XXI Seminarium Techniczne, Józefów k/Warszawy, 4-6 listopada 2009 r.

Wapno hydratyzowane w mieszankach mineralno-asfaltowych

Doświadczenia laboratoryjne i terenowe

dr inż. Piotr JASKUŁA

Katedra Inżynierii Drogowej
Politechnika Gdańska

ZAKRES

- Wprowadzenie
  - Spektrum działania w mma
- Mechanizmy działania wapna
- Badania własne: laboratoryjne i terenowe
  - Odporność na działanie wody i mrozu
  - Wiele cykli zamrażania i odmrażania
  - Trwałość nawierzchni
  - Odporność na deformacje trwałe
- Podsumowanie

WAPNO HYDRATYZOWANE

Skała wapienna (wapień), węglanu wapnia ($CaCO_3$)	Wapno palone, tlenek wapnia (CaO)	Wapno gaszone, wapno hydratyzowane, wodorotlenek wapnia [$Ca(OH)_2$]

SPEKTRUM DZIAŁANIA WAPNA

- Zwiększa odporność mma na działanie wody i mrozu
- Zwiększa sztywność asfaltu w wysokich temperaturach
- Zatrzymuje procesy starzeniowe w asfalcie
- Zwiększa odporność na spękania niskotemperaturowe

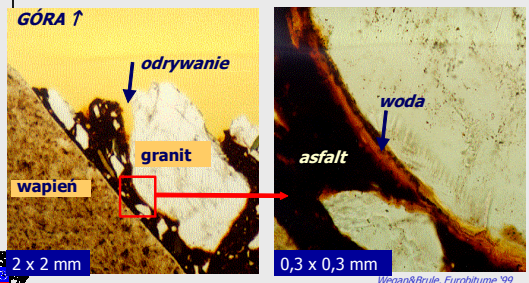
ODDZIAŁYWANIE WODY I MROZU (1)

- Brak dobrego powiązania asfaltu i kwaśnego kruszywa - przedwczesne zniszczenia nawierzchni asfaltowych

ODDZIAŁYWANIE WODY I MROZU (2)

MECHANIZMY NISZCZENIA NAWIERZCHNI PRZEZ WODĘ I MRÓZ

- Odmywanie asfaltu (ang. Stripping)
- Utrata adhezji kruszowo – asfalt
- Utrata kohezji i sztywności asfaltu
- Pękanie ziaren kruszywa
- Rozsadzanie mma przez zamarzającą wodę



Wegan&Brule, Eurobitume '99

UMIARKOWANIE W PROJEKTOWANIU

Koleinowanie Szorstkość	Woda i mróz Zmęczenie Spękania Urabialność

WSPOMAGANIE

- Konieczność stosowania środków zwiększających przyczepność a-k
  - Ciekłe środki adhezyjne (powszechne)
  - Wapno hydratyzowane (ciągle mniej znane)

DZIAŁANIE WAPNA HYDRATYZOWANEGO (1)

- Dostarcza jonów wapniowych, które reagują z wodorem, sodem, potasem i innymi kationami z powierzchni kruszywa – nierozpuszczalne sole

DZIAŁANIE WAPNA HYDRATYZOWANEGO (2)

- Reaguje z krzemionką, tworząc skorupę krzemianu wapnia o porowatej strukturze
- Zmienia ładunek powierzchniowy kruszywa z ujemnego na dodatni

DOZOWANIE WAPNA HYDRATYZOWANEGO (1)

- Ilość
  najczęściej 1,5% w stosunku do mma +

  +bonus!
- Sposób
  - Dodatkowy silos
  - Wypełniacz mieszany wg PN-EN 13043:2004 (aktywizowany)

DOZOWANIE WAPNA HYDRATYZOWANEGO (2)

