LAFARGE

A MEMBER OF HOLCIM GROUP

TECHNOLOGIA BETONU 2023

Stabilizacja oraz mieszanki związane jako fundament konstrukcji drogowej. Najlepsze metody doboru spoiw i możliwych zastosowań.

Przemysław Stałowski

Agenda

- Czym jest stabilizacja, gdzie stosujemy i dlaczego?
- Rodzaje gruntów, które stabilizujemy
- Rodzaje stabilizacji, mieszanek związanych i wzmocnień gruntu
- Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji
- Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych
- Wykonywanie stabilizacji na miejscu
- Podsumowanie

Układ warstw w konstrukcji nawierzchni drogowej

<table>
<tr><td colspan="2">Nawierzchnia</td><td rowspan="2">Nawierzchnia</td></tr>
<tr><td>Podbudowa zasadnicza</td><td rowspan="2">Podbudowa</td></tr>
<tr><td>Podbudowa pomocnicza+ warstwa mrozoochronna</td></tr>
<tr><td colspan="2">Podłoże ulepszone – mieszanka związana cementem, stabilizacja</td><td rowspan="2">Podłoże</td></tr>
<tr><td colspan="2">Podłoże gruntowe zakwalifikowane jako G1-G4</td></tr>
</table>

Czym jest stabilizacja i jak ją wykonujemy?

1. Z punktu widzenia konstrukcyjnego – ulepszone podłoże, warstwa mrozoochronna lub podbudowa pomocnicza czy zasadnicza;

2. Z punktu widzenia materiałowego – mieszanka spoiwa, wody i kruszyw

3. Wykonywanie:

a. Na miejscu budowy

b. W mieszarkach stacjonarnych lub mobilnych

Gdzie stosujemy stabilizację?

TAM GDZIE TYLKO MOŻNA!

Dlaczego wykonywanie stabilizacji jest takie powszechne?

1. Względy ekonomiczne;
2. Możliwość wykorzystania istniejącego materiału;
3. Zachowanie prawidłowości warstw konstrukcji korpusu drogowego;
4. Łatwość wykonania;
5. Szybkość wykonania;
6. Wzmocnienie słabych gruntów;
7. Uniwersalność.

Klasyfikacja gruntów wg PN-EN ISO 14688-2:2018-05

Lp.	Rodzaj gruntu		Symbol	Zawartość frakcji [%]			
				Cl (f_i)	Si (f_π)	Sa (f_p)	Gr (f_z)
1	Żwir		Gr	do 3	0 – 15	0 – 20	80 – 100
2	Żwir piaszczysty		saGr	do 3	0 – 15	20 – 50	50 – 80
3	Piasek ze żwirem (pospółka)		grSa	do 3	0 – 15	50 – 80	20 – 50
4	Piasek drobny Piasek średni Piasek gruby		F M Sa C	do 3	0 – 15	85 – 100	0 – 20
5	Żwir pylasty Żwir ilasty (pospółka ilasta)		siGr clGr	do 3	15 – 40	0 – 20	40 – 85
6	Żwir pylasto-piaszczysty Żwir piaszczysto-pylasty (pospółka ilasta)		sasiGr sisaGr	do 3	15 – 40	20 – 45	40 – 65
7	Piasek pylasty ze żwirem		grsiSa grclSa	do 3	15 – 40	40 – 65	20 – 40
8	Piasek zapylony (zailony)		siSa clSa	do 3	15 – 40	40 – 85	0 – 20
9	Żwir ilasty pył ze żwirem		grSi grclSi siGr	0 – 8	40 – 80	0 – 20	20 – 60
10	Glina	Glina pylasta	saclSi	8-17	33-72	20-60	
		Glina ilasta	sasiCl	8-31	25-65	20-60	
11	pył		Si	0-10	72-100	0-20	
12	pył ilasty		clSi	8-20	65-90	0-20	
13	ił		Cl	25-60	0-60	0-40	
14	ił pylasty		siCl	20-40	48-80	0-20	
14	Grunty różne			10 – 30	20 – 40	30 – 40	20 – 40
15	Symbole dla zwietrzelin				20 – 40	20 – 40	30 – 40
				10 – 30	40 – 60	30 – 60	
16	Grunty organiczne		Or				

Tablica NA.1 z normy PN-EN ISO 14688-2:2018-05

Klasyfikacja gruntów wg PN-B-02480:1986

Grunty niespoiste

Tablica 8

Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie
Piasek gruby	Pr	zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,5 mm wynosi więcej niż 50% ($d_{50} > 0{,}5$ mm)[1]
Piasek średni	Ps	zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,5 mm wynosi nie więcej niż 50%, lecz zawartość ziaren o średnicy większej niż 0,25 mm wynosi więcej niż 50% ($0{,}5 \text{ mm} \geq d_{50} > 0{,}25$ mm)[1]
Piasek drobny	Pd	zawartość ziaren o średnicy mniejszej niż 0,25 mm wynosi więcej niż 50% ($d_{50} \leq 0{,}25$ mm)[1]
Piasek pylasty	Pπ	$f'_p = 68 \div 90\%$[2] $f'_\pi = 10 \div 30\%$ $f'_i = 0 \div 2\%$

[1] Wg załącznika 1 lp. 31.
[2] Wg p. 2.16.

