

KONFERENCJA - Nowoczesne nawierzchnie drogowe

Recykling w konstrukcjach nawierzchni drogowych

CONFERENCE - Modern Road Pavements

Recycling in road pavement structures



mrp23.ibdim.edu.pl

Warsaw, 18 October 2023

MRP'23

Sztywność mieszanek MCE na bazie ubocznych cementowych produktów pylastych i kruszywa z recyklingu

dr inż. Łukasz Skotnicki

dr inż. Jarosław Kuźniewski

Politechnika Wroclawska, Katedra Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

- **Laboratorium Badawcze Obiektów Infrastruktury Transportowej (LBOIT)**

asfalty



mieszanki mineralno-asfaltowe



metody nieniszczące



betony



kruszywa



destrukty



Wyniki badań zostały opracowane w ramach projektu pt. „Innowacyjna technologia wykorzystująca optymalizację środka wiążącego przeznaczonego do recyklingu głębokiego na zimno konstrukcji nawierzchni zapewniająca jej trwałość eksploatacyjną” (TECHMATSTRATEG1/349326/9/NCBR/2017) w ramach przedsięwzięcia Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych „Nowoczesne Technologie Materiałowe” TECHMATSTRATEG I, który jest finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Konsorcjanci

- 1) Politechnika Świętokrzyska - Katedra Inżynierii Komunikacyjnej
- 2) Politechnika Wrocławska - Katedra Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk
- 3) Instytut Badawczy Dróg i Mostów
- 4) Budownictwo Drogowe "BUDAR" Sp. z o.o.

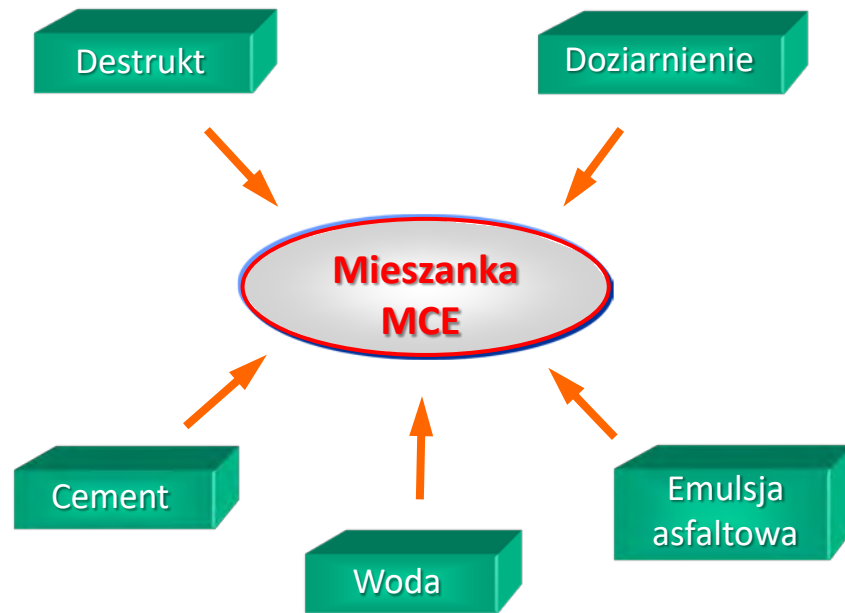
- Recykling nawierzchni drogowych ochroną środowiska naturalnego.
- Powtórne wykorzystanie materiałów wbudowanych w istniejące nawierzchnie drogowe.
- Ograniczanie zużycia surowców naturalnych i zmniejszanie ilości odpadów.
- Jednym ze sposobów utylizacji odpadów budowlanych jest zastosowanie w nawierzchniach drogowych mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE).



- Mieszanki MCE składają się z destruktu lub destruktu i kruszywa mineralnego (doziarniającego), wymieszanego na zimno z cementem i emulsją asfaltową w określonych proporcjach, w warunkach optymalnej wilgotności.



