania, np. **prasowanie opon w pakiety**
- taka forma recyklingu wykorzystuje unikalne właściwości opon, do których należą:
 - mały ciężar objętościowy
 - dobre właściwości mechaniczne
 - bardzo dobre właściwości drenażowe
 - bardzo dobre właściwości wibroizolacyjne
 - dobra izolacyjność akustyczna
- materiał poddany tej formie recyklingu najlepiej nadaje się do wykorzystania **w budownictwie komunikacyjnym i hydrotechnicznym**



Materiały z recyklingu – zużyte opony samochodowe

Badania KDiM PRz

- badania mechaniczne pakietów
- badania ścinania „pakiet – pakiet” i „pakiet – zasypka”
- badania pełzania
- badania tłumienia
- badania parcia zasypki z pakietów
- badania środowiskowe



Materiały z recyklingu – zużyte opony samochodowe

Zastosowanie i realizacja

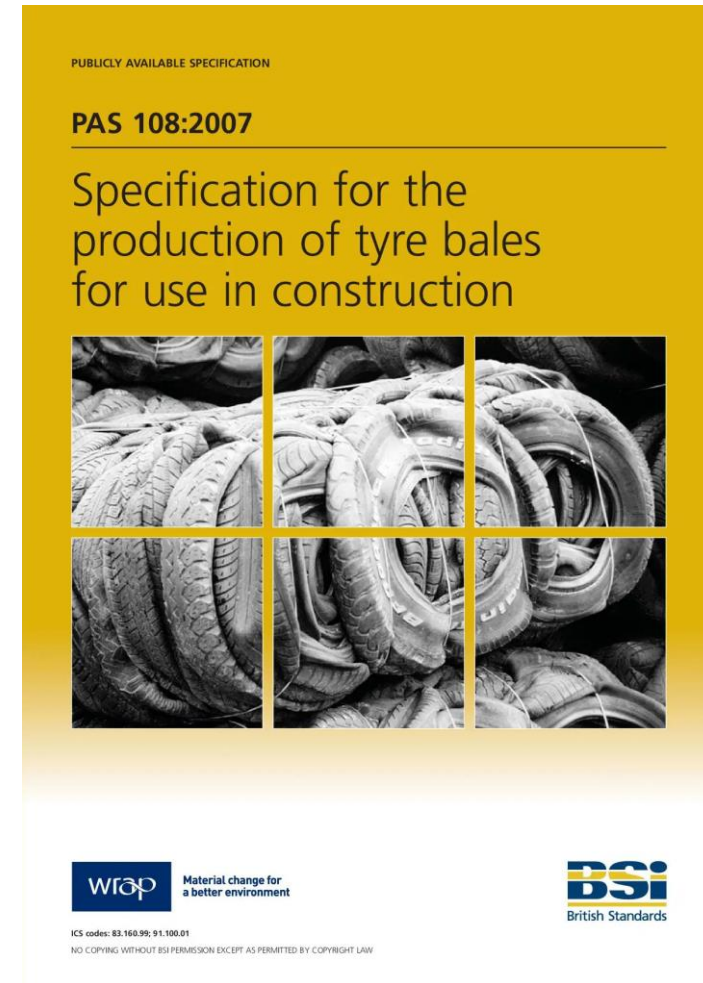


Katedra Dróg i Mostów, Politechnika Rzeszowska

Materiały z recyklingu – zużyte opony samochodowe

Co jest potrzebne do szerszego wdrożenia?