Tablica 8 oraz 12 z normy PN-B-02480:1986

Grunty spoiste

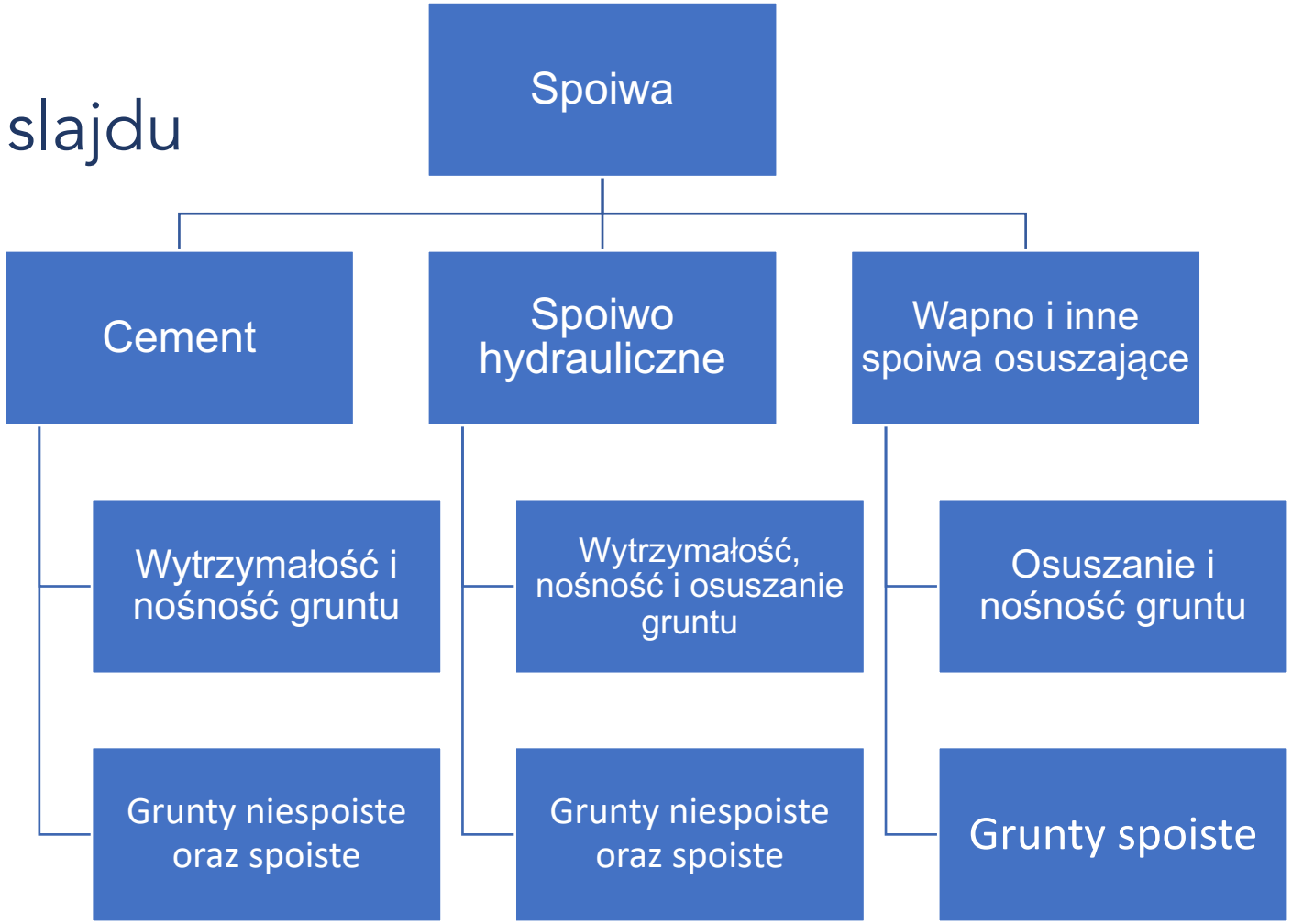
Tablica 12

Nazwa rodzaju gruntu	Symbol	Zawartość frakcji[1], %		
		f'_p	f'_π	f'_i
1	2	3	4	5
Piasek gliniasty	Pg	60 ÷ 98	0 ÷ 30	2 ÷ 10
Pył piaszczysty	pp	30 ÷ 70	30 ÷ 70	0 ÷ 10
Pył	p	0 ÷ 30	60 ÷ 100	0 ÷ 10
Glina piaszczysta	Gp	50 ÷ 90	0 ÷ 30	10 ÷ 20
Glina	G	30 ÷ 60	30 ÷ 60	10 ÷ 20
Glina pylasta	Gπ	0 ÷ 30	30 ÷ 90	10 ÷ 20
Glina piaszczysta zwięzła	Gpz	50 ÷ 80	0 ÷ 30	20 ÷ 30
Glina zwięzła	Gz	20 ÷ 50	20 ÷ 50	20 ÷ 30
Glina pylasta zwięzła	Gπz	0 ÷ 30	50 ÷ 80	20 ÷ 30
Ił piaszczysty	Ip	50 ÷ 70	0 ÷ 20	30 ÷ 50
Ił	I	0 ÷ 50	0 ÷ 50	30 ÷ 100
Ił pylasty	Iπ	0 ÷ 20	50 ÷ 70	30 ÷ 50

[1] Wg p. 2.16.

Czym i co stabilizujemy?

- Treść slajdu



Podział stabilizacji

1. Wykonywana zwykle na miejscu, ale również i na węzłach wg „**PN-S-96012:1997** Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem”.

2. **MIESZANKA ZWIĄZANA CEMENTEM** – Wykonywana zwykle na węźle z dowozu wg „**PN-EN 14227-1:2013-10** Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Specyfikacje – Część 1. Mieszanki związane” lub **WT-5/WWiORB D.04.05.01 v.03**.

3. **ULEPSZONE PODŁOŻE** – może być wykonywane zarówno wg **PN-S-96012:1997** jak i **PN-EN 14227-1:2013-10** oraz **WT-5/WWiORB D.04.05.01 v.03**

Podstawowe różnice między stabilizacją a MZC

PN-S 96012:1997

- Pełna instrukcja wykonywania stabilizacji na miejscu oraz w mieszarkach stacjonarnych;
- Wytyczne dla materiałów wsadowych do stabilizacji i jasne kryterium oceny prawidłowości wykonanej stabilizacji;
- Tańsza w produkcji – nie wymaga wyselekcjonowanych surowców mineralnych;
- Tylko trzy klasy stabilizacji.

PN-EN 14227-1:2013-10

- Norma podaje sposób klasyfikowania i sposoby oceny mieszanki związanej;
- Mieszanki związane wymagają selekcjonowanych materiałów wsadowych pod względem uziarnienia;
- Większe pole doboru wytrzymałości mieszanki związanej cementem oraz gotowe rozwiązanie w KTKNPiP oraz KTKNS;
- Droga w produkcji ze względu na określenie krzywych granicznych dla produktu;
- Szeroki wachlarz rodzajów i typów wg wytrzymałości i uziarnienia.

Podstawowe różnice między stabilizacją a MZC

- Wzmocnienia i ulepszenia gruntu – wytrzymałości Rm=1,5 MPa lub C0,4/0,5 lub C0,8/1,0.

- Podbudowy – Rm=2,5 MPa; Rm=5,0 MPa; C1,5/2,0 wzwyż…..

A ile to jest ten 1 MPa?

C0,8/1,0 – min. 1 MPa

1 MPa = 10 kg/cm2

1 MPa = 101 971 kg/m2

I teraz wiecie, dlaczego nie można chodzić w szpilkach po parkiecie ☺

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji

Tablica 1

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania
1	2	3	4
1	Uziarnienie: - zawartość ziarn przechodzących przez sito # 50 mm, - zawartość ziarn przechodzących przez sito # 25 mm, - zawartość ziarn przechodzących przez sito # 4 mm, - zawartość ziarn przechodzących przez sito # 0,25 mm, - zawartość ziarn przechodzących przez sito # 0,05 mm, - zawartość części mniejszych od 0,002 mm, nie więcej niż	 % (*m/m*) % (*m/m*) % (*m/m*) % (*m/m*) % (*m/m*) % (*m/m*)	 100 85 - 100 50 - 100 10 - 100 0 - 100 20
2	Granica płynności, nie więcej niż	% (*m/m*)	40
3	Wskaźnik plastyczności, nie więcej niż	% (*m/m*)	15
4	Odczyn pH	-	od 5 do 8
5	Zawartość części organicznych, nie więcej niż	% (*m/m*)	2,0
6	Zawartość siarczanów, przeliczonych na SO_3, nie więcej niż	% (*m/m*)	1,0