- BONUS!!!
  - o 1,5% zmniejszenie zawartości mączki wapiennej

- Stabilne termicznie

BADANIA WŁASNE

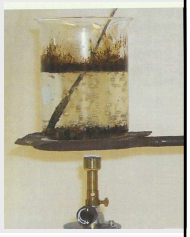
- Laboratoryjne
- Terenowe

Efektywność działania
wapna hydratyzowanego
jako środka adhezyjnego

WSTĘPNE BADANIA

- Grys - 6.3/10
- 3.5 % asfaltu
- Czas gotowania - 3 min

Ocena wizualna odmytych ziaren
(pozbawionych otoczki asfaltu)



WSTĘPNE BADANIA - WYNIKI

Procent odmytych ziaren

D50 -	15%	0%	0%
PMB -	20%	0%	0%

ODPORNOŚĆ NA DZIAŁANIE WODY I MROZU (1)

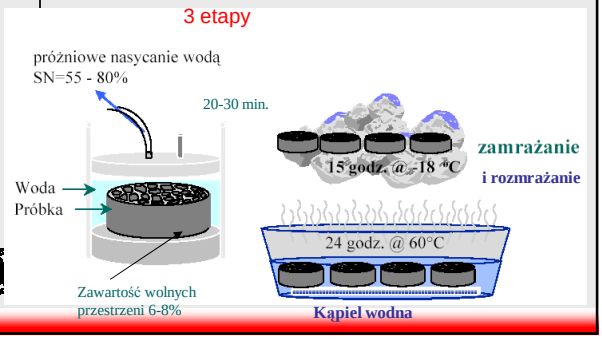
- Metoda wg Lottman, Tunnicliff&Root (USA) – AASTO T283

Ocena zmian cech mechanicznych mma

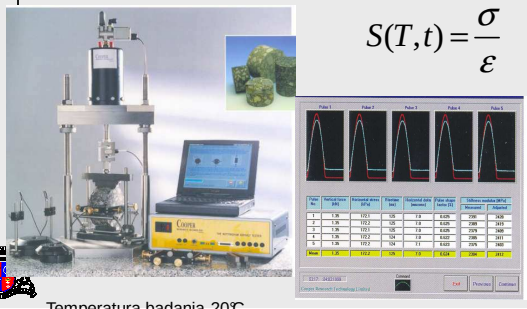
- Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie
- Moduł sztywności sprężystej

KONDYCJONOWANIE PRÓBEK

3 etapy



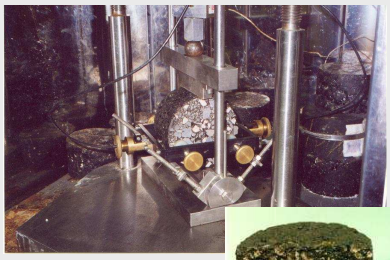
MODUŁ SZTYWNOŚCI



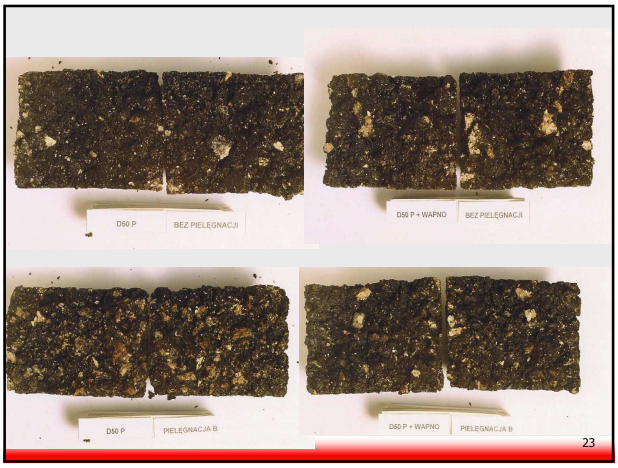
$$S(T,t) = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Temperatura badania 20℃

