

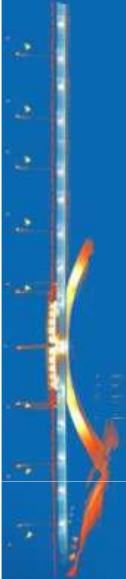
LVI Techniczne Dni Drogowe SITK RP

Nawierzchnia na obiektach mostowych – ciągle brak ideału

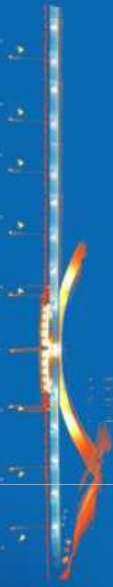
Lesław Bichajło

Politechnika Rzeszowska

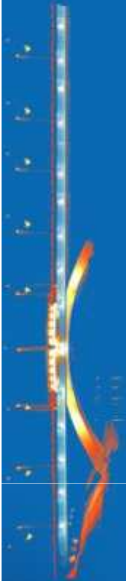
leszbich@prz.edu.pl



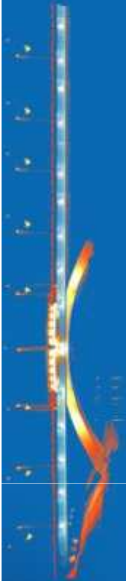
Uszkodzenia nawierzchni na mostach



Uszkodzenia nawierzchni na mostach

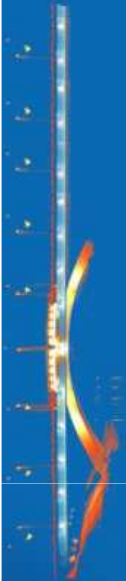


Uszkodzenia nawierzchni na mostach



Asfalt lany – problem?

- bywa stosowany jako warstwa ściernalna i wiążąca
- na drogowych obiektach mostowych jako warstwa ochronna oraz ściernalna
- mieszanka typu betonowego - minimalna zawartość wolnych przestrzeni (0,5-1% lub mniej)
- duża zawartość lepiszcza asfaltowego (typowo 6,5-8% m/m)
- jest samozagęszczalny (większy udział niż w betonie asfaltowym mają drobne frakcje kruszywa)
- uziarnienie 0-8 lub 0-11mm, kruszywo żwirowe i kruszone
- typowa grubość warstwy technologicznej 30 - 50 mm

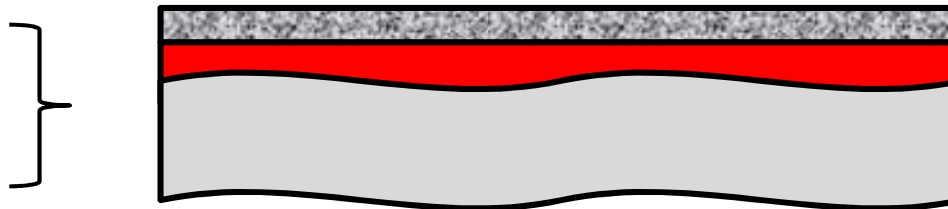


Problemy trwałości nawierzchni z warstwą asfaltu lanego

- Izolacja arkuszowa (pęcherze), temperatura układania MA do 250°C
- **Odmienna** grubość warstwy MA w stosunku do grubości nominalnej:
 - gruba warstwa MA - np. **180** mm (wyrównanie płyty pomostu)
 - cienka warstwa MA – np. **15** mm (utrzymywanie założonych rzędnych niwelety mimo nierówności pomostu, związanie z krawężnikiem)

