Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk

Materiałowe aspekty trwałości betonowej nawierzchni drogowej

prof. dr hab. inż. Michał A. Glinicki

Trwałość nawierzchni drogowej

TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA (nośność konstrukcji)

+

PRZYCZEPNOŚĆ OPON

(HAŁAS)

RÓWNOŚĆ PODŁUŻNA

→ WŁAŚCIWA MAKROTEKSTURA, BEZ USKOKÓW NA SZCZELINACH, BEZ UBYTKÓW MATERIAŁOWYCH

Trwałość nawierzchni drogowej

- Trwałość konstrukcyjna
- Trwałość funkcjonalna
- Trwałość materiałowa

Rok 1937 - betonowa szosa w Łomiankach.
Międzynarodowy Rajd Automobilklubu Polski o Grand Prix Polski.
Kierowca Witold Rychter i pilot Jerzy Wędrychowski pchają swój nowy samochód Chevrolet Master Sedan na miejsce startu.

Trwałość materiałowa

Niezmienność właściwości betonu pod wpływem oddziaływań środowiskowych i eksploatacyjnych

Warstwa betonu	Klasa ekspozycji wg PN-EN 206, PN-B-06265	Kategoria środowiska wg CEN/TR 16349
górna lub nawierzchnia jednowarstwowa	XF4, XM2	E3
dolna	XF4	E3

Stosowanie chlorku sodu do utrzymania zimowego nawierzchni betonowych po ich wybudowaniu i osiągnięciu pełnej wytrzymałości

Materiały do zwalczania śliskości zimowej

Wyszczególnienie	J.m.	Planowane zużycie
2	3	4
NaCl	Mg	466 675,6
CaCl2	Mg	5 143,9
MGCl2	Mg	336,1
Materiały uszorstniające	Mg	91 190,5

GDDKiA Plan operacyjny zimowego utrzymania dróg – sezon 2016/2017

Trwałość betonu w środowisku XF4

- Beton cementowy min. C30/37, zaprojektowany i wbudowany zgodnie z zasadami wiedzy i technologii, **jest odporny na oddziaływanie chlorku sodu,** stosowanego do utrzymania zimowego nawierzchni betonowych.
- Nie ma podstaw, aby przewidywać niedostateczną odporność betonu na odziaływanie chlorku sodu, stosowanego zgodnie z „Wytycznymi zimowego utrzymania dróg” (GDDKiA 2017).

Warunki odporności betonu na mróz i NaCl

Zgodność z zasadami wiedzy i technologii ocenia się na podstawie czterech warunków dotyczących składu betonu i jego wykonania:

1. w składzie betonu należy stosować kruszywo o dużej mrozoodporności,
2. zawartość wody w składzie betonu powinna być mała: $w/c \leq 0{,}40$,
3. beton powinien być prawidłowo napowietrzony, tj. zawierać odpowiednią ilość pęcherzyków powietrza o małych średnicach,
4. beton powinien być prawidłowo wbudowany i skutecznie pielęgnowany powierzchniowo.