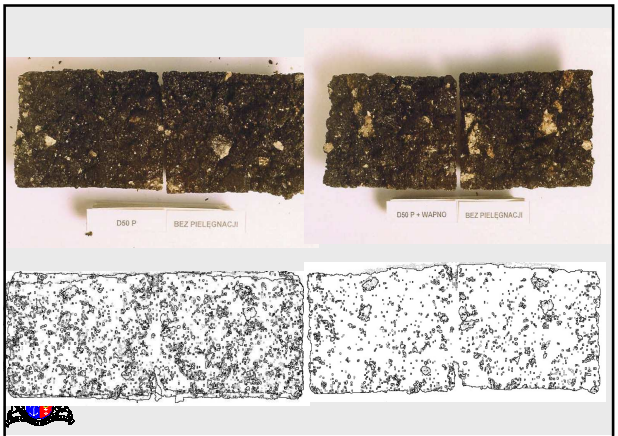
WYTRZYMAŁOŚĆ NA POŚREDNIE ROZCIĄGANIE



peratura badania 20°C



23

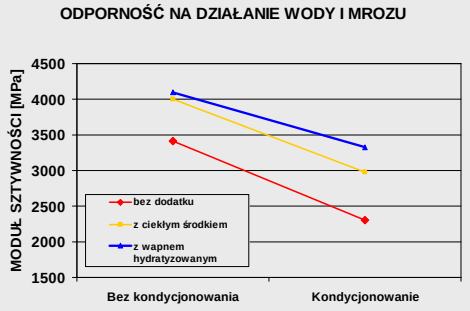


24

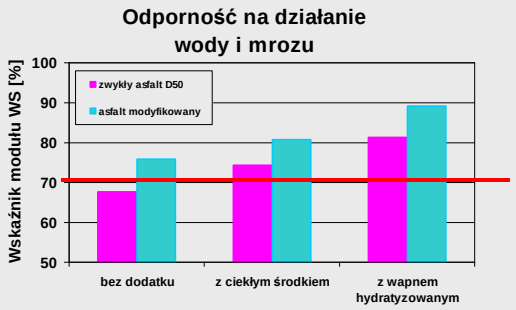
MIARA ODPORNOŚCI

$$WR, WS = \frac{PO\ KONDYCJONOWANIU}{PRZED}$$

WYNIKI (1)

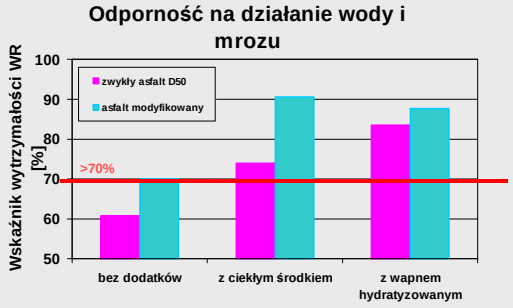


WYNIKI (2)

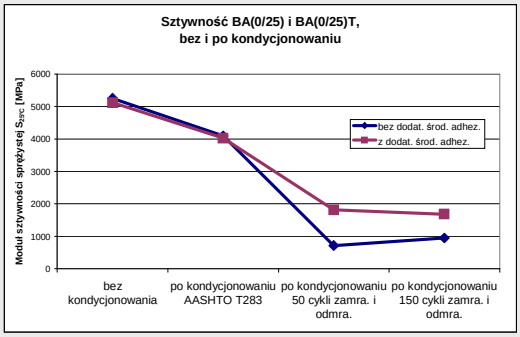


WYNIKI (3)

WYNIKI (4)

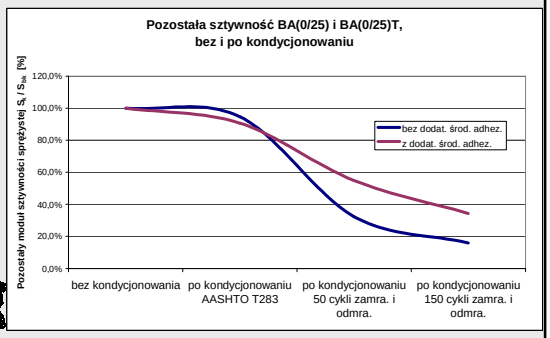


WYNIKI – trwałość (1)