Dopuszczalna

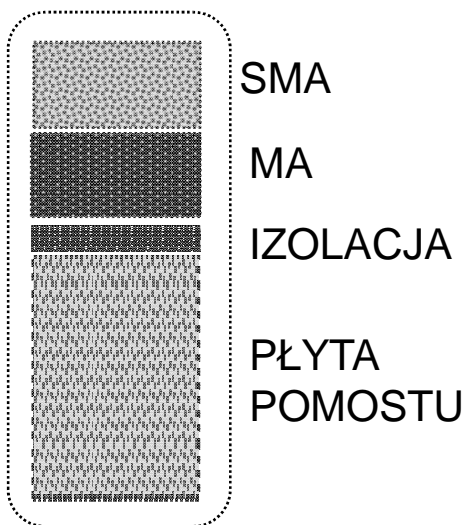
- H max
- H min



- Specyfika mieszanki - głównym kryterium oceny jest penetracja stemplem

Charakterystyka badanych mieszanek mineralno-asfaltowych

Mieszanki zastosowane w nawierzchni obiektów autostradowych



Oznaczenie mieszanki	Rodzaj asfaltu	Zawartość asfaltu [%]	Uziarnienie [mm]
MA1	PMB 25/55-60	7,1	0/11
MA2	PMB 25/55-60	6,8	0/11
MA3	PMB 25/55-60	7,8	0/11
SMA	PMB 35/50-55		0/11

Badanie modułu sztywności metodą IT-CY

PN-EN12697-26 – warunki kontrolowanego odkształcenia, obciążenie impulsowe

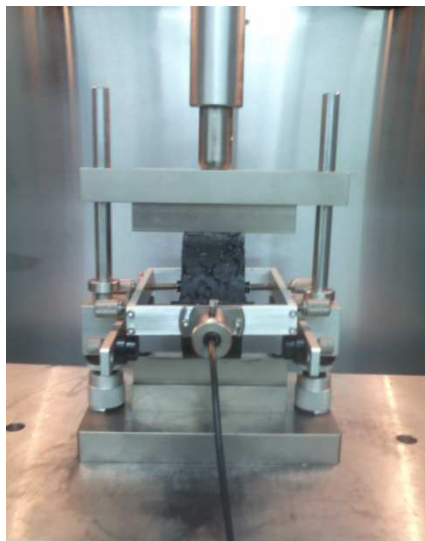
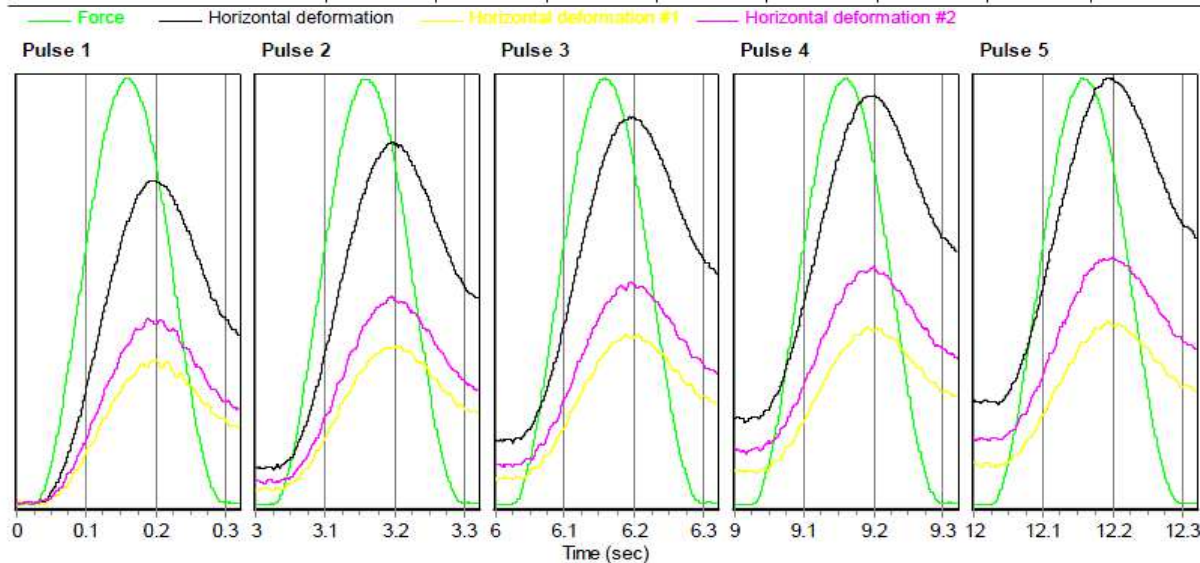
1. Wstępnie 10 impulsów
2. Badanie właściwe w temperaturze 5, 10 i 20°C
typowy czas obciążenia 0,124 s, impulsy co 3 s