Skład mieszanki MCE



- Mieszanka MCE może być wykorzystana m.in. do wykonywania warstwy podbudowy w konstrukcjach nawierzchni drogowych.
- Stosowana jest metoda in-situ mieszania destruktu asfaltowego, powstałego z frezowania zdegradowanych nawierzchni podatnych.
- Wykorzystanie emulsji asfaltowej wraz z dodatkiem cementu wpływa z jednej strony na sztywność a z drugiej strony na podatność takich mieszanek.

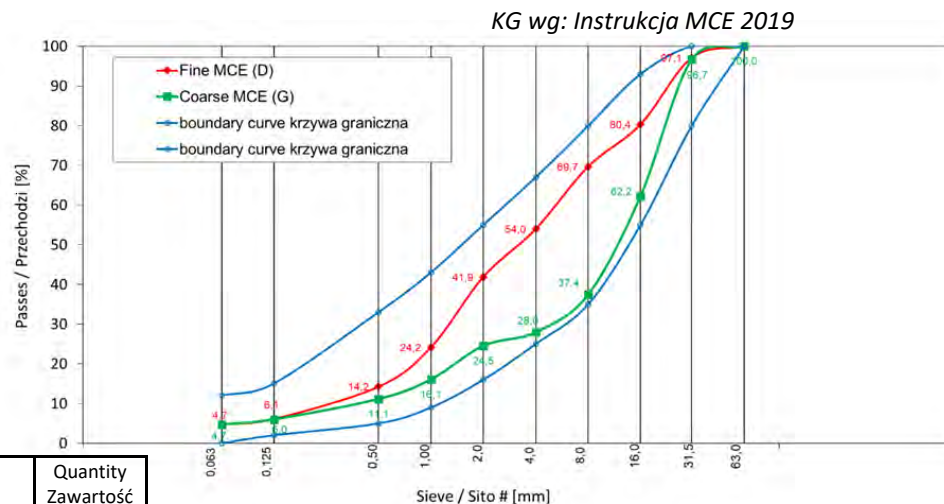


Wpływ odpadów na wytrzymałość oraz moduł sztywności

- Dodatek odpadów (destrukta asfaltowy - RAP) do mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych może wpływać na wytrzymałość i sztywność tych konglomeratów.
- Emulsja asfaltowa odpowiada za podatność takich mieszanek.
- Spoiwo hydrauliczne w postaci cementu zwiększa sztywność mieszanek MCE.
- Sposobem na zmianę właściwości mieszanek MCE, zawierających RAP może być zastosowanie innowacyjnych spoiw cementowych na bazie ubocznych produktów pylastych (UCPP), z produkcji klinkieru cementu portlandzkiego.
- Spoiwo cementowe zawierające UCPP pozwoli na ograniczenie sztywności mieszanek MCE a co za tym idzie ograniczenie spękań podbudowy.

Symbol of binder Oznaczenie spoiw	Binder components / Składniki spoiwa		
	Cement Cement	Lime Wapno	UCPP UCPP
1S	0.20	0.20	0.60
2S	0.20	0.60	0.20
3S	0.60	0.20	0.20
4S	0.20	0.40	0.40
5S	0.40	0.20	0.40
6S	0.40	0.40	0.20
7S	0.33	0.33	0.33
Ref	1	0	0

- **Istota badań: ocena wpływu innowacyjnego środka wiążącego UCPP na właściwości mechaniczne mieszank MCE zawierających w swym składzie materiał recyklowany (RAP).**
- **Analizowano sztywność mieszank typu MCE.**