Tabela 1. Wymagania stosowanych kruszyw wg PN-S 96012:1997

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji

Tablica 3

Lp.	Rodzaj warstwy w konstrukcji nawierzchni drogowej	Wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą		Wskaźnik mrozoodporności
		R_7	R_{28}	
		MPa		
1	2	3	4	5
1	Podbudowa zasadnicza nawierzchni drogowej obciążonej ruchem kategorii KR1 lub podbudowa pomocnicza nawierzchni drogowej obciążonej ruchem kategorii KR od 2 do 6	od 1,6 do 2,2	od 2,5 do 5,0	0,7
2	Górna część warstwy ulepszonego podłoża gruntowego o grubości co najmniej 10 cm w przypadku budowy nawierzchni dróg obciążonych ruchem kategorii KR 5 i KR 6 lub górna część warstwy ulepszenia słabego podłoża z gruntów wątpliwych oraz wysadzinowych	od 1,0 do 1,6	Od 1,5 do 2,5	0,6
3	Dolna część warstwy ulepszonego podłoża gruntowego w przypadku posadowienia konstrukcji nawierzchni na podłożu z gruntów wrażliwych na działanie mrozu i wody (wątpliwych i wysadzinowych)	-	od 0,5 do 1,5	0,6

Tabela 2. Rodzaje stabilizacji wg PN-S 96012:1997

Rm=5,0 MPa

Rm=2,5 MPa

Rm=1,5 MPa

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji

Wyróżniamy 2 typy stosowanej stabilizacji pod względem wymagań końcowych.
Jakie to są wymagania?

- Wytrzymałość
  - Rm=1,5 MPa
  - Rm=2,5 MPa
  - Rm=5,0 MPa
- Nośność
  - Moduł odkształcenia
  - Wytrzymałość dobierana do potrzeb warstwy
  - W 90%wymaganie tam gdzie stosujemy spoiwa

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji

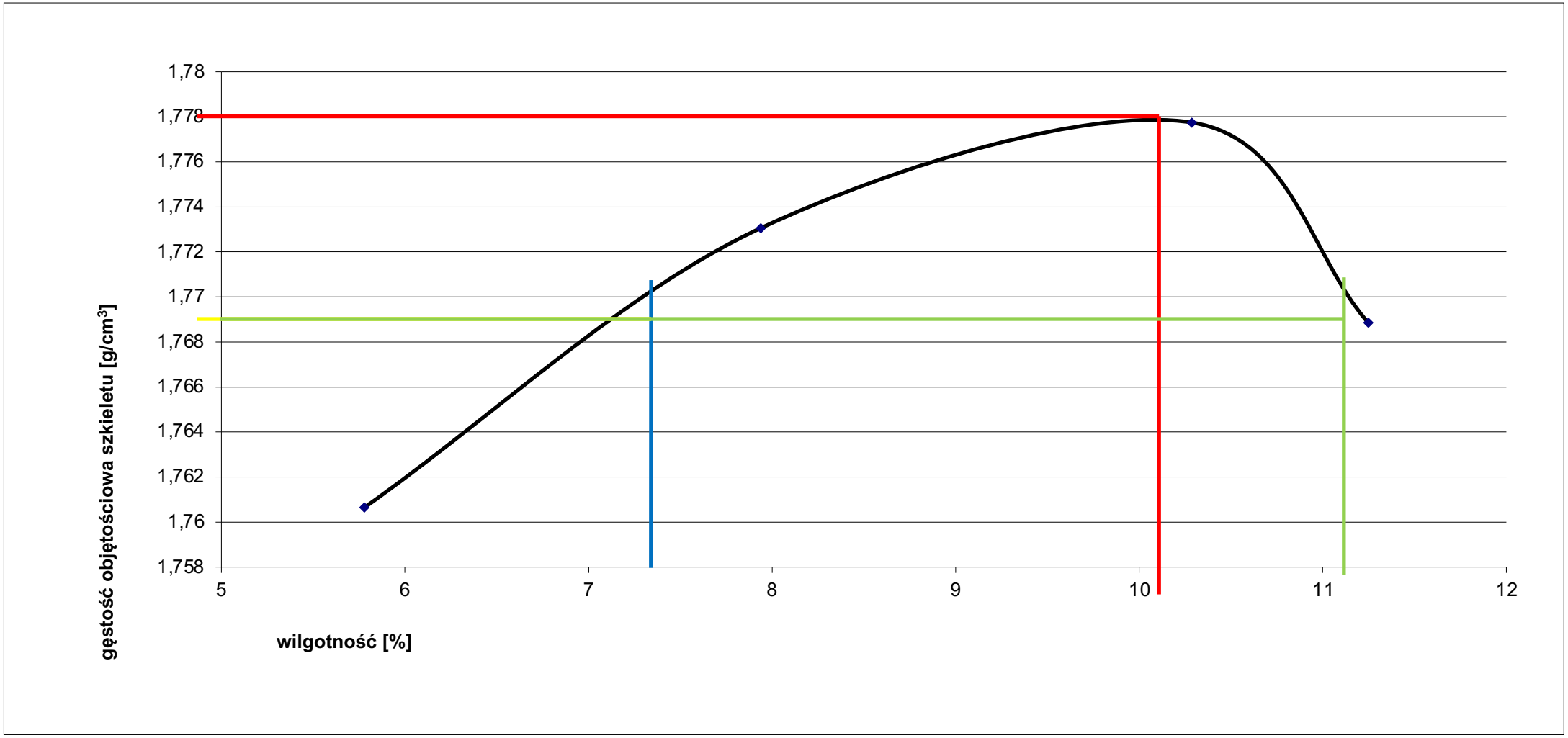
Materiały	Udział materiałów [%]	Ilość materiałów na 1 m^3
Kruszywo	93,0	1596,0 kg/m^3
Spoiwo hydrauliczne	7,0	112,0 kg/m^3
woda pitna	12,0	204,0 l/m^3

$C = C_{osg/max} * h * X$, gdzie:

$C_{osg/max}$ – ciężar obj. szkieletu gruntowego [kg/m^3]
h – grubość warstwy [m]
X – dodatek spoiwa [ułamek dziesiętny]

C = 1708 kg/m^3
h = 0,3 m
X= 7,0 %
C=1708*0,3*0,07 = 35,8 kg/m^2

A dlaczego nie liczyć tak?
C=112*0,3 = 33,6 kg/m^2
Sprawdzenie:
C=1708*0,3*0,065 = 33,3 kg/m^2


1,78
1,778
1,776
1,774
1,772
1,77
1,768
1,766
1,764
1,762
1,76
1,758
5
6
7
8
9
10
11
12
gęstość objętościowa szkieletu [g/cm3]
wilgotność [%]

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania stabilizacji

Kiedy stosujemy cementy a kiedy spoiwa?