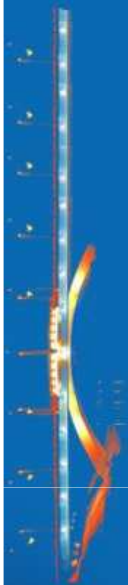


Test Results

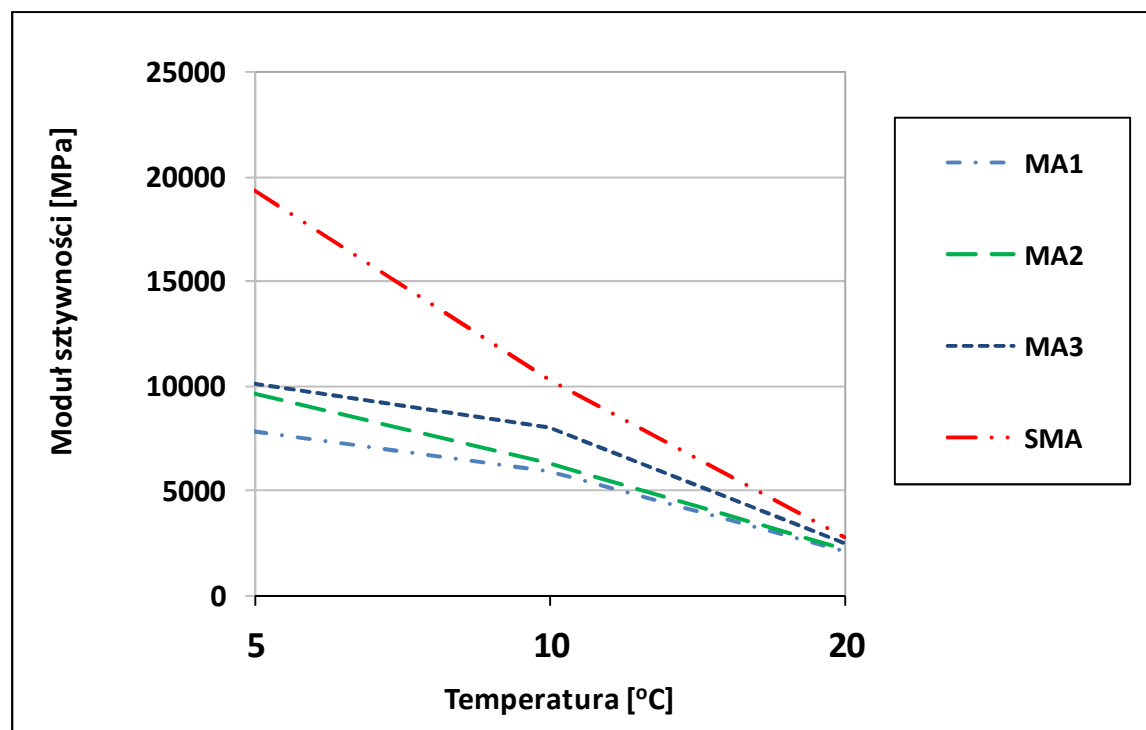
Conditioning pulses: 10
Core temperature (°C): 20.1
Skin temperature (°C): 20.1

	Pulse 1	Pulse 2	Pulse 3	Pulse 4	Pulse 5	Mean	Std. Dev.	%CV
Stiffness modulus (MPa)	2195	2164	2178	2180	2184	2180	9.97	0.46
Adjusted stiffness modulus (MPa)	2128	2096	2108	2122	2118	2114	11.37	0.54
Peak horizontal deformation (µm)	4.88	4.94	4.91	4.91	4.91	4.91	0.02	0.37
Load area factor	0.54	0.54	0.53	0.55	0.54	0.54	0.00	0.71
Peak loading force (N)	926	923	924	925	925	925	0.9	0.1
Load rise time (ms)	123	122	124	127	125	124.2	1.85	1.49
Horizontal deformation #1 (µm)	2.17	2.16	2.16	2.12	2.16	2.16	0.02	0.77
Horizontal deformation #2 (µm)	2.72	2.78	2.76	2.79	2.74	2.76	0.03	0.93
Seating force (N)	20	20	20	20	20	20	0.2	1.2