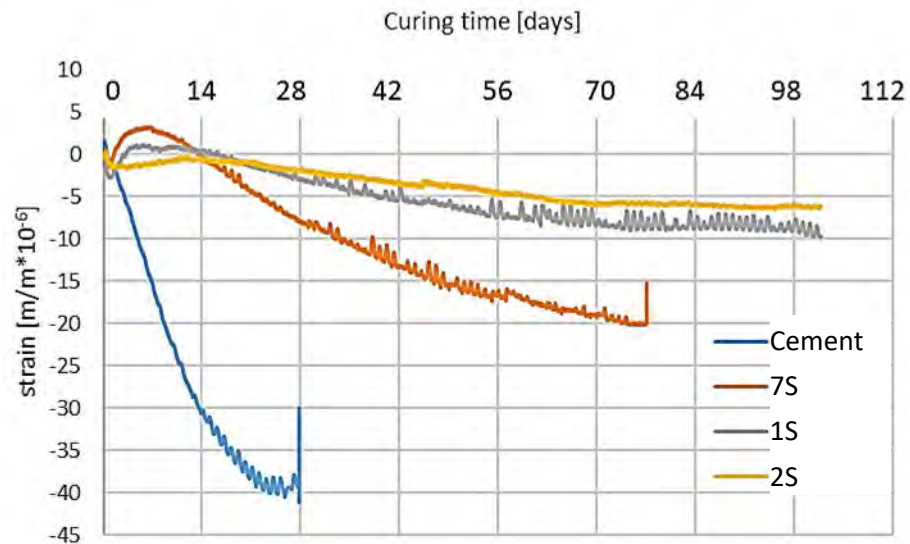


Coarse Mineral mixture ingredients (G) Składniki mieszanki gruboziarnistej (G)	Fine mineral mixture ingredients (D) Składniki mieszanki drobnoziarnistej (D)	Quantity Zawartość [%]
0/2mm natural aggregate improving the gradation - sand 0/2mm kruszywo doziarniające o ciągłym uziarnieniu – piasek	0/2mm natural aggregate improving the gradation - sand 0/2mm kruszywo doziarniające o ciągłym uziarnieniu – piasek	10
0/31.5mm reclaimed asphalt 0/31.5mm kruszywo sztuczne (destrukta asfaltowy)	0/10mm reclaimed asphalt 0/10mm kruszywo sztuczne (destrukta asfaltowy)	40
0/31.5mm crushed aggregate improving the gradation - melaphyr 0/31.5mm kruszywo naturalne doziarniające o ciągłym uziarnieniu – melafir	0/31.5mm crushed aggregate improving the gradation - melaphyr 0/31.5mm kruszywo naturalne doziarniające o ciągłym uziarnieniu – melafir	50

Ingredients / Składniki	Mineral mixture Mieszanka mineralna [%]	Coarse Mineral-Cement-Emulsion Mixture (G) /Mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna (G) [%]	Fine Mineral-Cement-Emulsion Mixture (D) /Mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna (D) [%]
0/2mm natural aggregate improving the gradation - sand 0/2mm kruszywo doziarniające o ciągłym uziarnieniu – piasek	10	8,6	8,6
0/31.5mm (G) reclaimed asphalt or 0/10mm (D) reclaimed asphalt 0/31.5mm (G) kruszywo sztuczne (destrukta asfaltowy) lub 0/10mm (D) kruszywo sztuczne (destrukta asfaltowy)	40	34,5	34,4
0/31.5mm crushed aggregate improving the gradation - melaphyr 0/31.5mm kruszywo naturalne doziarniające o ciągłym uziarnieniu – melafir	50	43,1	43,0
Cement or cement binder (1S,2S,3S,4S,5S,6S,7S) Cement lub spoiwo (1S,2S,3S,4S,5S,6S,7S)	-	3,0	3,0
Asphalt emulsion 60/40 / Emulsja asfaltowa 60/40	-	5,0	5,0
Water / Woda	-	5,8	6,0



- Analizy skurczu (ASTM C1581/C1581M)



- Analizowano wpływ rodzaju innowacyjnego środka wiążącego na właściwości materiałowe w porównaniu do mieszanek zawierających klasyczny cement.
- Badania modułu sztywności metodą IT-CY (PN-EN 12697-26).
- Badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie ITS (PN-EN 12697-23).
- Możliwe było ustalenie zależności pomiędzy sztywnością IT-CY badanego materiału a wytrzymałością na rozciąganie pośrednie ITS dla różnych temperatur.