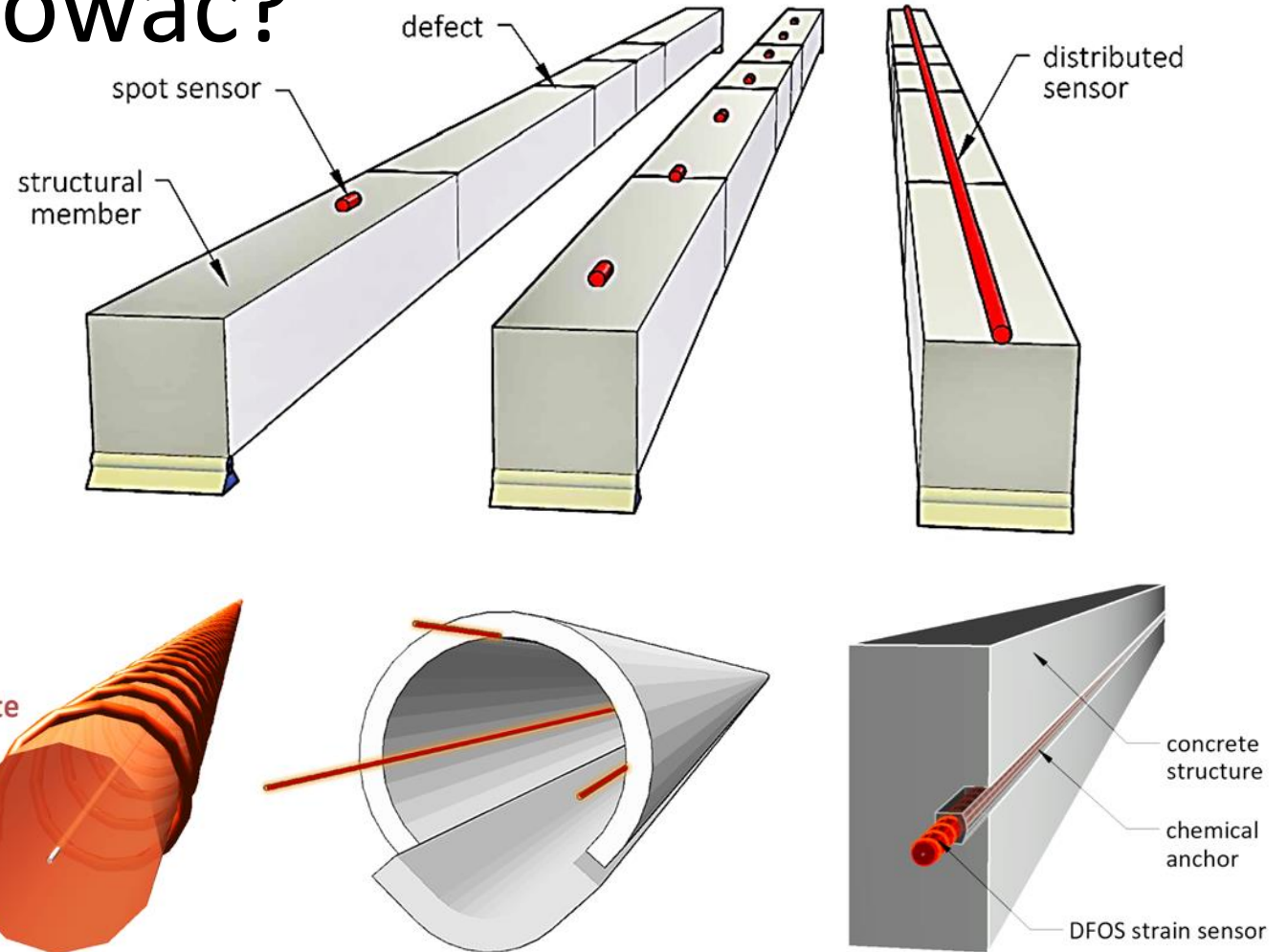
- specyfikacja techniczna produkcji pakietów i zastosowania w budownictwie drogowym i mostowym
- podręcznik projektowania różnych aplikacji pakietów
- katalog typowych zastosowań
- szkolenia nt. projektowania
- odstępstwo / aktualizacja / nowe rozporządzenie MI (?)
- opracowanie nowych WWiORB / PFU dla poszczególnych zastosowań pakietów



Diagnostyka i monitoring – światłowody DFOS

Dlaczego warto stosować?