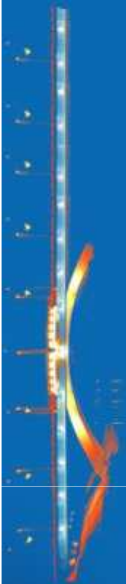




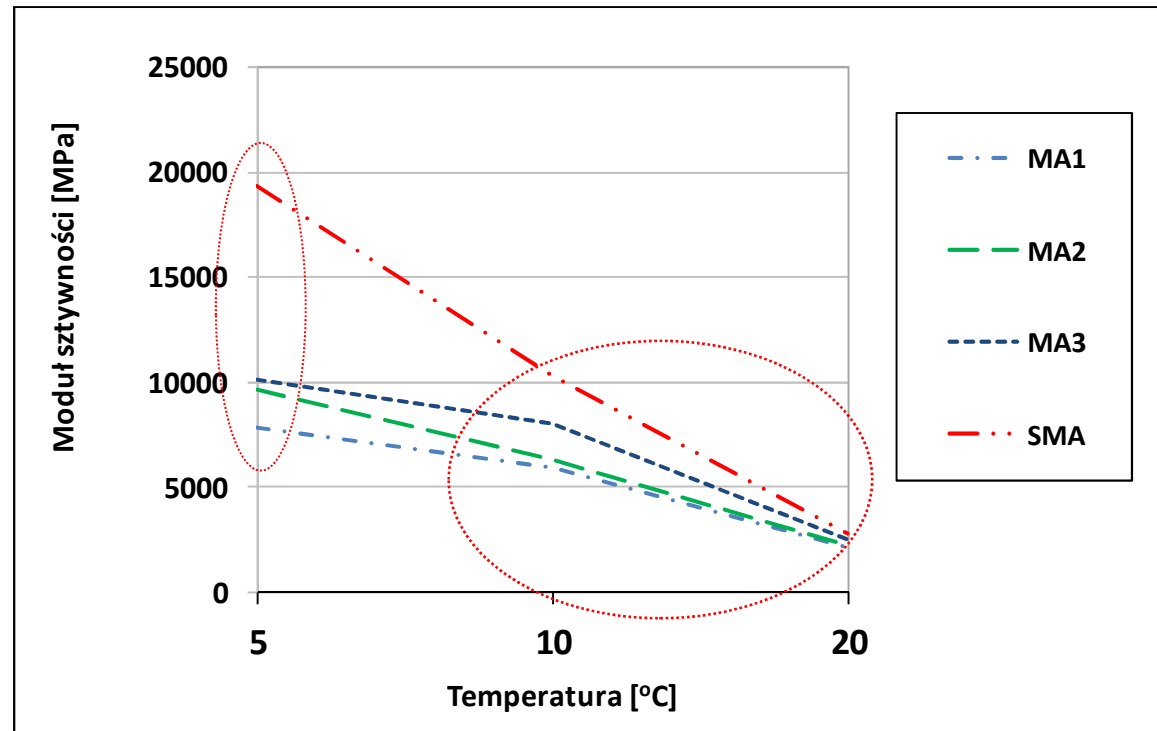
Wyniki badania modułu sztywności



Oznaczenie mieszanki	Moduł sztywności [MPa] dla temperatury		
	5 °C	10 °C	20 °C
MA1	7856	5951	2104
MA2	9602	6327	2160
MA3	10105	7999	2450
SMA	19300	10300	2800



Wyniki badania modułu sztywności

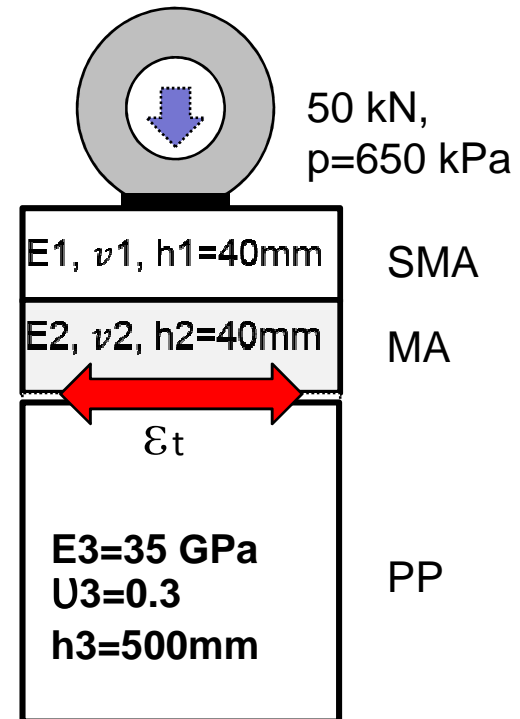


Oznaczenie mieszanki	Moduł sztywności [MPa] dla temperatury		
	5 °C	10 °C	20 °C
MA1	7856	5951	2104
MA2	9602	6327	2160
MA3	10105	7999	2450
SMA	19300	10300	2800