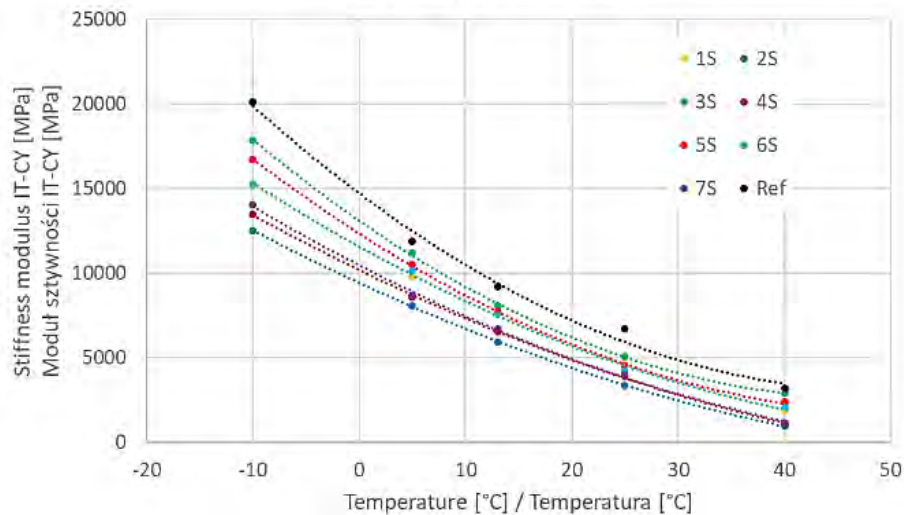


$$E_{IT-CY} = \frac{F \cdot (v + 0,27)}{(z \cdot h)}$$

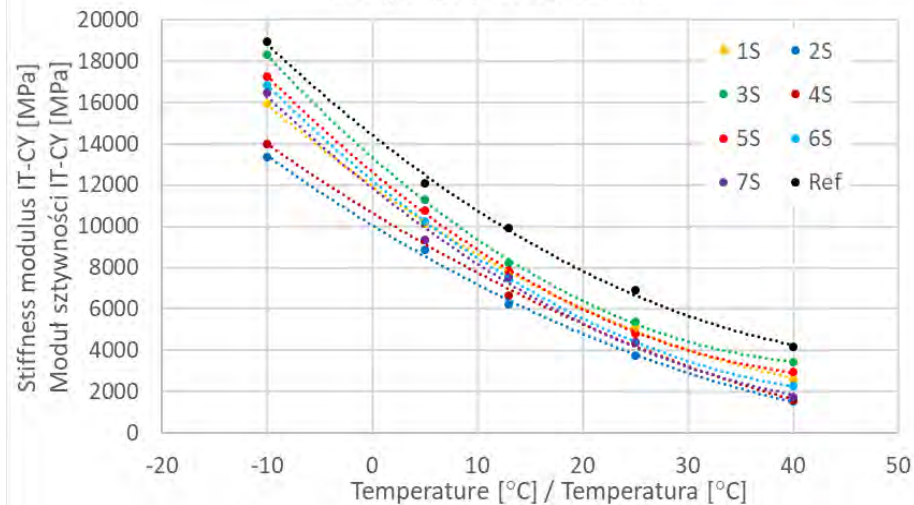
$$ITS = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot h}$$