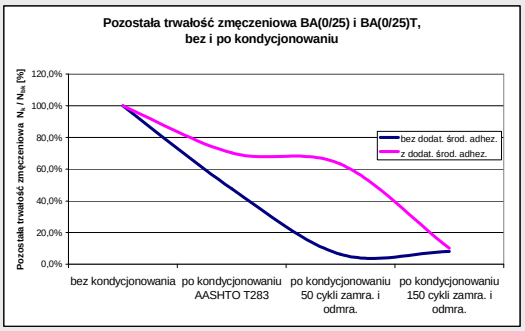


30

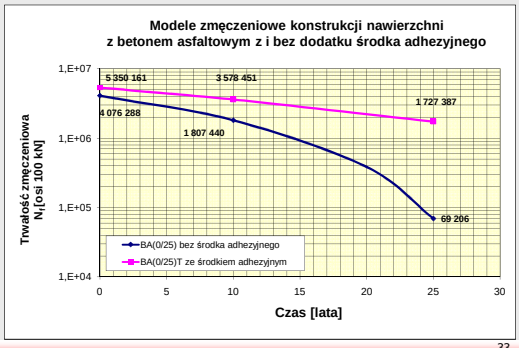
WYNIKI – trwałość (2)



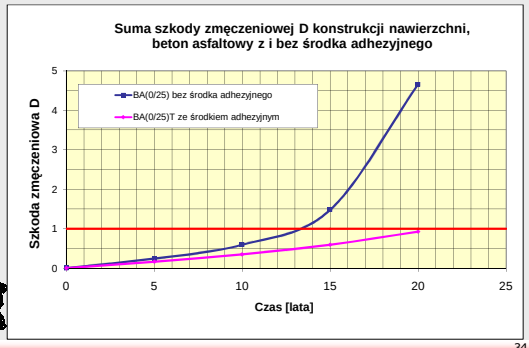
WYNIKI – trwałość (3)



WYNIKI – trwałość (4)



WYNIKI – trwałość (5)



34

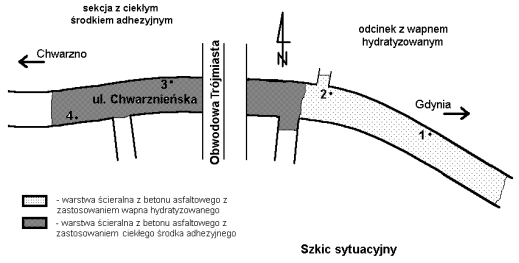
WNIOSKI Z BADAŃ LABORATORYJNYCH (1)

- Wapno hydratyzowane zwiększa odporność na działanie wody i mrozu
- WR i WS >70% dla mieszanki z wapnem hydratyzowanym, co potwierdza wniosek 1
- Wapno hydratyzowane działa podobnie jak ciekły środek adhezyjny

WNIOSKI Z BADAŃ LABORATORYJNYCH (2)

- 1,5% wapna hydratyzowanego działa efektywnie
- Wapno hydratyzowane może być alternatywą do ciekłych środków adhezyjnych
- Środek adhezyjny zwiększa trwałość konstrukcji nawierzchni
- Wapno nie ma zapachu

BADANIA TERENOWE
ODCINEK DOŚWIADCZALNY



Szkic sytuacyjny

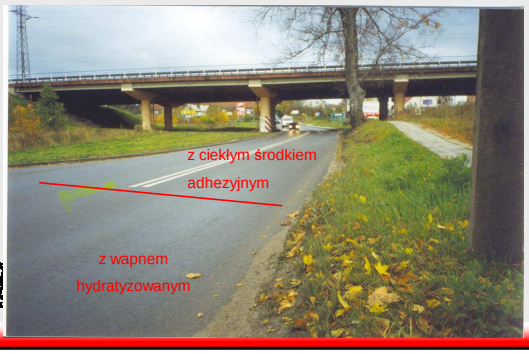
1999 r. – WBUDOWANIE MMA, PO 3 MSC. PIERWSZE BADANIA

2003 r. – BADANIA I OCENA STANU NAWIERZCHNI

2005 r. i 2008 r. – OCENA STANU NAWIERZCHNI

ODCINEK DOŚWIADCZALNY (1)