Model nawierzchni

Założenia

1. Model mechanistyczny nawierzchni
2. Grubość nawierzchni 40+40 mm
3. Pełna szepność warstw



Obliczeniowa trwałość warstwy ochronnej z asfaltu lanego

Kryterium zmęczeniowe Instytutu Asfaltowego (USA)

$$N_{obl} = 18.4 * C * (6.167 * 10^{-5} * e_t^{-3.291} * /E/^{-0.854})$$

gdzie:

/E/ - moduł sztywności asfaltu lanego

e_t - odkształcenie poziome rozciągające

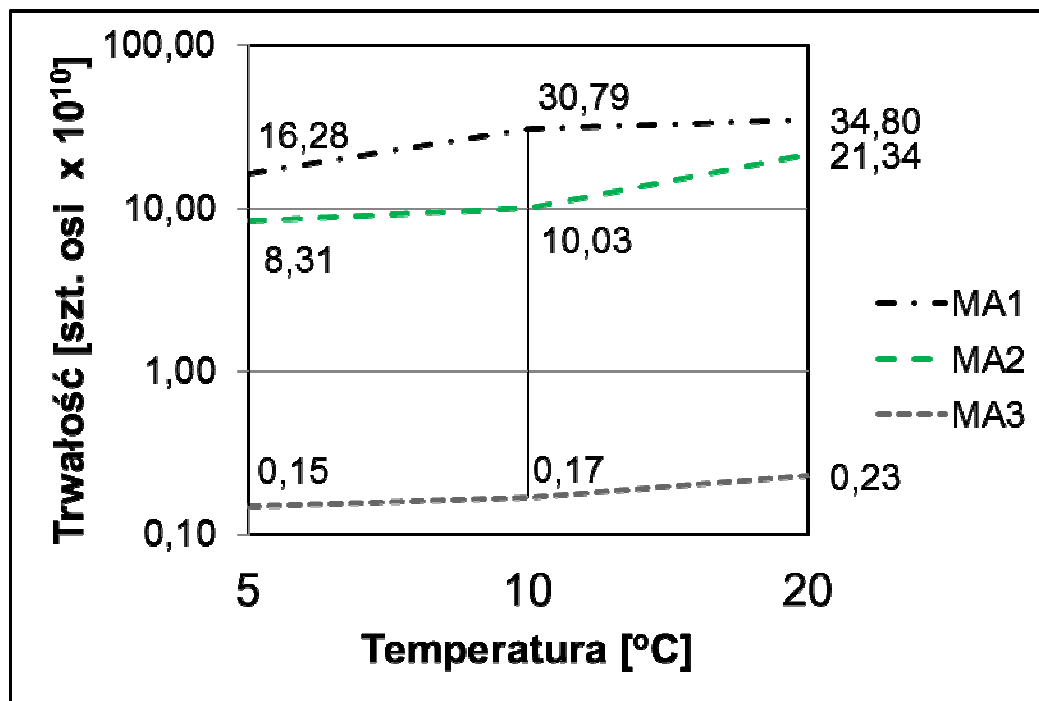
$C = 10^M$

$M = 4.84 * (V_b / (V_a + V_b) - 0.69)$

V_b - zawartość asfaltu,

V_a - zawartość wolnych przestrzeni

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej warstwy ochronnej z asfaltu lanego