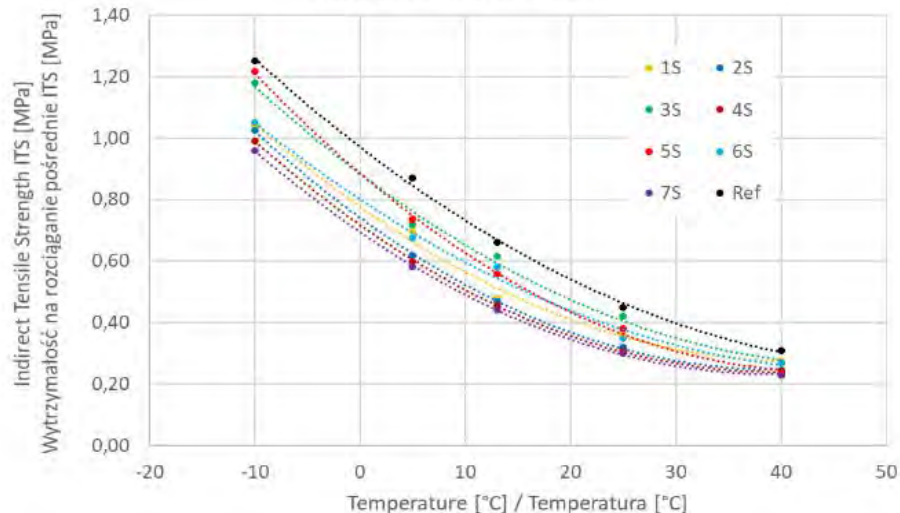
coarse-grained / gruboziarnista



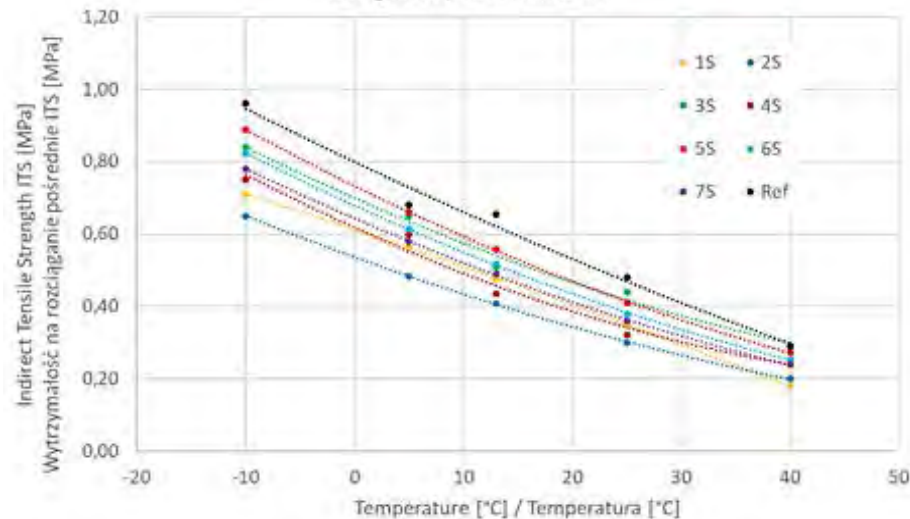
fine-grained / drobnoziarnista

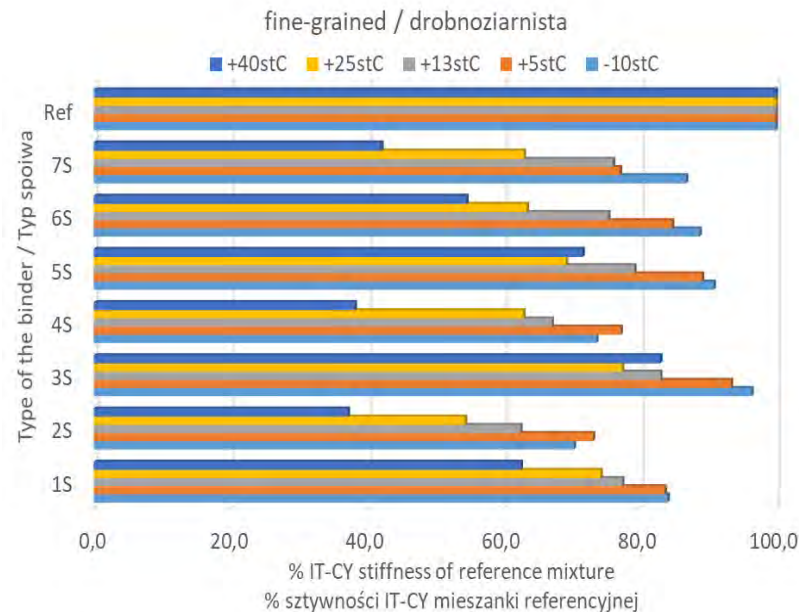