Rodzaj spoiwa	Wytrzymałość minimalna	Wytrzymałość maksymalna
HRB N1	2,5	22,5
HRB E2	12,5	32,5
HRB E3	22,5	42,5
HRB E4	32,5	52,5

1. Spoiwo HRB N1 – wtedy kiedy potrzebujemy odpowiedni moduł nośności – OSUSZANIE, przy przemoczonych gruntach spoistych, przy budowaniu nowych, wysokich nasypów. Dodatek zwykle od 3% w zależności od stanu gruntu i wymagań.

2. Spoiwo HRB E3 – w większości przypadków osiągnięcie modułu nośności, przy stabilizacji niskiej klasy Rm=1,5 MPa lub MZC: C0,4/0,5. Dodatek już od 1% w zależności od stanu gruntu i wymagań.

Podsumowanie – stabilizacja wg PN-S 96012:1997

1. Do projektowania stabilizacji należy znać rodzaj gruntu, warstwę konstrukcyjną, wymagania co do wytrzymałości/nośności i grubości warstwy.
2. Wytrzymałość stabilizacji to Rm=1,5 MPa, Rm=2,5 Mpa, Rm=5,0 MPa
3. Do stabilizacji wg PN-S 96012:1997, zgodnie z normą stosujemy cementy klasy 32,5 MPa.
4. W przypadku przemoczonych gruntów należy zastosować wstępne osuszenie, np. spoiwem typu HRB N1.

Orientacyjna ilość cementu klasy 32,5 MPa do stabilizacji [kg]		
Rodzaj stabilizacji	**Spoisty**	**Niespoisty**
Rm=1,5 MPa	60-80	50-70
Rm=2,5 MPa	110-130	90-130
Rm=5,0 MPa	130-150	120-160

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

- *Cement Bound Granular Mixture* – z ang. Mieszanka Granulowana Związana Cementem.
- Potoczna nazwa w polskich dokumentach – MZC lub mieszanka związana.

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Tabela 1. Wymagane właściwości kruszywa do warstw podbudowy i warstwy mrozoochronnej z mieszanek związanych cementem

Właściwość kruszywa	Metoda badania wg	Wymagania wg PN-EN 13242 dla ruchu kategorii KR1 ÷ KR7		
		Punkt PN-EN 13242	dla kruszywa związanego cementem w warstwie	
			podbudowy pomocniczej i warstwy mrozoochronnej	podbudowy zasadniczej
Frakcje/zestaw sit #	-	4.1–4.2	Zestaw sit podstawowy plus zestaw 1 Wszystkie frakcje dozwolone	
Uziarnienie	PN-EN 933-1	4.3.1	kruszywo grube: kat. $G_C80/20$, kruszywo drobne: kat. G_F80, kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. G_A75.	
Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich	PN-EN 933-1	4.3.2	Kat. GT_CNR	
Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu	PN-EN 933-1	4.3.3	kruszywo drobne: kat. GT_FNR kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. GT_ANR	
Kształt kruszywa grubego – maksymalne wartości wskaźnika płaskości	PN-EN 933-3*)	4.4	Kat. $FI_{Deklarowana}$	Kat. FI_{50}
Kształt kruszywa grubego – maksymalne wartości wskaźnika kształtu	PN-EN 933-4*)	4.4	Kat. $SI_{Deklaroowana}$	Kat. SI_{55}
Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierzchniach przekruszonych lub łamanych oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym	PN-EN 933-5	4.5	Kat. C_{NR}	
Zawartość pyłów**) w kruszywie grubym	PN-EN 933-1	4.6	Kat. $f_{Deklarowana}$	
Zawartość pyłów**) w kruszywie drobnym	PN-EN 933-1	4.6	Kat. $f_{Deklarowana}$	
Jakość pyłów	-	4.7	Brak wymagań	
Odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego	PN-EN 1097-2	5.2	Kat. LA_{60}	Kat. LA_{50}
Odporność na ścieranie kruszyw grubych	PN-EN 1097-1	5.3	Kat. $M_{DE}NR$	
Gęstość ziaren	PN-EN 1097-6, roz. 7, 8 i 9	5.4	Deklarowana	
Siarczany rozpuszczalne w kwasie	PN-EN 1744-1	6.2	Kruszywo kamienne: kat. $AS_{0,2}$ żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. $AS_{1,0}$	
Całkowita zawartość siarki	PN-EN 1744-1	6.3	Kruszywo kamienne: kat. S_{NR}, żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. S_2	

Tabela zaczerpnięta z WWiORB D.04.05.01 v.03

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

- Większość parametrów fizycznych jest deklarowanych przez producenta – duży wachlarz doboru kruszyw – praktycznie ograniczeniem jest głównie dobór krzywej granicznej zgodnej dla określonej mieszanki;

- Parametrem wykluczającym dużo dobrej jakości kruszyw jest wartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie PN-EN 1744-1 o wartości 0,2 – **AS0,2** – dla porównania – **w betonie wymaga się parametru AS0,8**.

WNIOSEK – Twórzmy specyfikacje odpowiednie dla warunków lokalnych, użytkowych oraz lokalizacyjnych

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Column	1	2	3
Line	Minimum R_c for cylinders of slenderness ratio 2[a] MPa	Minimum R_c for cylinders of slenderness ratio 1[a] and cubes MPa	R_c Class
1	0,4	0,5	$C_{0,4/0,5}$
2	0,8	1	$C_{0,8/1}$
3	1,5	2	$C_{1,5/2}$
4	2,3	3	$C_{2,3/3}$
5	3	4	$C_{3/4}$
6	4	5	$C_{4/5}$
7	5	6	$C_{5/6}$
8	6	8	$C_{6/8}$
9	8	10	$C_{8/10}$
10	9	12	$C_{9/12}$
11	12	16	$C_{12/16}$
12	15	20	$C_{15/20}$
13	18	24	$C_{18/24}$
14	21	28	$C_{21/28}$
15	24	32	$C_{24/32}$
16	27	36	$C_{27/36}$
17	30	40	$C_{30/40}$
18	33	44	$C_{33/44}$
19	36	48	$C_{36/48}$
20	Declared value	Declared value	C_{DV}

[a] If cylinders with slenderness ratios other than 1 or 2 are used, then the correlation with cylinders of either slenderness ratio 1 or 2 shall be established before use.