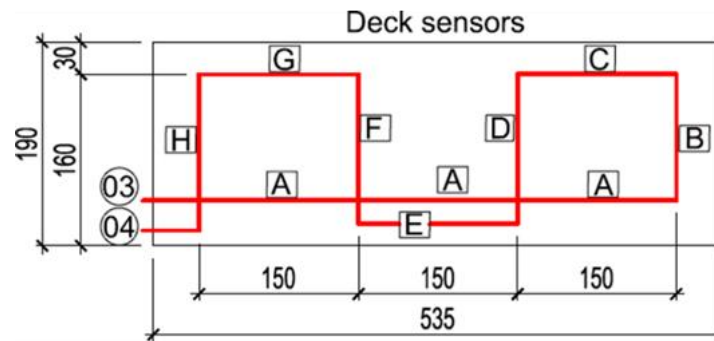
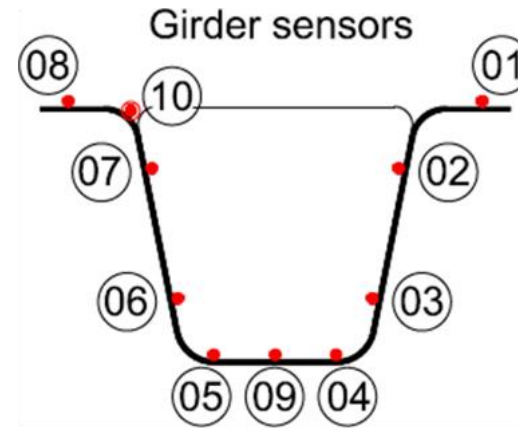
- pomiar **ciągły, rozproszony** (DFOS - *distributed fibre optic sensing*), a nie **punktowy**
- możliwość pomiaru ciągłego odkształceń (przemieszczeń) na **długości do 5 km**
- dowolny układ kierunków pomiarowych w monitorowanej konstrukcji
- zastosowanie powszechnie dostępnych światłowodów telekomunikacyjnych
- **niska cena** światłowodów
- trwałość czujników pomiarowych