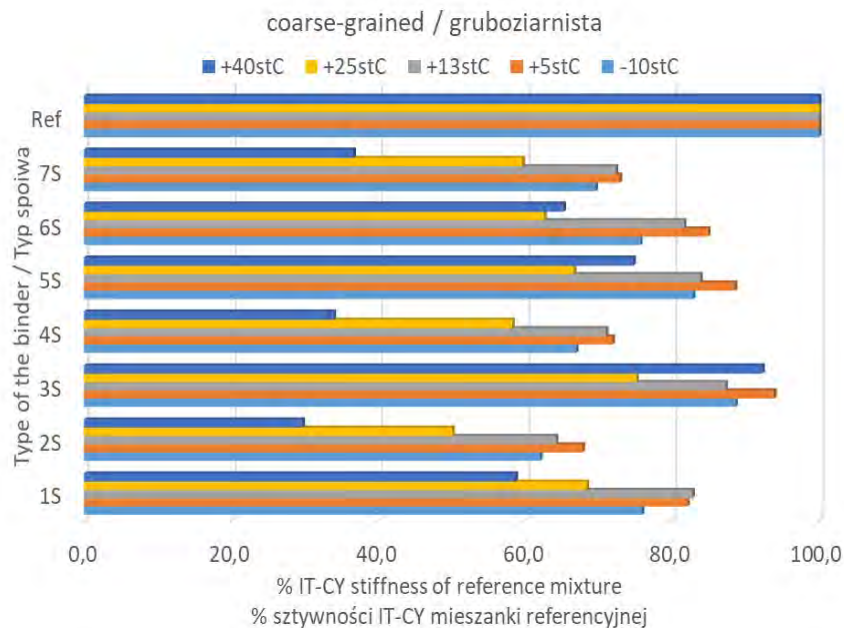


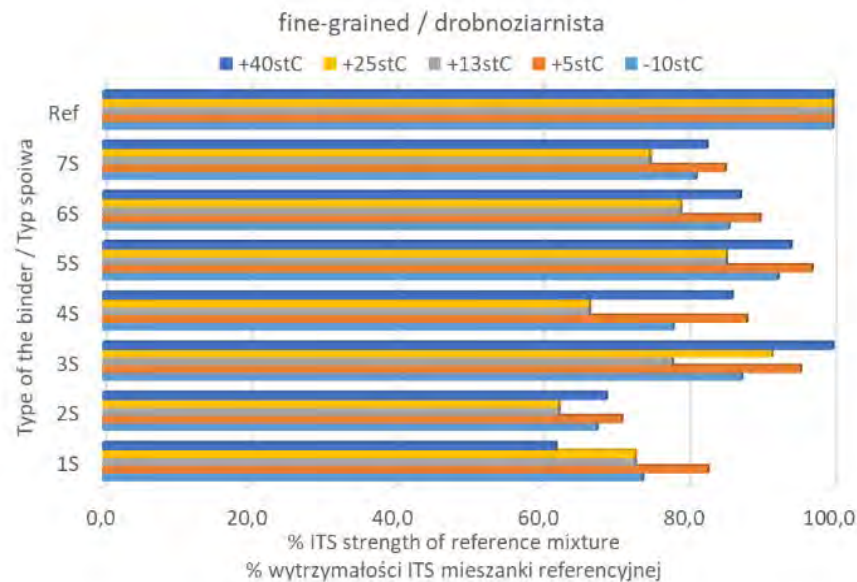
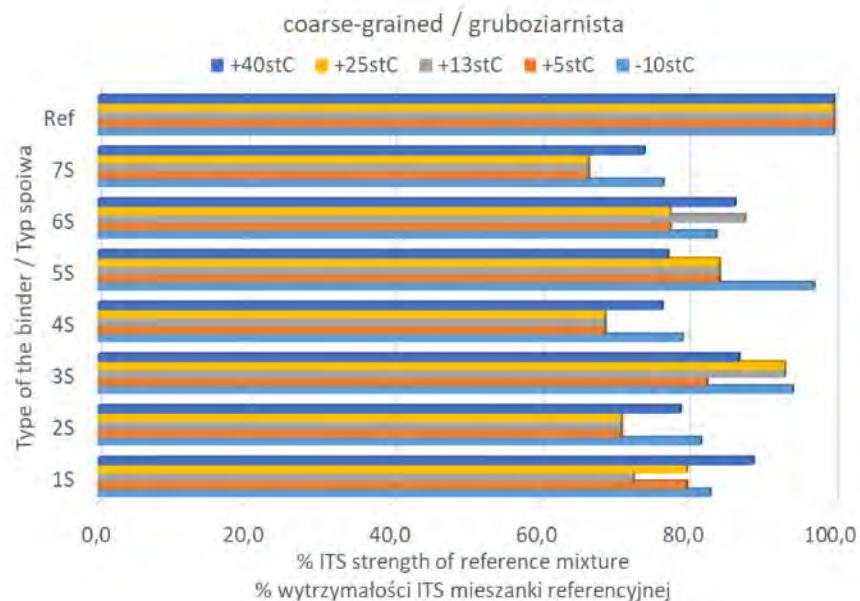
coarse-grained / gruboziarnista