Klasy wytrzymałości wg PN-EN 14227-1:2013-10

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Kolumna	1	2	3
Wiersz	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa		Klasa wytrzymałości
	Wytrzymałość charakterystyczna R_c		
	Próbki walcowe H/D[a]=2,0	Próbki walcowe H/D[a]=1,0[b]	
1	brak wymagań		C_0
2	1,5	2,0	$C_{1,5/2,0}$
3	3,0	4,0	$C_{3/4}$
4	5,0	6,0	$C_{5/6}$
5	8,0	10,0	$C_{8/10}$
6	12	15	$C_{12/15}$
7	16	20	$C_{16/20}$
8	20	25	$C_{20/25}$

[a] H/D= stosunek wysokości do średnicy próbki
[b] H/D= 0,8 do 1,21

Klasy wytrzymałości wg WT-5/WWiORB D.04.05.01 v.03

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Lp.	Właściwość	Wymagania
1.0	Składniki	
1.1	Cement	wg p. 2.2.1
1.2	Kruszywo	wg tabeli 1
1.3	Woda zarobowa	wg p. 2.2.2
1.4	Dodatki i domieszki	wg p. 2.2.3 i p. 2.2.4
2.0	Mieszanka	
2.1	Uziarnienie:	Krzywe graniczne uziarnienia
	- mieszanka 0/8 mm*)	wg rys. 5
	- mieszanka 0/11,2 mm	wg rys. 4
	- mieszanka 0/16 mm	wg rys. 3
	- mieszanka 0/22,4 mm	wg rys. 2
	- mieszanka 0/31,5 mm	wg rys. 1
2.2	Minimalna zawartość cementu	wg tabeli 2
2.3	Zawartość wody	wg projektu mieszanki
2.4	Wytrzymałość na ściskanie*)	wg tabeli 4
2.5	Mrozoodporność	≥ 0,7
2.6	Szczelność mieszanki	≥ 0,8

*) Mieszankę 0/8 mm można stosować tylko dla ruchu KR1 i KR2

Wymagania wg WT-5/WWiORB D.04.05.01 v.03

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Wymagania wg WT-5/WWiORB
D.04.05.01 v.03

Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi						
		Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozoochronna
		KR1-KR2*)	KR3-KR4*)	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4
1.	Mieszanki związane cementem wg PN-EN 14227-1	C3/4 ≤ 6 MPa	C5/6 ≤ 10 MPa	C8/10 ≤ 20 MPa	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1-KR2	C3/4 ≤ 6 MPa	C5/6 ≤ 10 MPa	C1,5/2 ≤ 4 MPa

*) W typowych konstrukcjach nawierzchni sztywnych - nie stosuje się dla kat. KR1-KR3
Uwaga: Określenie „nie stosuje się" oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.

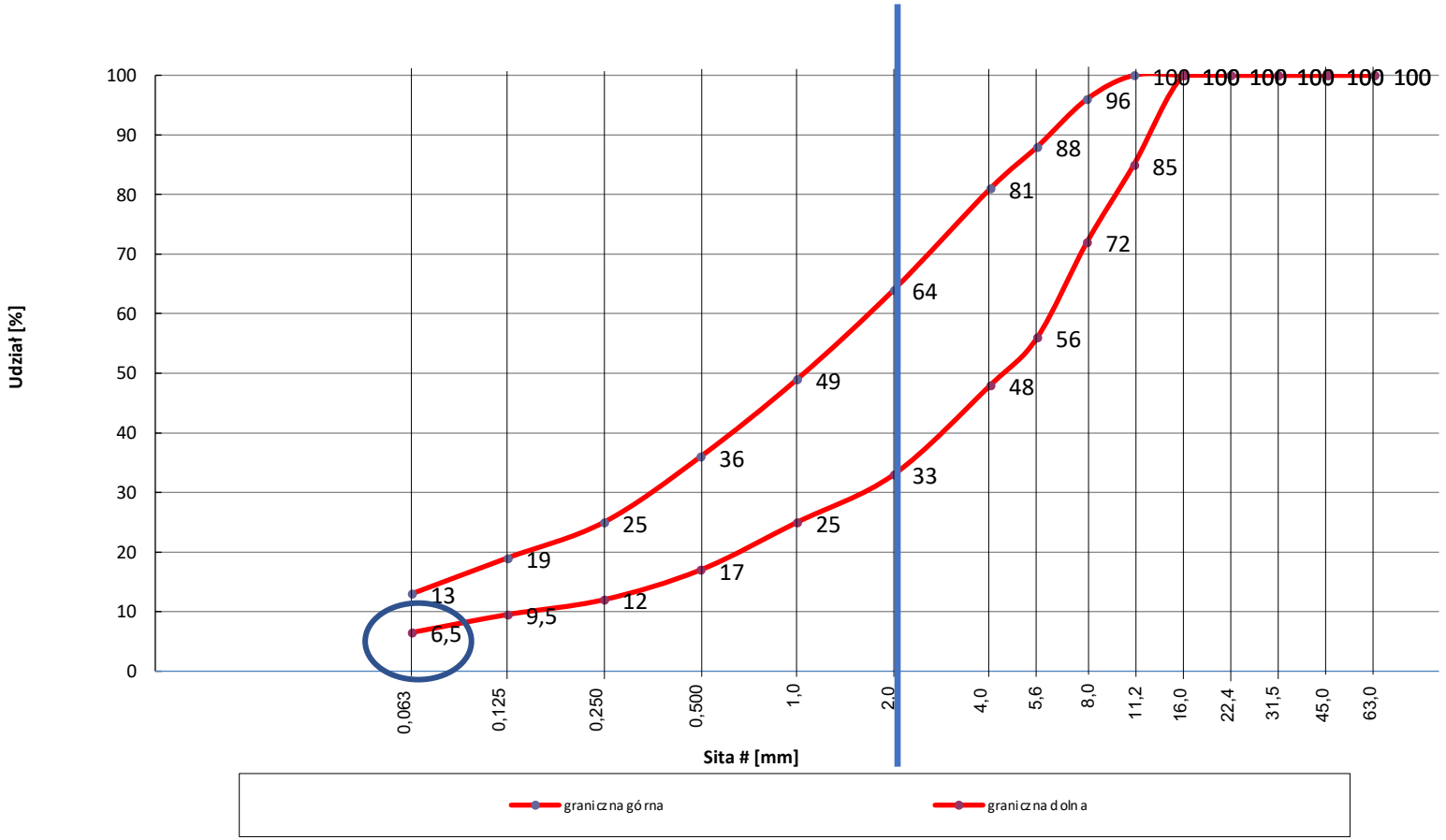
Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Tablica 1.5. Wymagania wobec mieszanek związanych cementem do warstwy podbudowy pomocniczej