Diagnostyka i monitoring – światłowody DFOS

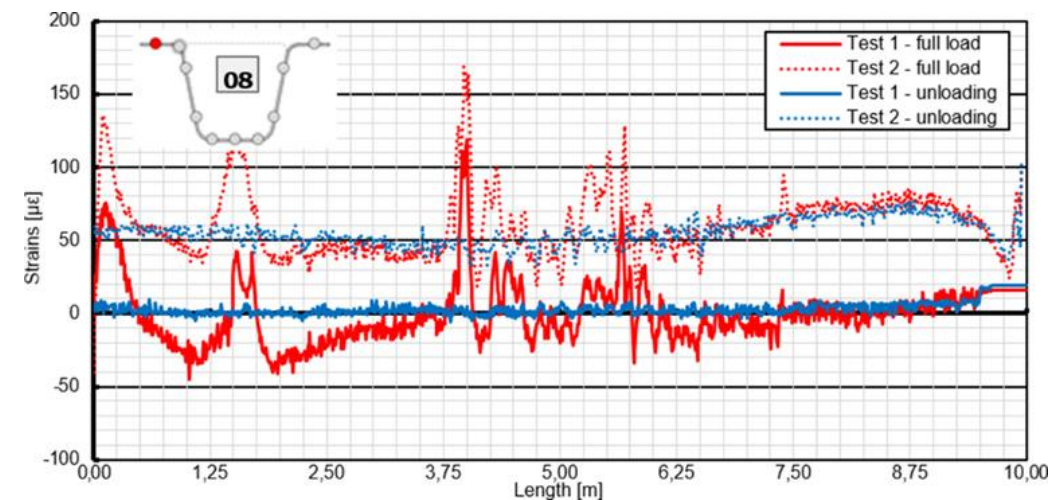
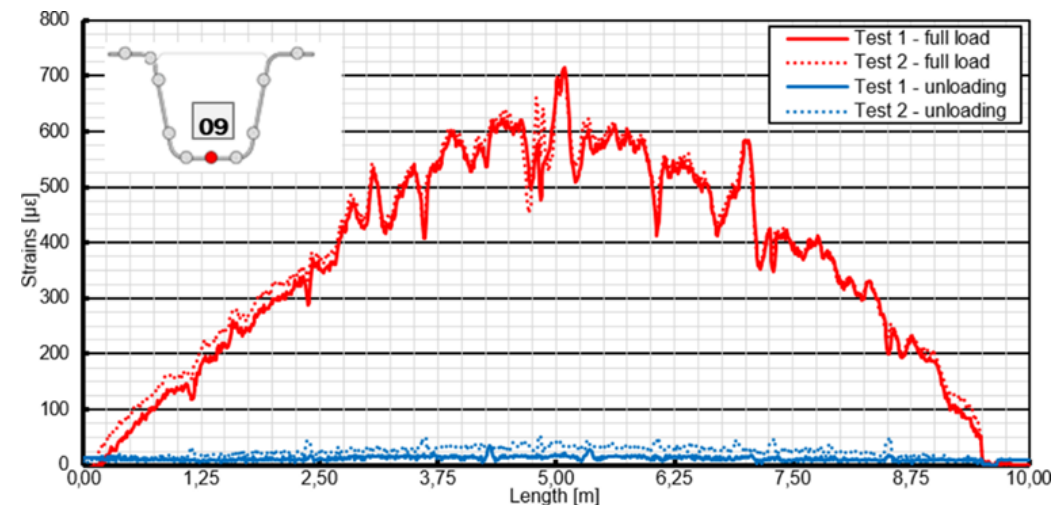
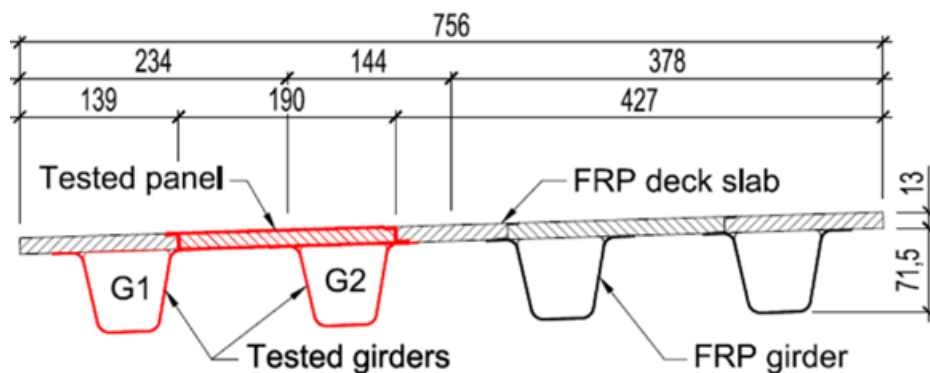
Badania KDiM PRz

- światłowody DFOS zostały zainstalowane wewnątrz dźwigarów i pomostu kompozytowego podczas ich produkcji
- łączna długość światłowodów w moście to około 96.0 m
- pomiar odkształceń, przemieszczeń i temperatury za pomocą reflektometru optycznego Luna OBR 4600 (rozproszenie Rayleigha)