ODCINEK DOŚWIADCZALNY (2)



BADANIA

- Odporność na działanie wody i mrozu – AASHTO T283
  - Próbki z mma przygotowanej w laboratorium
  - Próbki z mma z wytwórni
  - Próbki wycięte z nawierzchni

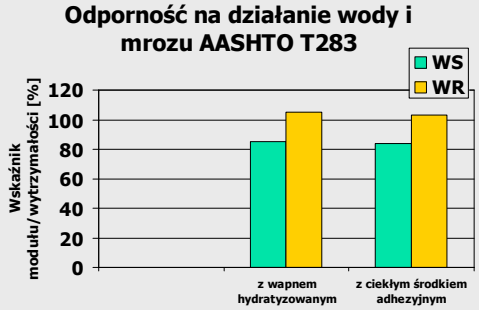
BADANIA (1)

- Odporność na deformacje trwałe – koleinowanie (+60°C)
  - Próbki wycięte z nawierzchni
- Głębokość koleiny (łata i klin)
  - Po 3,5 miesiącach
  - Po 4 latach

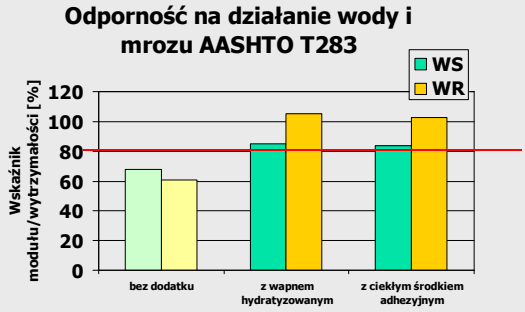
BADANIA (2)

- Ocena stanu nawierzchni wg SOSN
  - Po 4 latach
  - Po 6 i 9 latach
- Równość podłużna (po 4 latach)
  - Planograf
- Szorstkość (po 4 latach)
  - SRT-3

WYNIKI



WYNIKI (laboratorium)



ODPORNOŚĆ NA DEFORMACJE TRWAŁE

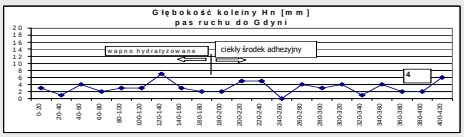
KOLEINOMIERZ BRYTYJSKI

Cecha	Beton asfaltowy		Wymaganie
	Ciekły środek adhezyjny	Wapno hydratyzowane	
Głębokość koleiny, +60°C [mm]	3,8	5,8	<7 mm
Prędkość przyrostu koleiny, +60°C [mm/godz.]	2,2	3,7	<5 mm/godz.

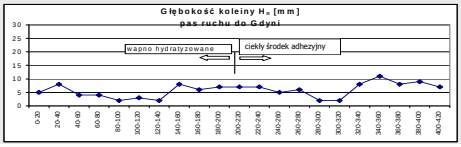
PRÓBKI WYCIĘTE Z NAWIERZCHNI (1999 r.)

KOLEINY – klin i łata 2 m

PO
3,5 MSC



PO
4 LATACH



RÓWNOŚĆ PODŁUŻNA

Lokalizacja	Odchylenie równości			
	Maksymalne pomierzone		Dopuszczalne	
	od Gdyni	do Gdyni	95%	100%
z wapnem hydratyzowanym				
0+016	<4	9	<6	<7
0+079	6	<4		
0+201	<4	5		
Z ciekłym środkiem adhezyjnym				
0+311	6	<4	<6	<7
0+368	5	<4		
0+405	<4	6		
0+413	5	<4		
0+419	5	<4		

SZORSTKOŚĆ

Lokalizacja	Współczynnik tarcia				
	mierzony	miarodajny	mierzony	miarodajny	Wymagany miarodajny
	od Gdyni		do Gdyni		
z wapnem hydratyzowanym					
0+000	0,40	0,38	-		0,39
0+050	0,43		0,42	0,35	
0+100	0,40		0,42		
0+150	0,38		0,36		
0+200	0,38		0,35		
z ciekłym środkiem adhezyjnym					
0+250	0,34	0,34	0,38	0,33	
0+300	0,35		0,32		
0+350	0,42		0,38		
0+400	0,38		0,37		