KR-6 „stare”
N > 14.6 mln osi 100 kN

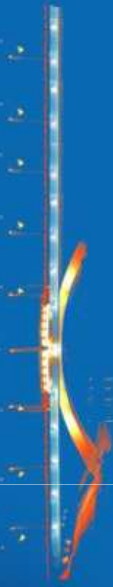
KR-7 „nowe”
N > 52.0 mln osi 100 kN

Niweleta jezdni

- **Przewidywalna** na każdym etapie wykonania przęseł mostu (przęsła swobodnie podparte, ciągłe)
 - decydujące o odkształceniach jest obciążenie ciężarem własnym i obciążenie użytkowe)
- **Trudna do precyzyjnego wykonania** zgodnie z projektem – np. budowa metodą wspornikową
 - wpływy reologiczne (skurcz, pełzanie)
 - naprężenia wprowadzane do konstrukcji
 - kształt niwelety docelowej na moście

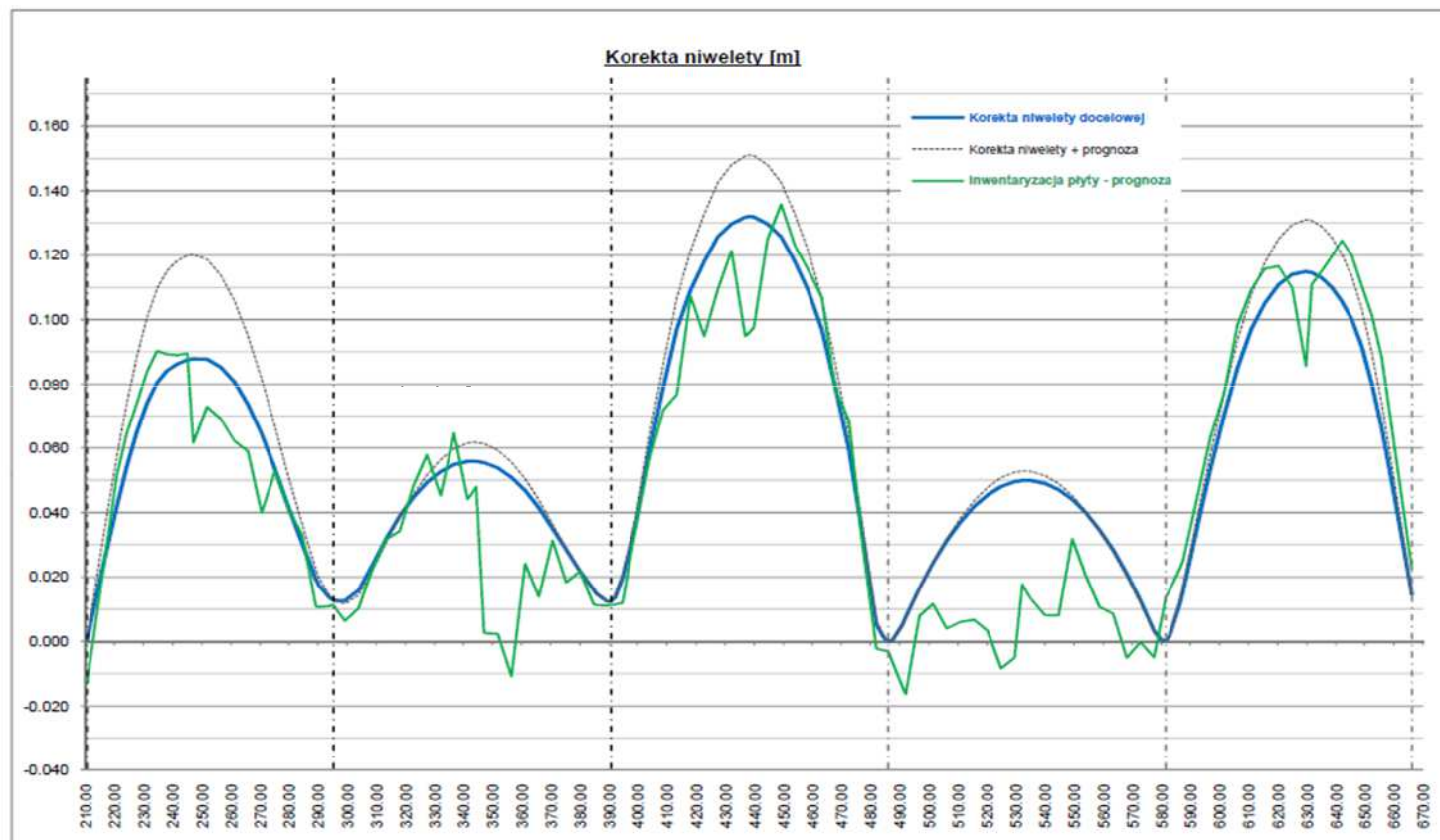


kompromis



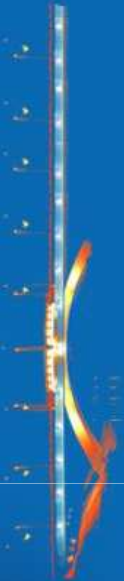
Niedotrzymanie kształtu niwelety – pogrubienie warstwy ochronnej

➤ **Wzrosti obwodowej stylu wzrosła telaztu**



Wyrównanie asfaltem lanym – stanowiska ekspertów

- „Najprawdopodobniej w miejscach przejścia z 12 cm na 5 cm powstaną defekty (...), ponieważ w tych miejscach będzie inny rozkład naprężeń w konstrukcji warstw asfaltowych”.
- W miejscach konstrukcji o zawyżonej grubości mogą powstać koleiny.
- W okresie jesieni kiedy następuje obniżanie temperatury grube sztywne warstwy mogą nie nadążyć się odkształcać (kurczyć) w wyniku czego powstają spękania. Podobny proces tylko odwrotny powstaje na wiosnę, kiedy nawierzchnia musi szybko się rozszerzać.”
- Grubość warstwy technologicznej nie powinna przekraczać 5 cm



Zbyt mała grubość asfaltu lanego

Nr próbki kalibracyjnej	Lokalizacja wzdłuż osi jezdni	Jezdnia / pas	Pomierzona grubość próbki z odwiertu	Grubość nawierzchni z pomiaru georadarowego	Korekta grubości pomierzonej do pomiaru georadarowego	Średnia korekta grubości pomiaru georadarowego i odchylenie standardowe