Diagnostyka i monitoring – światłowody DFOS

Zastosowanie – most kompozytowy

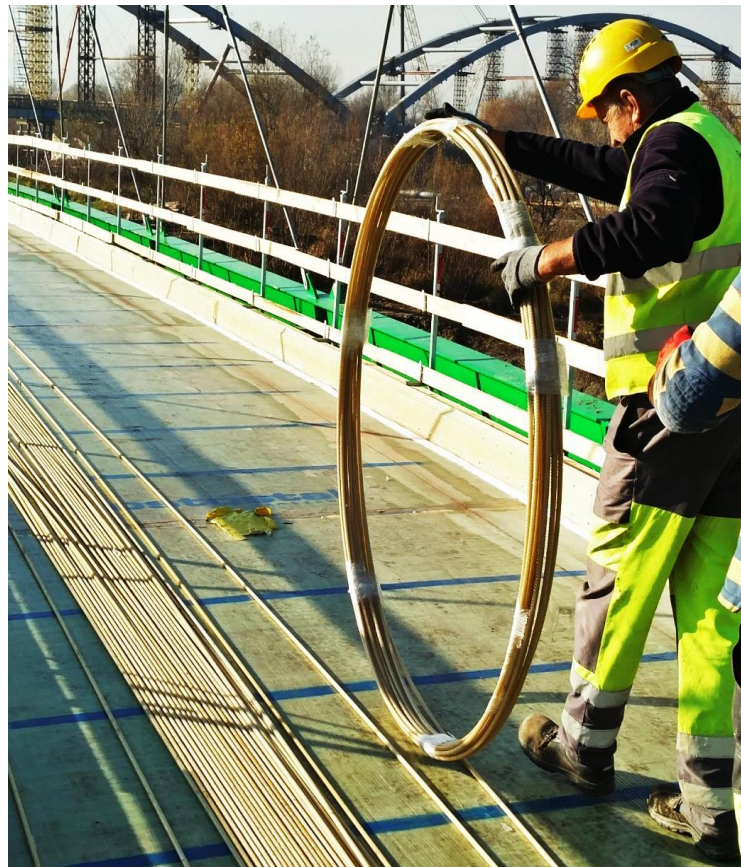


KŁADKA PIESZO- ROWEROWA

Nowy Sącz



Mostostal
WARSZAWA