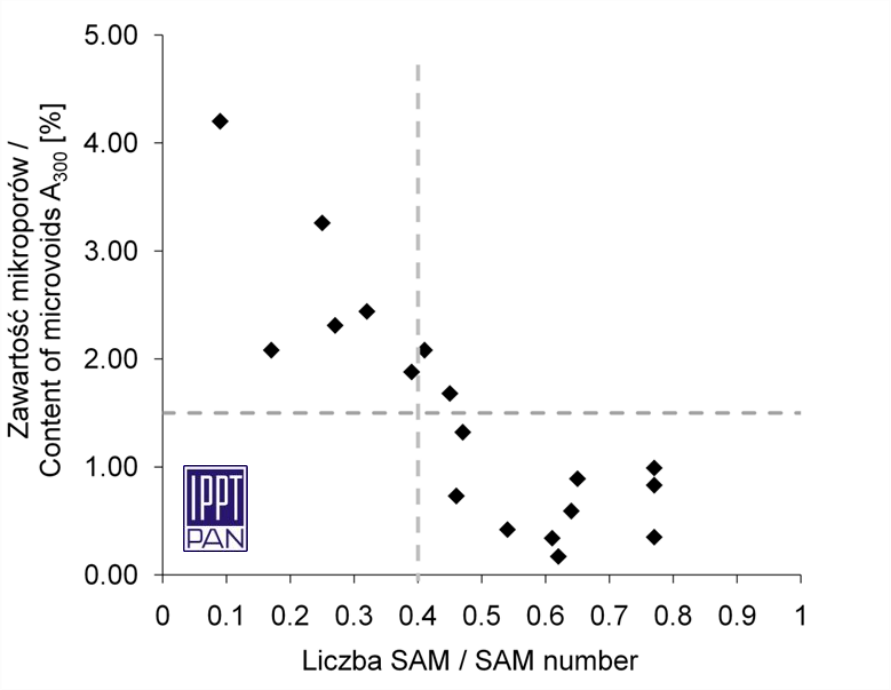
Wymagania techniczne GDDKiA dot. XF4

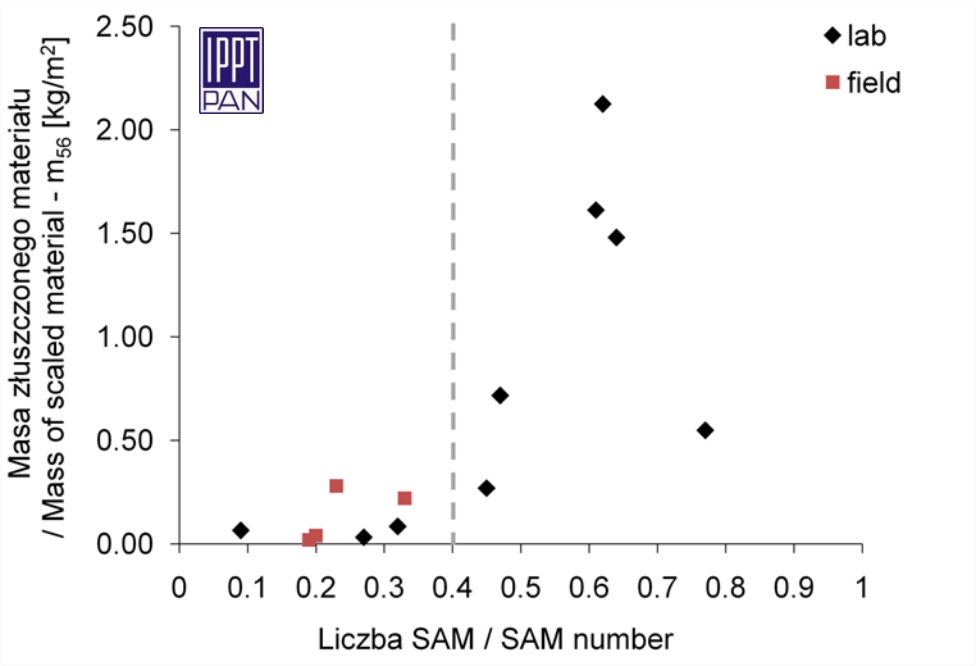
1. w wymaganiach dla kruszywa do betonu,
2. w wymaganiach dla betonu projektowanego,
3. w wymaganiach dla betonu projektowanego (sprawdzenie na próbkach formowanych) i dla betonu w nawierzchni (sprawdzenie na odwiertach z nawierzchni),
4. opisowo poprzez określenie warunków pogodowych, w jakich dopuszcza się betonowanie oraz poprzez wskazanie konieczności stosowania preparatów do pielęgnacji o odpowiednio wysokiej skuteczności zamykania powierzchni.

Metody zapewnienia jakości

- Monitorowanie zawartość wody: zawartość wody w mieszance na budowie, pośrednio -ocena konsystencji i gęstości mieszanki,
- Monitorowanie napowietrzenie: charakterystyka porów metodą sekwencyjno-ciśnieniową SAM lub tylko zawartość powietrza metodą ciśnieniową