[-]	[m]	[-]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
Obiekt A						
1	129,8	P / p.w.	6,3	4,9	+1,4	+1,025 / 0,26
2	129,8	P / p.w.	6,2	5,2	+1,0	
3	42,3	L / p.w.	6,0	5,2	+0,8	
4	42,3	L / p.z.	6,1	5,2	+0,9	
Obiekt B						
5	167,5	L / p.w.	7,1	5,1	+2,0	+1,45 / 1,87
6	167,5	L / p.z.	8,0	6,8	+1,2	
7	318,5	L / p.z.	9,2	8,9	+0,3	
8	318,5	L / p.w.	5,6	7,9	-2,3	

Zbyt mała grubość asfaltu lanego

- na około 1/3 powierzchni 2 obiektów mostowych grubość warstwy ochronnej poniżej dopuszczalnej tolerancji, tj. $g < 49,5 \text{ mm}$;
- minimalna, zidentyfikowana grubość warstwy ochronnej wynosi **13-15 mm**;
- stwierdzone niedokładności wynikały z konieczności **dostosowania do niwelety nawierzchni jezdni**, spowodowanej konstrukcyjnymi podniesieniami wykonawczymi ze względu na reologię betonu;

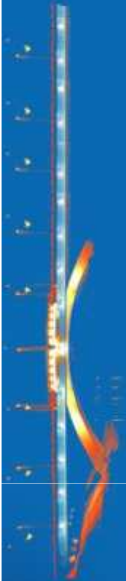
Data i godzina startu: piątek, wrzesień 20, 2013, godz 10:26

Czas obciążania (hh:mm:ss): 30:33:20

<u>Częstotliwość testu 10.0 Hz</u>	<u>Początek</u>	<u>Obecny</u>	
Numer cyklu:	100	1100000	Maksymalna ilość cykli testowych: 1100000
(Złożony) Moduł sztywności (MPa):	11245	9585	Koncowy moduł sztywności : 5623
Amplituda naprężenia ($\mu\epsilon$):	129	129	
Amplituda naprężenia (MPa):	1.451	1.238	
Przesunięcie fazowe (stopnie):	17.2	20.9	
Energia rozproszona (kJ/m^3):	0.000	0.211	Łączna energia rozproszona (MJ/m^3): 198.95
Temperatura rdzenia($^{\circ}\text{C}$):	10.2	9.9	
Temperatura powierzchni($^{\circ}\text{C}$):	10.1	9.9	
Amplituda siły (N):	557	476	
Amplituda przemieszczenia (mm):	0.072	0.072	
Zmierzone przes. fazowe (stopnie):	17.3	21.0	