EpsilonRebar

EpsilonRebar



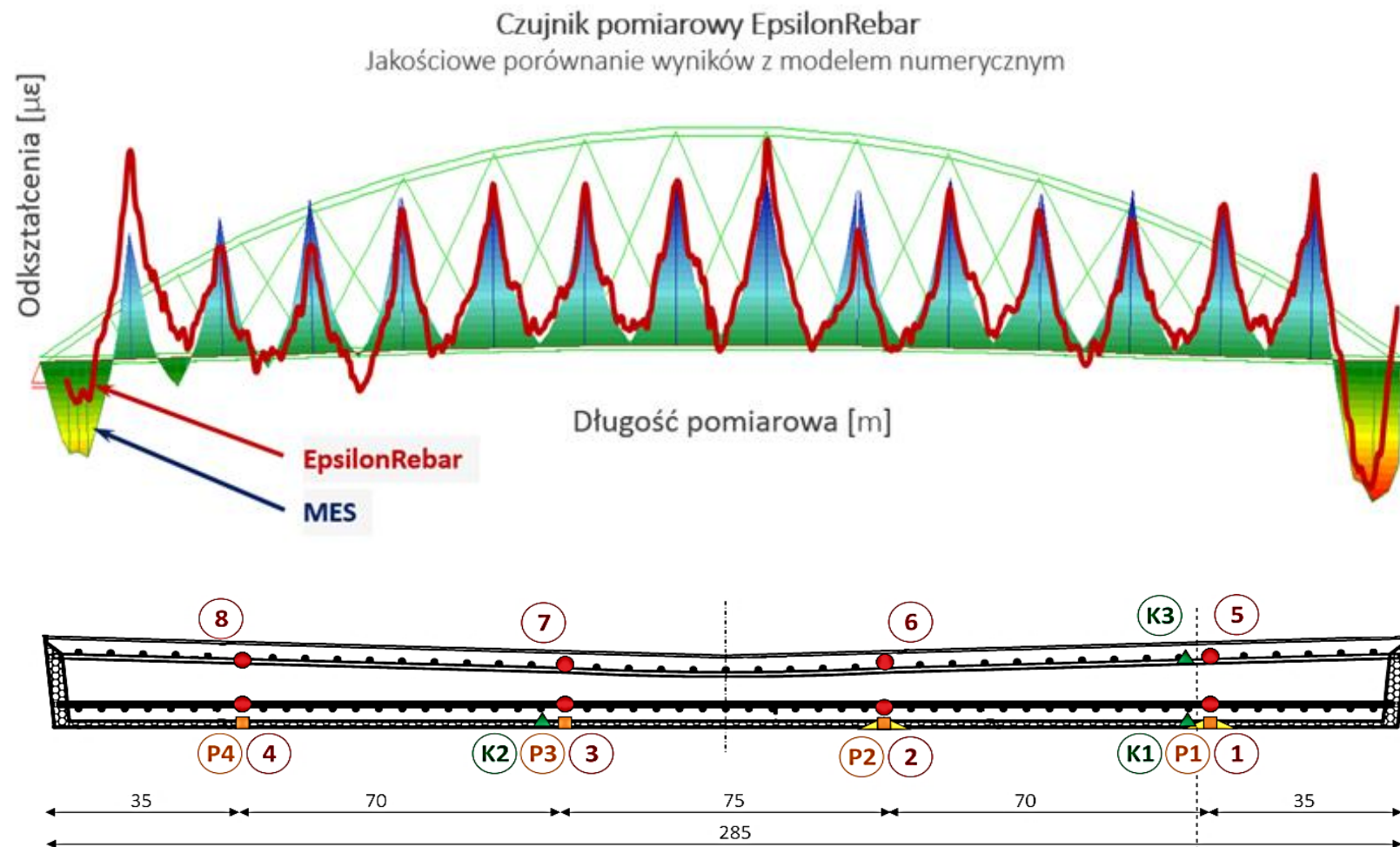
th@shmsystem.pl

KŁADKA PIESZO- ROWEROWA

Nowy Sącz



Mostostal
WARSZAWA



th@shmsystem.pl

EpsilonRebar