STAN NAWIERZCHNI

PO 4 LATACH

Z WAPNEM HYDRATYZOWANYM
STAN DOBRY

Z CIEKŁYM ŚRODKIEM ADHEZYJNYM
STAN DOBRY

STAN NAWIERZCHNI (1)

PO 6 i 9 LATACH, bez zmian

Z wapnem hydratyzowanym
STAN DOBRY

Z ciekłym środkiem adhezyjnym
STAN DOBRY

WNIOSKI Z BADAŃ TERENOWYCH (1)

- Betony asfaltowe z wapnem hydratyzowanym, jak i z ciekłym środkiem adhezyjnym są odporne na oddziaływanie wody i mrozu
- ….odporne na deformacje trwałe

WNIOSKI Z BADAŃ TERENOWYCH (2)

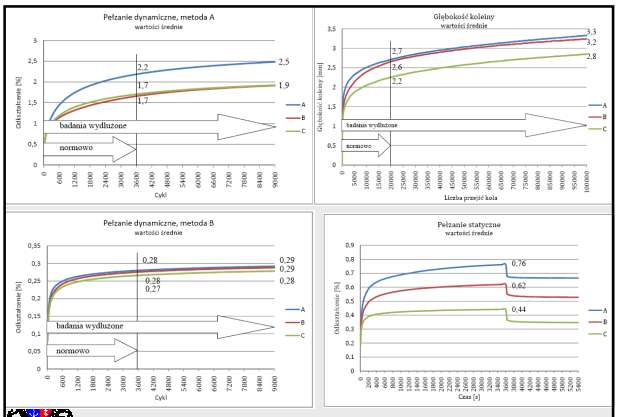
- Wapno hydratyzowane nie zmieniło właściwości betonu asfaltowego w zestawieniu do ciekłego środka adhezyjnego
- Stan nawierzchni po 4, 6 i 9 latach nie wykazał istotnego wpływu rodzaju środka adhezyjnego (wapna hydratyzowanego, ciekłego środka) na właściwości betonu asfaltowego i nawierzchni

WNIOSKI Z BADAŃ TERENOWYCH (3)

- Wapno hydratyzowane może być alternatywą dla ciekłego środka adhezyjnego

ODPORNOŚĆ NA DEFORMACJE TRWAŁE

54



55

ANALIZA PUNKTOWA

- jeśli wyniki nie różnią się w zakresie ±15% to uznaje się, że betony asfaltowe są jednakowo odporne na deformacje trwałe i każda mieszanka otrzymuje **0** punktów,
- jeśli wyniki różnią się o >15% od wyników najsłabszej mieszanki to otrzymuje ona **1** punkt,
- różnica minimum 25% przyznawane są mieszance **2** punkty