Korzyści z zastosowania aparatury SAM





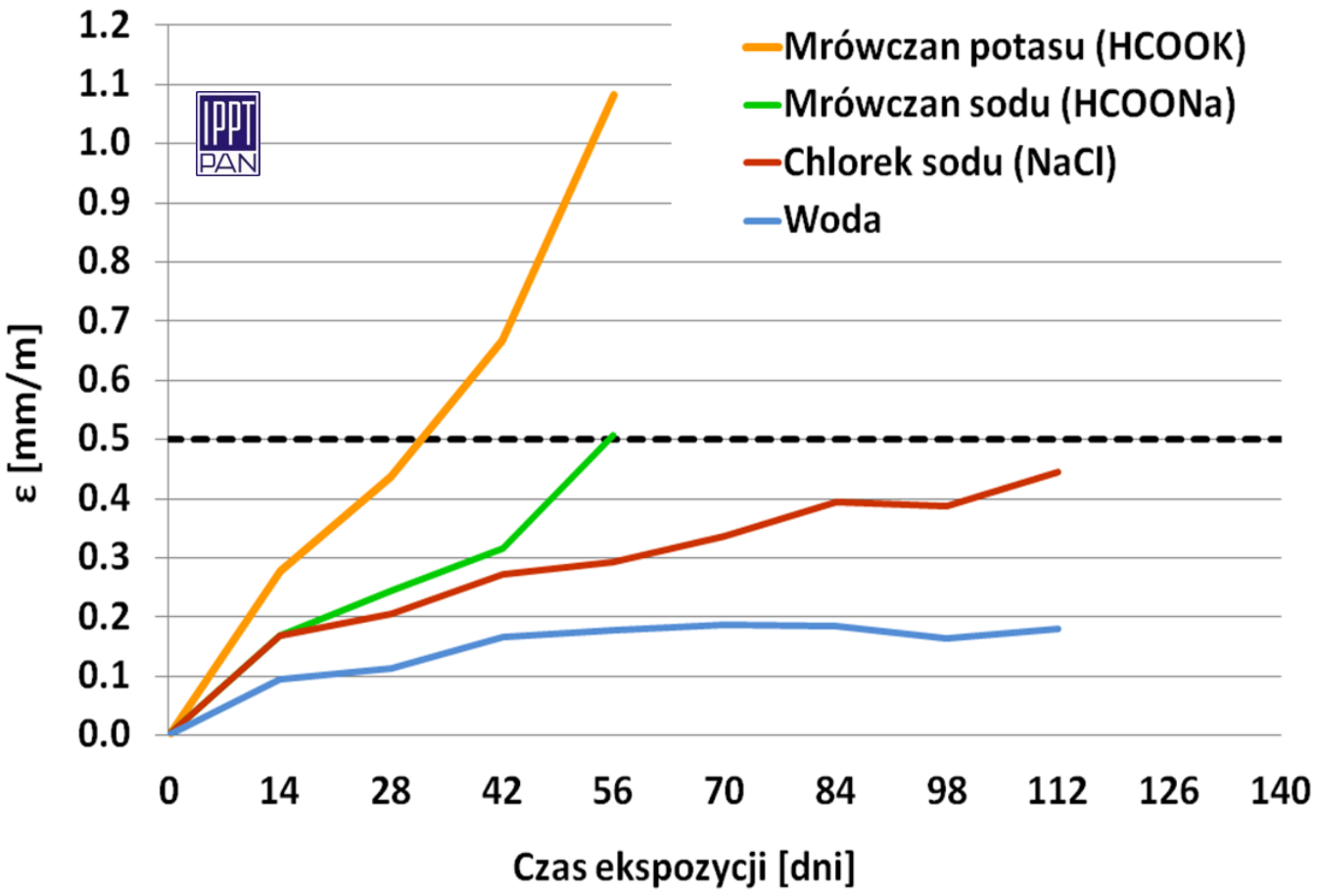
- Szybkie oznaczenie zawartości powietrza w mieszance i liczby SAM
- Liczba SAM jest skorelowana z zawartością mikroporów A_{300} i odpornością na złuszczenia powierzchniowe (wyniki IPPT PAN)

Odporność betonu na stosowanie alternatywnych środków odladzających

- Octan/mrówczan potasu, octan/mrówczan sodu – efekty słabo rozpoznane na nawierzchniach drogowych
- Pomimo wysokiego kosztu, znajdują zastosowanie na nawierzchniach lotnisk - nie są korozyjne dla samolotów.
- Stosowanie w.w. środków odladzających na nawierzchniach lotniskowych w wieku do 3 lat tylko w sytuacjach wyjątkowych.
- Aby przeciwdziałać przedwczesnym uszkodzeniom na nawierzchniach lotniskowych konieczne jest stosowanie powłok ochronnych, najczęściej krzemoorganicznych.

Wpływ mrówczanu sodu i potasu na reakcję alkalia-kruszywo

Ekspansja próbek betonu zgodnie z Wytycznymi ASR-GDDKiA zał.5 – wyniki IPPT PAN



Radykalne zwiększenie ekspansji wskutek reakcji alkalia-kruszywo w wyniku dostępu alkaliów z zewnątrz