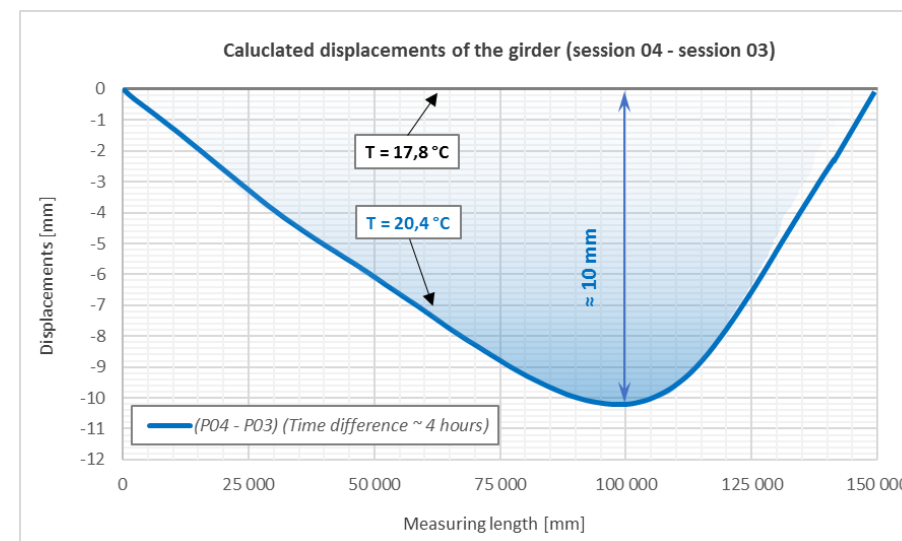
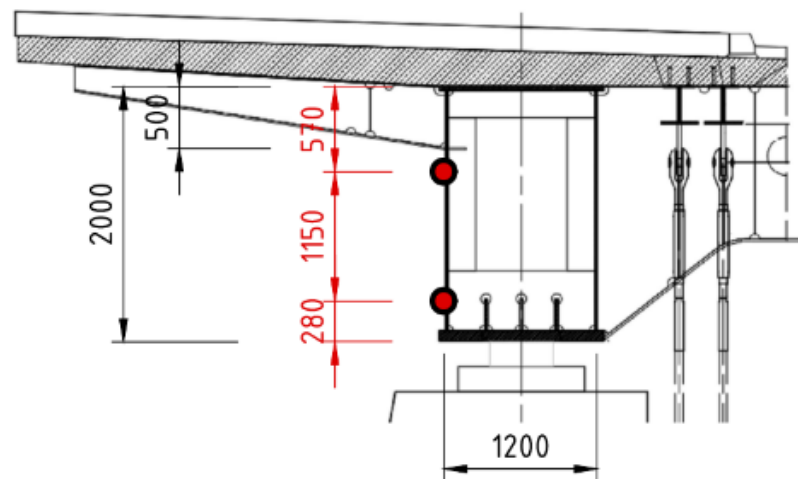
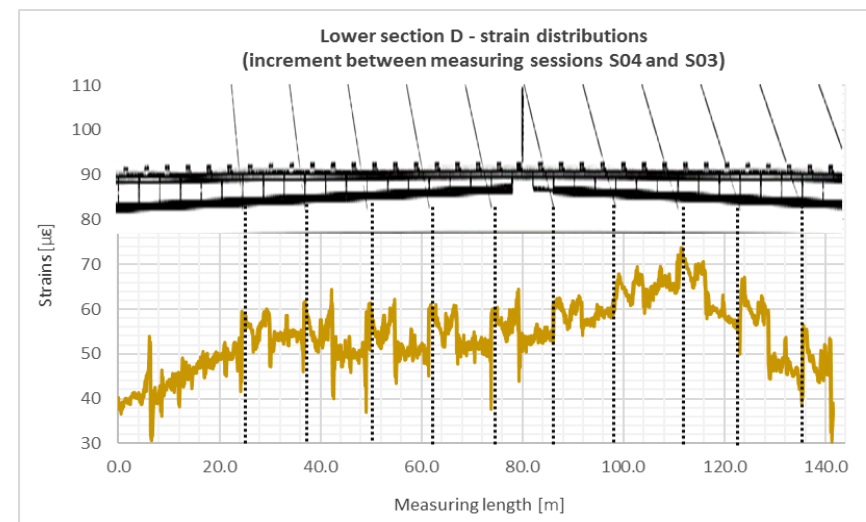
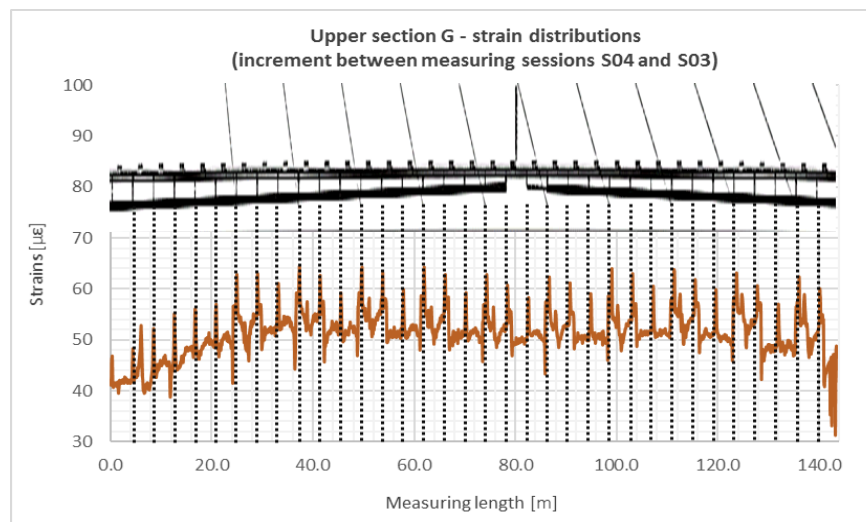
MOST STALOWY T. MAZOWIECKIEGO