cecha	wyniki A	wyniki B	wyniki C	min. +15%*	min. +25%**	punkty A	punkty B	punkty C
moduł sztywności sprężystej								
moduł 0°C[1]	18730	21868	19769	18581		0	0	0
moduł 10°C	15227	18036	12959	14891	16186	1	2	0
moduł 20°C	7480	8854	6236	7171	7795	1	2	0
moduł 28°C	5675	6708	4344	4996	5430	2	2	0
wytrzymałość na pośrednie rozciąganie								
wytrzymałość na rozciąganie 0°C	4,54	4,91	4,89	5,22	-	0	0	0
wytrzymałość na rozciąganie 10°C	3,49	3,49	3,40	3,91	-	0	0	0
wytrzymałość na rozciąganie 20°C	1,89	2,19	1,70	1,95	2,12	0	2	0
wytrzymałość na rozciąganie 28°C	1,65	1,54	1,34	1,54	1,67	1	1	0
badanie zmian profilu wytworzonych w laboratorium								
nachylenie wykresu kolejnowania po 2000[1]	0,04	0,05	0,04	0,043	0,037	1	0	1
proporcjonalna głębokość koleiny po 2000[1]	4,5	4,4	3,8	3,82	3,37	0	0	1
nachylenie wykresu kolejnowania po 10000[1]	0,02	0,01	0,01	0,017	0,015	0	2	2
proporcjonalna głębokość koleiny po 10000[1]	5,5	5,4	4,7	4,67	-	0	0	0
pełzanie statyczne								
odkształcenie maksymalne[1]	7621	6291	4411	6478	5716	0	1	2
odkształcenie trwałe[1]	6655	5274	3461	5657	4991	0	1	2
odkształcenie sprężyste	965	927	951	1066	-	0	0	0
prędkość pełzania[1]	0,17	0,10	0,05	0,14	0,13	0	2	2
moduł sztywności pełzania	15,0	19,0	28,9	17,2	18,7	0	2	3
pełzanie dynamiczne, metoda A								
odkształcenie maksymalne[1] po 3600	21864	16589	17059	18584	16398	0	1	1
prędkość pełzania[1] po 3600	1,30	0,96	0,98	1,11	0,98	0	2	1
moduł pełzania po 3600	4,6	6,0	5,9	5,3	5,8	0	2	2
odkształcenie maksymalne[1] po 9000	24842	19143	19256	21116	18632	0	1	1
prędkość pełzania[1] po 9000	0,55	0,47	0,41	0,47	0,41	0	1	2
moduł pełzania po 9000	4,0	5,1	5,2	4,6	5,0	0	2	2
pełzanie dynamiczne, metoda B								
odkształcenie maksymalne[1] po 3600	2799	2755	2657	2379	-	0	0	0
prędkość pełzania[1] po 3600	0,05	0,06	0,05	0,05	-	1	0	1
moduł pełzania po 3600	35,7	36,3	37,6	41,1	-	0	0	0
odkształcenie maksymalne[1] po 9000	2918	2879	2781	2480	-	0	0	0
prędkość pełzania[1] po 9000	0,02	0,02	0,02	0,017	-	0	0	0
moduł pełzania po 9000	34,3	34,7	32,5	37,37	-	0	0	0
kolejnowanie próbek pobranych z odcinka doświadczalnego								
nachylenie wykresu kolejnowania po 2000[1]	0,32	1,63	1,39	1,22		2	0	
proporcjonalna głębokość koleiny po 2000[1]	12,6	25		21,2	16,8	2	0	
					suma	11	26	22

punkty		
A	B	C

Gdzie:
A – bez wapna
B – 1,5% wapna
C – 2% wapna

suma	11	26	22

57

DODATKOWE WŁAŚCIWOŚCI WAPNA HYDRATYZOWANEGO

- Zwiększa sztywność asfaltu w wysokich temperaturach
- Zatrzymuje procesy starzeniowe w asfalcie
- Zwiększa odporność na spękania niskotemperaturowe

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Hydrated lime in asphalt mixes

Laboratory and field experience

- The presentation shows the results of laboratory and field testing of the resistance of asphalt concrete using the hydrated lime to the action of water and frost as well as resistance to permanent deformation. The detrimental effect of water and frost was measured by comparing indirect tensile strength and resilient modulus of asphalt mixes before and after laboratory simulation of water and frost action using the modified Lottman method. The effect of two additives (hydrated lime and liquid additive) was evaluated also on test sections of road pavement by assessing its condition (surface deterioration, rut depth and friction coefficient) . It was found that hydrated lime may be used instead of liquid additive to improve adhesion of bitumen to hydrophilic aggregates and to achieve the same resistance of asphalt concrete to action of water and frost. The results of fatigue life of asphalt concrete which was subjected to action of water and frost were also showed. The original method to simulate the action of water and frost in the lab was modified in such a way that instead of 1 cycle of freezing and thawing 50 cycles and 150 cycles of freezing and thawing were introduced. Fatigue life was measured in the Indirect Tensile Fatigue Test in the NAT apparatus. Detrimental effect of water and frost was clearly identify.