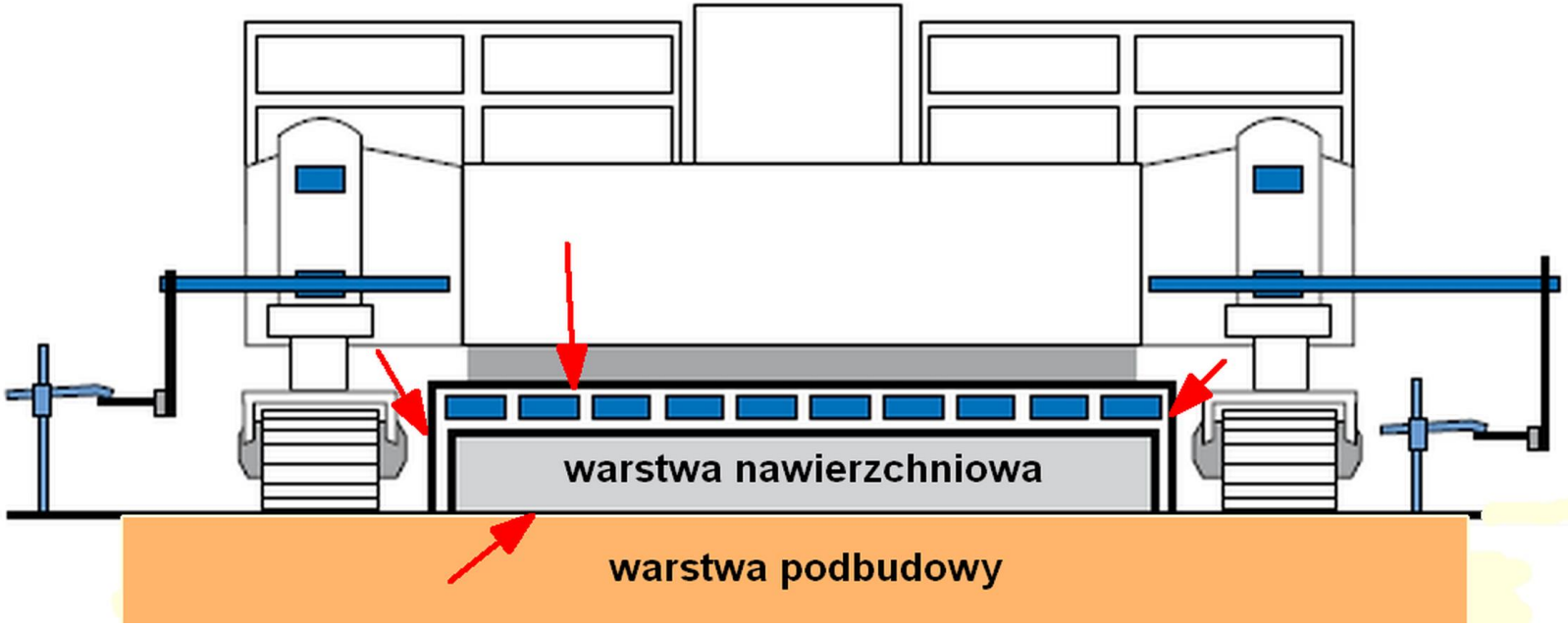
Wpływ cech materiałowych na trwałość funkcjonalną

Jednorodność mieszanki betonowej (skład, konsystencja, napowietrzenie) → Równość podłużna

Performance Engineered Concrete Pavement Mixtures-AASHTO PP 84-17
(„Superpave" dla nawierzchni betonowych)