Rzeszów

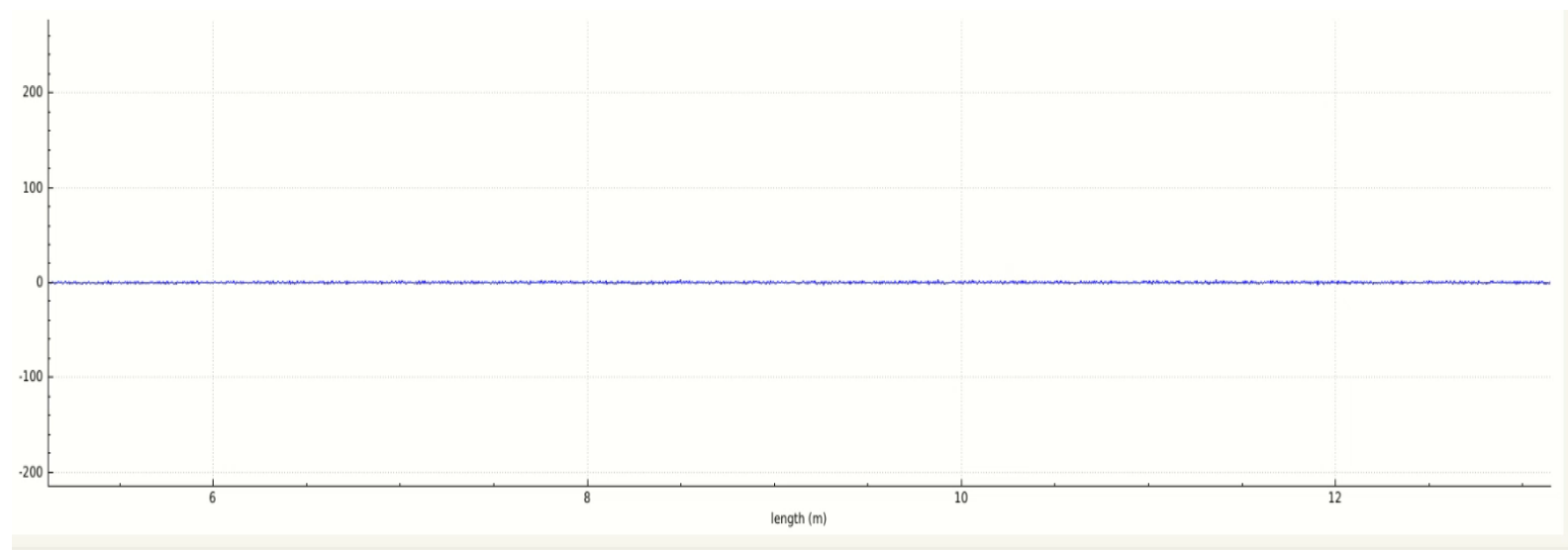


MOST STALOWY T. MAZOWIECKIEGO

Rzeszów



NAWIERZCHNIA DROGOWA



Podsumowanie

- Innowacyjne materiały i technologie, opracowane w polskich ośrodkach naukowych, **są w praktyce stosowane** na krajowych drogach i mostach, z **bardzo dobrym skutkiem**
- **Zarządca dróg krajowych** jest (na razie) **w bardzo ograniczonym stopniu** beneficjentem postępu technicznego jest z uwagi na przestarzałe ograniczenia prawne, sztywne zapisy proceduralne (wewnętrzne) oraz konserwatywne i asekuracyjne podejście kadry technicznej
- W celu rzeczywistego i skutecznego wprowadzenia innowacji w polskim drogownictwie na miarę XXI wieku jest konieczne **szybkie zniesienie barier prawnych i opracowanie wewnętrznych dokumentów** wspomagających wdrażanie innowacji (podręczniki projektowania, katalogi typowych zastosowań, WWiORB itp.)
- Znaczący wzrost innowacyjności można uzyskać wprowadzając w GDDKiA **specjalny budżet na wdrażanie innowacji** (np. 2,0% wartości kontraktu / inwestycji)



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWNICTWA,
INŻYNIERII ŚRODOWISKA
I ARCHITEKTURY**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Dziękuję za uwagę

Tomasz Siwowski, siwowski@prz.edu.pl