Lp.	Właściwość	WYMAGANIA			Uwagi
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6	
1.0	**Składniki**				
1.1	Cement	wg PN-EN 197-1	wg PN-EN 197-1	wg PN-EN 197-1	
1.2	Kruszywo	tablica 1.1	tablica 1.1	tablica 1.1	
1.3	Woda zarobowa	p. 1.1.3	p. 1.1.3	p. 1.1.3	
1.4	Dodatki	p. 1.1.4	p. 1.1.4	p. 1.1.4	
2.0	**Mieszanka**				
2.1.	Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia:			
	- mieszanka CBGM 0/8 mm	rys. 1.5	--	--	
	- mieszanka CBGM 0/11,2 mm	rys. 1.4	rys. 1.4	rys. 1.4	
	- mieszanka CBGM 0/16 mm	rys. 1.3	rys. 1.3	rys. 1.3	
	- mieszanka CBGM 0/22,4 mm	rys. 1.2	rys. 1.2	rys. 1.2	
	- mieszanka CBGM 0/31,5 mm	rys. 1.1	rys. 1.1	rys. 1.1	
2.2	Minimalna zawartość cementu	wg tablicy 1.3	wg tablicy 1.3	wg tablicy 1.3	
2.3	Zawartość wody	wg projektu	wg projektu	wg projektu	Ustalenie na podstawie PN-EN 13286-2
2.4	Wytrzymałość na ściskanie (system I) - klasa wytrzymałości R_c wg tablicy 1.2	klasa C 1,5/2,0 (nie więcej niż 4,0 MPa)	klasa C 3/4 (nie więcej niż 6,0 MPa)	klasa C 5/6 (nie więcej niż 10,0 MPa)	Badanie wg PN-EN 13286-41 **po 28 dniach pielęgnacji**
2.5	Mrozoodporność	≥ 0,6	≥ 0,6	≥ 0,6	Badanie wg p.1.2.8

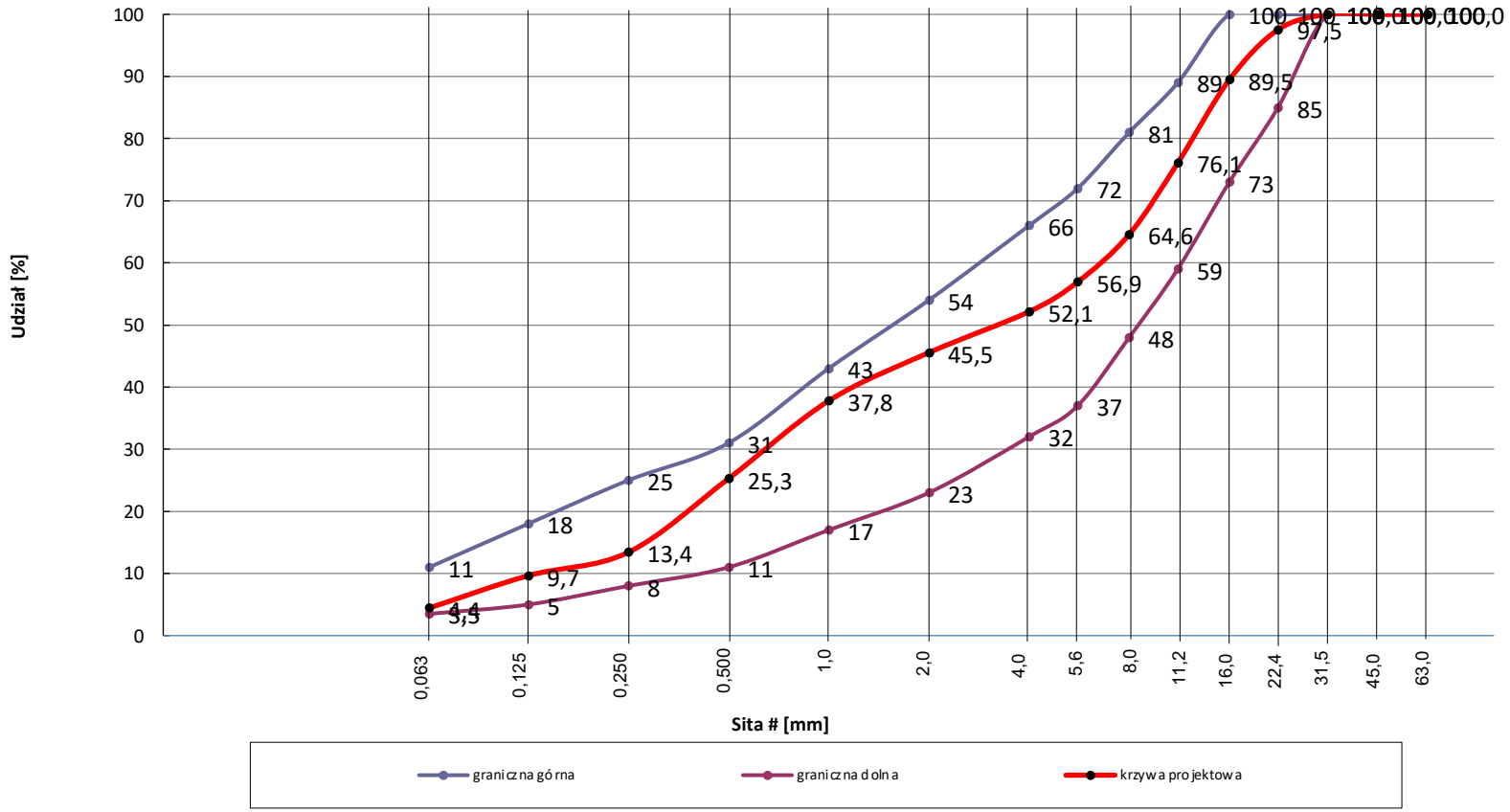
Wymagania wg WT-5/WWiORB D.04.05.01 v.03