Układanie betonu w deskowaniu ślizgowym

Schematyczny przekrój układarki na gąsienicach

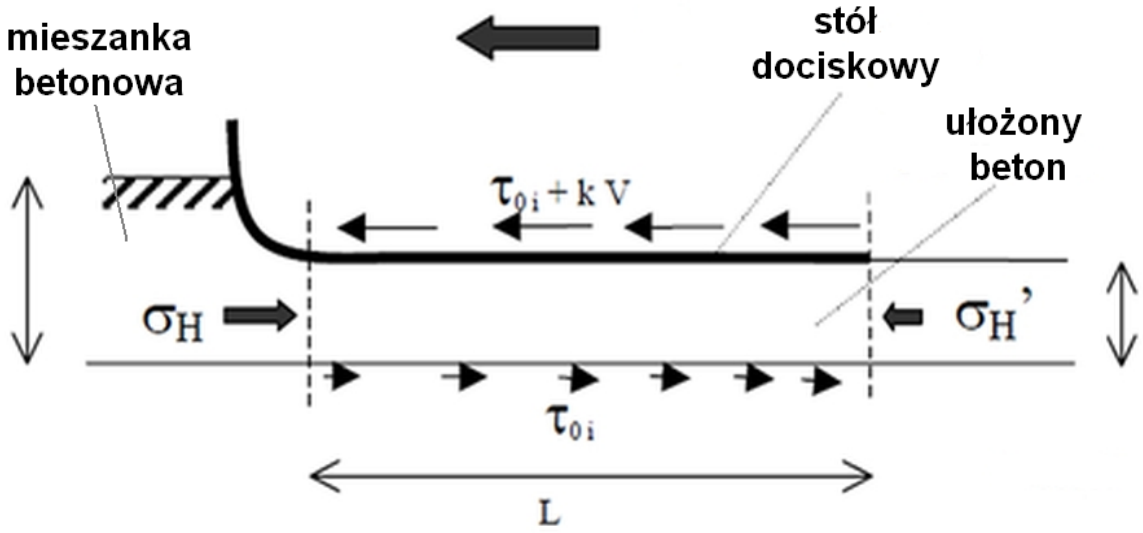


Układanie jest procesem wyciskania przez szczelinę utworzoną przez powierzchnię podbudowy, stołu dociskowego i bocznych blach dociskowych

Układanie betonu w deskowaniu ślizgowym

Widok układarki od spodu:
zestaw wibratorów i stół dociskowy,
na dole warstwa geowłókniny na podbudowie

Reologiczna symulacja układania betonu w deskowaniu ślizgowym (N.Roussel)



Kluczem do równości nawierzchni jest stałość nacisku na początek stołu dociskowego;
znaczne zmiany ciśnienia nie dają się skompensować ruchem stołu dociskowego i powstają fale

Technika układania wpływa na równość nawierzchni

Działanie układarki (w ślizgu):

- rozłożyć równomiernie mieszankę przed czołem maszyny,
- upłynnić miejscowo za pomocą wibracji,
- uformować powierzchnię górną i boczne podczas przesuwu stołu i płyt dociskowych.

Warunki prawidłowego działania:

- stały zapas mieszanki przed frontem maszyny,
- ruch ze stałą prędkością bez zatrzymań,
- optymalna prędkość od 0,5 do 1,5 m/min, dostosowana do dostaw mieszanki, konsystencji mieszanki.

Właściwości mieszanki niezbędne do osiągnięcia równości nawierzchni

- Stałość składu mieszanki i jej charakterystyki reologicznej (konsystencji)
- Ograniczenie zawartości ziaren płaskich i wydłużonych FI_{20}
- Piasek naturalny poprawia urabialność, piasek łamany wapienny zwiększa lepkość mieszanki i powoduje pęcznienie betonu bezpośrednio za maszyną
- Optymalne uziarnienie stosu okruchowego, optymalny wskaźnik w/c i rodzaj domieszek chemicznych →łatwość upłynnienia mieszanki przy wibracji i zagęszczenia przy powierzchni stołu dociskowego
- Eliminacja przypadków niekompatybilności domieszek z cementem (problemy mogą się nasilać wraz ze wzrostem temperatury)

Wpływ betonu na równość nawierzchni

Początkowy wskaźnik IRI

Kluczowe cechy mieszanki betonowej

- Urabialność
- Łatwość zamykania powierzchni
- Stabilność krawędzi
- Jednorodność

Opad stożka nie jest dobrym wskaźnikiem urabialności mieszanki przeznaczonej do wbudowania metodą ślizgową

Zmiana IRI w trakcie eksploatacji

Wytrzymałość betonu i odporność na agresję XF4, XM2, E3

→ubytki materiałowe, odpryski, odłamania krawędzi powodują zwiększenie wskaźnika równości IRI

Ocena właściwości mieszanki poddanej silnej wibracji

Box Test
Pomiar opadania krawędzi i wizualna ocena stopnia zagęszczenia

VKelly Test
Pomiar penetracji półkuli wwibrowywanej w mieszankę
wskaźnik VKelly =szybkość zagłębiania

Podsumowanie

- Nawierzchnia z betonu napowietrzonego, zaprojektowanego na agresję XF4/E3, jest odporna na stosowanie NaCl do zimowego utrzymania drogi.

  Monitorowanie napowietrzenia metodą sekwencyjno-ciśnieniową SAM pozwala na ocenę charakterystyki porów w mieszance betonowej.

- Przydatność mrówczanów i octanów jako alternatywnych środków odladzających nawierzchnie drogowe nie jest potwierdzona.

  Mrówczany sodu i potasu znacząco zwiększają zagrożenie uszkodzeniami betonu wskutek reakcji alkalia-krzemionka.

- Właściwości mieszanki wpływają na początkową równość nawierzchni.

  Kluczowe cechy: urabialność, łatwość zamykania powierzchni, stabilność krawędzi oraz jednorodność mieszanki betonowej.

Dziękuję za uwagę !