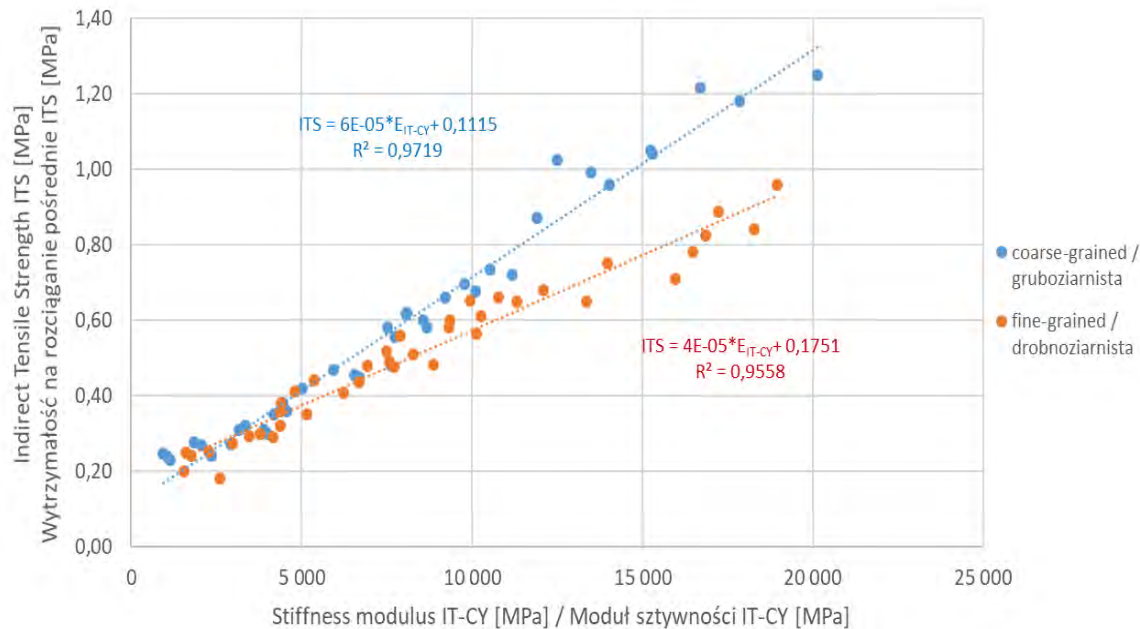
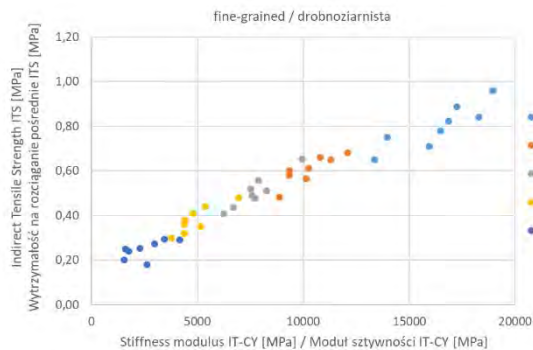
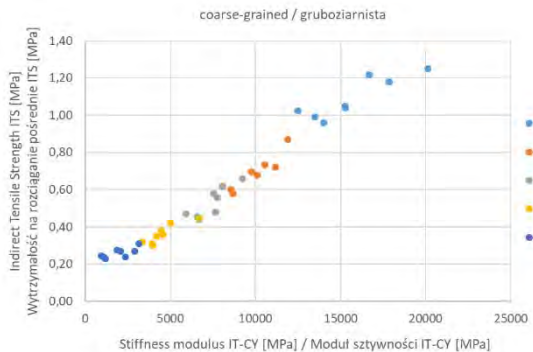