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych



Przykładowy wykres uziarnienia dla MZC 0/11,2 wg WT-5

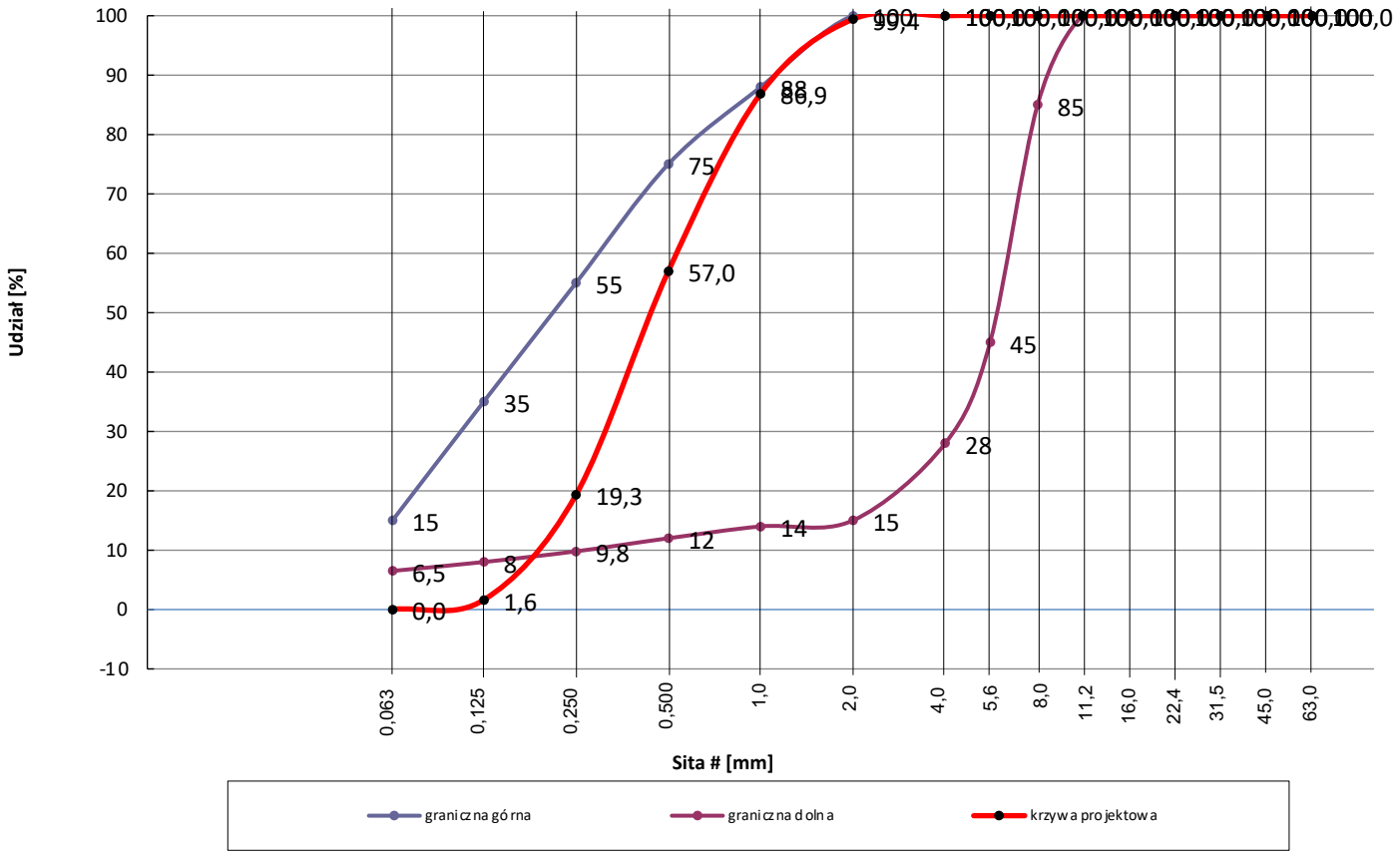
Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych



Beton C8/10 – 127 zł/m3

CBGM C5/6 – 115 zł/m3

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych



Krzywe graniczne dla 0/8
wg WT-5 – 6,5% zapylenia

Jak obniżyć koszty MZC?

Tablica 7.4. Zakres stosowania i podstawowe wymagania dotyczące mieszanek związanych spoiwami hydraulicznymi do warstw konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża

Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi							
		Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozoochronna	Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Mieszanki związane cementem wg PN-EN 14227-1	C3/4 ≤ 6,0 MPa	C5/6 ≤ 10,0 MPa	C8/10 ≤ 20 MPa	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w *Katalogu* dla kategorii ruchu KR1-KR2.	C3/4 ≤ 6,0 MPa	C5/6 ≤ 10 MPa	C1,5/2 ≤ 4,0 MPa	Nie stosuje się
2.	Mieszanki związane żużlem wg PN-EN 14227-2	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: C3/4	Typ B4: C6/8	Nie stosuje się		Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: C3/4	Nie stosuje się	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/25; Typ B4: C1,5/2	Nie stosuje się
3.	Mieszanki związane popiołem lotnym wg PN-EN 14227-3 i PN-EN 14227-4	Typ 1 i 2: C3/4 ≤ 8,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C6/8 ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C9/12 ≤ 16 MPa; Typ 4: R_c ≥ 12 MPa		Typ 1, 2 i 5: C3/4 ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 4 MPa	Typ 1, 2 i 5: C6/8 ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 8 MPa	Typ 1, 2 i 5: C1,5/2 ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
4.	Mieszanki związane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-5	Typ 1 i 2: C3/4 ≤ 8,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C6/8 ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C9/12 ≤ 16 MPa; Typ 4: R_c ≥ 12 MPa		Typ 1 i 2: C3/4 ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C6/8 ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C1,5/2 ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R_c ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się

Uwaga: Określenie „nie stosuje się" oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w *Katalogu* dla danej warstwy.

Jak obniżyć koszty MZC?

Tablica 4.2. Przeznaczenie mieszanek związanych spoiwem drogowym

Mieszanka	Warstwa ulepszonego podłoża	Warstwa podbudowy pomocniczej			Warstwa podbudowy zasadniczej		
	KR1-KR6	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR6
Typ 1 0/31,5	+	+	+	-	+	-	-
Typ 2 - 0/22,4	+	+	+	-	+	-	-
Typ 2 - 0/16	+	+	+	-	+	-	-
Typ 2 - 0/11,2	+	+	+	-	+	-	-
Typ 3 0/11,2	+	+	+	-	+	-	-
Typ 4	+	+	±	±	±	±	±

+ mieszanka zalecana
- mieszanka nie dopuszczona do stosowania
± przeznaczenie zależne od deklarowanych właściwości mieszanki

Jak obniżyć koszty MZC?

4.2.2.4. Mieszanka typu 4

Uziarnienie mieszanki typu 4, określone zgodnie z normą EN 933-1, deklarowane jest przez dostawcę.

Jeżeli jest to konieczne, dostawca może zadeklarować dodatkowo inne właściwości mieszanki takie jak np. natychmiastowy wskaźnik nośności, wytrzymałość na ściskanie itp.

Aspekty techniczne wykonywania i stosowania mieszanek związanych

Ilość składników na 1 m^3 mieszanki związanej cementem				
Producent	Rodzaj materiału	Gęstość [kg/m^3]	Ilość [kg]	Udział objętościowy [%]
Lafarge Kujawy	CEM II B-V 32,5R HSR/NA	2,80	122	6,0
Woda	Woda wodociągowa	1,00	135	6,6
Złoże Smęcino	2/16,0 mm	2,69	958	47,0
Złoże Kłanino	0/11,2 mm	2,69	958	47,0
Ciężar objętościowy mieszanki związanej cementem [kg/m^3]			**2173**	

Podsumowanie

1. Do projektowania mieszanek związanych należy znać warstwę, w której znajduje się mieszanka, jej wytrzymałość, uziarnienie oraz wymagania co do mrozoodporności i szczelności mieszanki.
2. Wymaga się określania oprócz wytrzymałości (co jest wymagane dla każdej mieszanki) parametru mrozoodporności oraz szczelności od wytrzymałości C3/4 włącznie.
3. Mieszanki związane wymagają, oprócz dobrania wymagań wytrzymałości, dobrania odpowiedniego uziarnienia.
4. Mieszance związanej musi odpowiadać odpowiednie uziarnienie. Szkielet kruszywowy stanowi „kręgosłup” wytrzymałości mieszanki. Cementu daje się dużo mniej niż przy stabilizacji wg PN-S 96012:1997.
5. Największym kosztem jest uziarnienie – często dużo bardziej wymagające niż w przypadku betonów niskich klas.