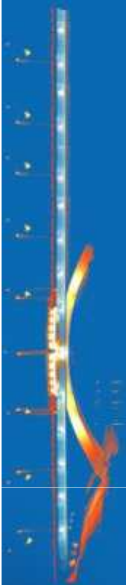
Oszacowanie trwałości nawierzchni

Warstwa	Parametry mieszanki	Grubość Układ I (nominalny)	Grubość Układ II (nominalny z dopuszczalną tolerancją)	Grubość Układ IV (zinventoryzowany)
SMA 11 S	E=9850 MPa, v=0,3	40	36	36
MA 11 W	E=9710 MPa, v=0,3 Va=1,5%, Vb=17,5%	55	49	20
Płyta pomostu	E=35000 MPa, v=0,2	250		
Obliczeniowa trwałość zmęczeniowa		13.9×10^6	11.8×10^6	2.98×10^6
Wymagana minimalna trwałość zmęczeniowa	8.96×10^6 (na podstawie obliczeń konstrukcji nawierzchni przedmiotowego odcinka autostrady)			



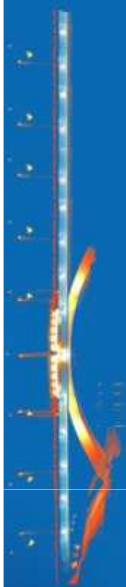
Nawierzchnie z asfaltu epoksydowego

- 20 mostów w Chinach (lata 2000-2008) o powierzchni 3,7 – 65 tys. m², w tym Hangzhou, Jangcy, Sutong, Most
- most Golden Gate
- modyfikacja asfaltu żywicą z utwardzaczem i wytwarzanie asfaltu lanego lub SMA, zawartość wolnych przestrzeni w MMA poniżej 3%
- MMA uzyskuje większą odporność na zmiany temperatury (koleinowanie) i na zmęczenie
- ostatnio na pomostach ortotropowych wbudowuje się warstwy grubości około 19 mm (wcześniej rzędu 50 mm)
- zmodyfikowane lepiszcze może być stosowane jako primer grubości ok. 0,7 mm zabezpieczający stalową płytę pomostu i jest jednocześnie dobrym podłożem dla MMA
- po 20 mln cykli zmęczeniowych nie zauważono spękań, koleinowanie minimalne
- w praktyce 2 warstwy grubości 25 mm każda, ruch po ok. 90 min.



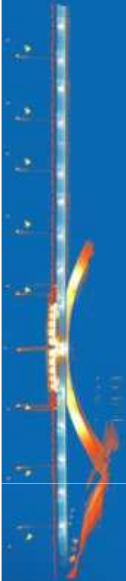
Nawierzchnie z asfaltu epoksydowego

Oznaczenie próbki	Moduł sztywności Brak żywicy [MPa]	Moduł sztywności Z żywicą [MPa]
1	8892	10153
2	9070	10426
3	8691	10244



Wnioski

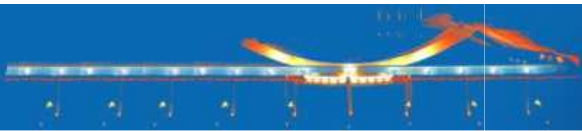
1. Zmniejszenie trwałości nawierzchni, jako jednego z elementów wyposażenia mostów, nie wpływa bezpośrednio lecz pośrednio na zmniejszenie trwałości konstrukcji mostu
2. Nowoczesne technologie nawierzchni asfaltowych powinny zwiększyć ich trwałość i przez to ochronę pomostu przed negatywnym oddziaływaniem ruchu
3. Wyciąganie wniosków na przyszłość wymaga opieki naukowej nie tylko na etapie budowy, ale także w stadium eksploatacji – wtedy jest możliwe bieżące przenoszenie doświadczeń z praktyki do teorii



Dziękuję za uwagę

Lesław Bichajło

leszbich@prz.edu.pl



Zakład Dróg i Mostów
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