fine-grained / drobnoziarnista



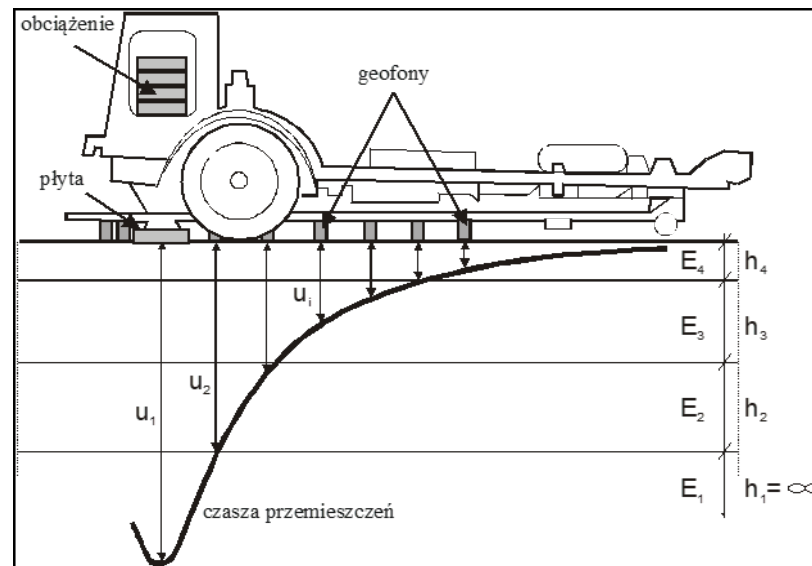






- Stosowanie odpadu UCPP, w zamian klasycznego cementu, zmieniło właściwości mechaniczne mieszanki MCE, ograniczając sztywność IT-CY oraz wytrzymałość ITS
- Otrzymane wyniki odnoszą się zarówno do mieszanek gruboziarnistych jak i drobnoziarnistych.
- Uzyskano dobrą korelację pomiędzy wynikami wytrzymałości ITS i sztywnością IT-CY mieszanek MCE dla różnych składów mineralnych oraz w różnych temperaturach badania.
- Korelacja ta przyspieszy i ułatwi proces projektowania mieszanek MCE w warstwach podbudowy konstrukcji nawierzchni.
- Wyniki badań wskazują, że zastosowanie spoiwa UCPP w mieszankach MCE spowoduje obniżenie sztywności mieszanek MCE, co przyczyni się do redukcji spękań w podbudowie a co za tym idzie do zwiększenia jej trwałości zmęczeniowej.

- Uzyskane wyniki badań mogą zostać wykorzystane do predykcji trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni drogowych, eksploatowanych w różnych temperaturach.



Innowacyjny materiał został wykorzystany na odcinku doświadczalnym, który jest monitorowany. Odcinek doświadczalny został zlokalizowany na terenie kopalni odkrywkowej w Mostach w województwie świętokrzyskim.



Sztywność mieszanek MCE na bazie ubocznych
cementowych produktów pylastych i kruszywa z recyklingu



Warsaw, 18 October 2023

MRP'23

Dziękuję za uwagę.