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Profilowanie i zagęszczenie terenu

↓

Dozowanie spoiwa

↓

Wymieszanie gruntu ze spoiwem

↓

Profilowanie i zagęszczenie stabilizacji

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Rys. 1. Fotografia przenikania wody przez zagęszczoną oraz niezagęszczoną stabilizację.

Z lewej - Zagęszczono piasek zawierający 7% dodatku cementu w wilgotności naturalnej (ok 4,5%). Po czym dodano kolejne 4% wody do uzyskania wilgotności optymalnej dla badanego materiału.

Z prawej - filtracja wody w stabilizacji niezagęszczonej – dodatek wody jw.

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

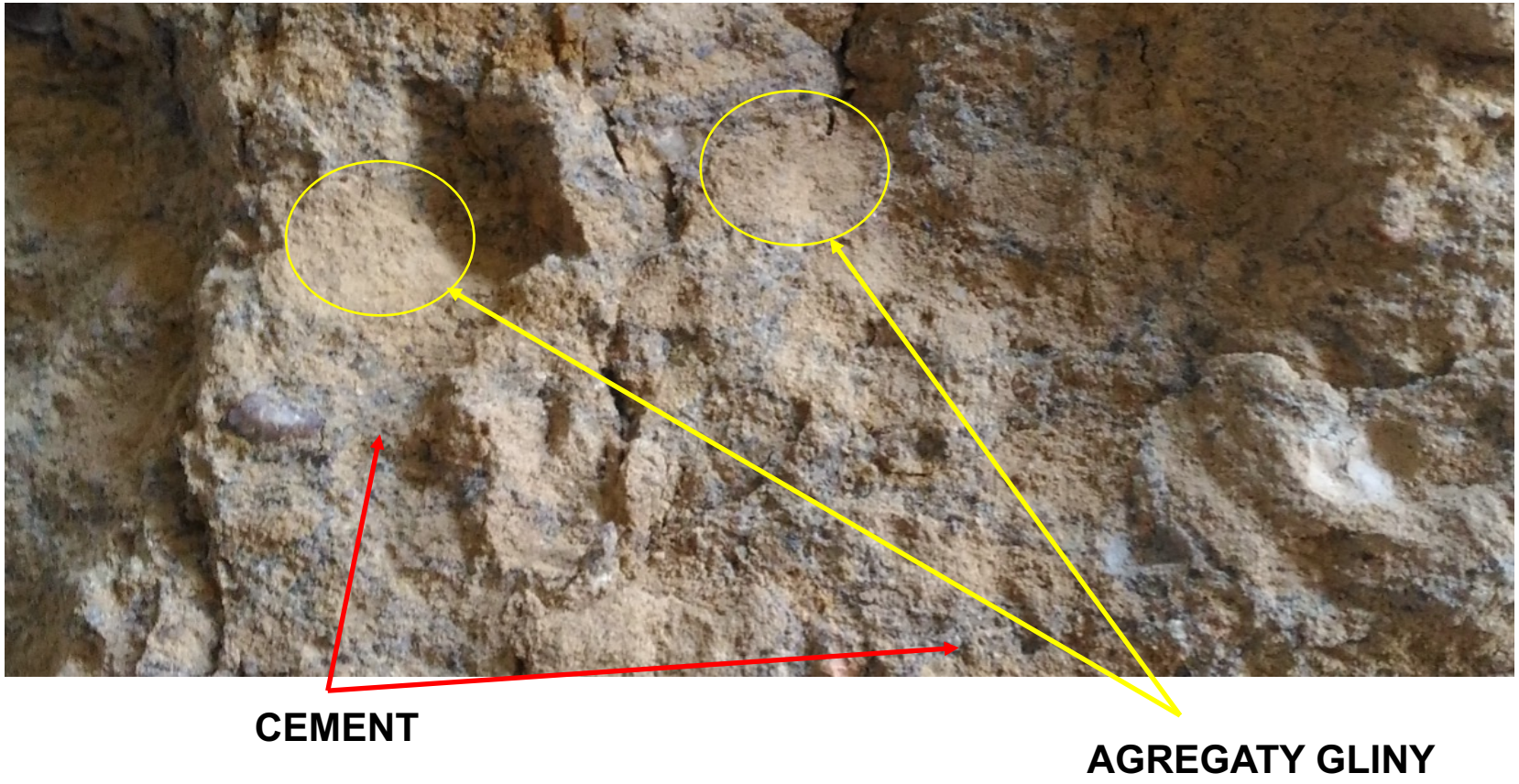
Wytrzymałość stabilizacji w różnym stanie wilgotności

Wilgotność	Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach [MPa]
7%	0,83	**0,95**
14%	1,13	**1,63**

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Czy ta stabilizacja została prawidłowo wymieszana?

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie



Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

MZC C5/6 bez określonego uziarnienia

Stabilizacje i mieszanki związane na miejscu - wykonanie

Właściwości fizyko-chemiczno-mechaniczne produktu zgodnie z wymaganiami PN-EN 197-5 (wartości średnie)*:	Kujawy	Małogoszcz
Wodożądność [%]	29,2	30,4
Powierzchnia właściwa wg Blaine'a [cm^2/g]	5800	5470
Początek czasu wiązania [min]	203	263
Koniec czasu wiązania [min]	251	321
Wytrzymałość na ściskanie po 2 dniach [MPa]	19,1	20,2
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach [MPa]	40,1	47,2
Gęstość właściwa [g/cm^3]	2,83	2,85
Zawartość siarczanów (jako SO_3) [%]	2,95	2,64
Zawartość chlorków (jako Cl^-) [%]	0,054	0,053

Tabela. Właściwości CEM II/C-M(V-LL) 32,5 R

Podsumowanie

- Mieszanki związane cementem/spoiwem powoli wypierają tradycyjne stabilizacje typu Rm;
- Wykonanie stailizacji typu Rm jest bardziej powszechnym i znanym sposobem realizacji „mix in place”;
- Katalogi Typowych Konstrukcji zawierają gotowe rozwiązania dla warstw ulepszonego podłoża oraz podbudów w przypadku zastosowania mieszanek związanych;
- Wytyczne Techniczne nr 5 – instrukcja dla 90% konstrukcji z mieszanek związanych spotykanych w zamówieniach publicznych;
- Dobór kruszywa dla mieszanek powinien być indywidualny dla każdego zadania;
- Ulepszone podłoże bądź podbudowa z mieszanki związanej jest fundamentem dla całej konstrukcji nawierzchni, prawidłowo zaprojektowana oraz wykonana warstwa stanowi o jakości i trwałości nawierzchni.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!