

Cemetobetonové kryty vozovek ze směsných cementů



Ing. Aleš Kratochvíl
CDV, v.v.i.

Trocha historie - evropské

- začátek budování cementobetonových vozovek na evropském kontinentě se datuje od konce 19. století
- masivní nástup této technologie v období mezi oběma světovými válkami (Německo, dvouvrstvé kryty)
- do cementobetonových směsí pro kryty vozovek jsou využívány cementy portlandské i směsné
- nejsou známy podstatné rozdíly v životnosti vozovek s cementobetonovým krytem vyrobeným z portlandského cementu a z cementů směsných

a trocha historie naší!

- začátek budování cemetobetonových vozovek na území ČR – 30. léta 20. století (vliv Německa)
- po roce 1948 útlum technologie – důvody:
 - odklady dálničního programu
 - nedostatek informací o rozvoji technologie v zahraničí
- další rozvoj – 70. léta 20. století – důvody:
 - zahájení výstavby dálnice D1
 - letištní program
- jako pojivo se používá speciální SC a SSC
- ČSN 73 6123 „Stavba vozovek – cementobetonové kryty“ předepisuje pro CB I použití portlandského cementu

Stav v ČR

ČSN EN 13877-1 Cementobetonové kryty – část 1: Materiály (2006)

převzala beze zbytku ustanovení původní ČSN 73 6123 Stavba vozovek - Cementobetonové kryty

Dodatečné požadavky – druh zkoušky	Parametry pro skupinu cementobetonových krytů	
	CB I	CB II, CB III
Druh cementu (ČSN EN 197-1)	CEM I 42,5	CEM I 42,5 CEM I 32,5 CEM II 32,5 /A-S
Ztráta žíháním	max. 3 % hmotnosti cementu	-
Obsah trikalciumaluminátu C_3A ve slínku ($C_3A = 2,65 Al_2O_3 - 1,69 Fe_2O_3$)	max. 8 %	-
Obsah MgO	max. 5 % hmotnosti slínku	-
Počátek tuhnutí	min. 1,5 hod.	-
Jemnost mletí (Blaine)	max. 350 m ² .kg ⁻¹	max. 350 m ² .kg ⁻¹

Proč vozovky ze směsných cementů?

- Důvody:
- technické (technologické)
 - ekologické
 - ekonomické

Důvody technické (technologické):

- menší objemové změny betonu
- nižší vývin hydratačního tepla
- nižší dynamika nárůstu pevnosti betonu v ranném stádiu hydratace
- menší sklon betonu k uvolňování záměsové vody („krvácení“ betonu)
- vyšší pevnost v tahu ohybem
- světlejší povrch hotové vozovky
- menší náchylnost betonu k ASR

Proč vozovky ze směsných cementů?

Důvody ekologické:

- využití odpadních materiálů
- snížení produkce CO₂
- primární ochrana surovinových zdrojů

Důvody ekonomické:

- nižší náklady na výrobu směsných cementů
- nižší pořizovací náklady na vlastní vozovku
- úspory energií

Zahraničí - Německo

ZTV Beton-StB 01 – lze použít pevnostní třídy cementu 32,5; 32,5 R; 42,5 a 42,5 R ve variantách CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-L, CEM II/B-L a CEM III/A

Dodatečné požadavky – druh zkoušky	Parametry pro skupinu cementobetonových krytů CB I	
	Německo	Česká republika
Druh cementu (EN 197-1)	CEM I 32,5 CEM II 32,5 CEM III 42,5	CEM I 42,5
Ztráta žíháním	-	max. 3 % hmotnosti cementu
Obsah trikalciumaluminátu C_3A ve slínku ($C_3A = 2,65 Al_2O_3 - 1,69 Fe_2O_3$)	-	max. 8 %
Obsah MgO	-	max. 5 % hmotnosti slínku
Počátek tuhnutí	-	min. 1,5 hod.
Potřeba H_2O pro normální konzistenci	max. 28 %	-
Pevnost v tlaku po 2 dnech	max. 29 MPa	-
Ekvivalentní obsah alkálií (N_2O)	max. 1,0 %	-
Jemnost mletí (Blaine)	max. 350 $m^2.kg^{-1}$	max. 350 $m^2.kg^{-1}$

Zahraničí - Rakousko

Používá se cement **PZ 275 HS C₃A frei** pevnostní třídy 32,5 a 42,5
odpovídá CEM II/A-S (20% obsah strusky)

Dodatečné požadavky – druh zkoušky	Parametry pro skupinu cementobetonových krytů CB I	
	Rakousko	Česká republika
Druh cementu (EN 197-1)	CEM II/A-S 42,5 (32,5)	CEM I 42,5
Ztráta žíháním	-	max. 3 % hmotnosti cementu
Obsah trikalciumaluminátu C ₃ A ve slínku (C ₃ A = 2,65 Al ₂ O ₃ – 1,69 Fe ₂ O ₃)	-	max. 8 %
Obsah MgO	-	max. 5 % hmotnosti slínku
Počátek tuhnutí	min. 2 hod.	min. 1,5 hod.
Pevnost v ohybu po 28 dnech	min. 7 MPa	-
Jemnost mletí (Blaine)	max. 350 m ² .kg ⁻¹	max. 350 m ² .kg ⁻¹

....a jaká je praxe!

Dálnice A5 Walldorf – Bruchsal s CEM II/B-S 32,5 R



- významná severojižní spojka německé dálniční sítě spojující Frankfurt nad Mohanem se švýcarskou Basilejí
- při betonáži použit cement CEM II/B-S 32,5 R
- dlouhodobé sledování vlastností CB krytu zajišťují
 - Institut für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe
 - a Heidelberg-Cement Technology Center

....a jaká je praxe!

Dálnice A5 Walldorf – Bruchsal s CEM II/B-S 32,5 R

Parametry cementu

Vlastnosti cementu		CEM II/B-S 32,5 R	Požadavky ZTV Beton - StB 01	Požadavky EN 197-1
Množství vody	% hm. cem.	27,0	max. 28,0	-
Začátek tuhnutí	min	220	> 120	> 75
Pevnost v tlaku	2 dny	MPa	17	-
	7 dnů	MPa	33	-
	28 dnů	MPa	48	32,5 - 52,5
Na ₂ O - ekvivalent	% hm. cem.	0,80	< 1,0	-
Pevnost v tlaku po 2 dnech	MPa	26,3	max. 29	-
Jemnost mletí (Blaine)	m ² .kg ⁻¹	315	max. 350	(max. 350)
Množství strusky	% hm. cem.	23	-	21 - 35

....a jaká je praxe!

Dálnice A5 Walldorf – Bruchsal s CEM II/B-S 32,5 R

Složení betonu

Třída betonu	B 30/37				
Cement CEM II/B-S 32,5 R	350		kg/m ³	370	CEM I 42,5 R
Záměsová voda	158		kg/m ³	139	Záměsová voda
Vodní součinitel	0,45			38	Vodní součinitel
Kamenivo	Rýnský písek 0-2	449	kg/m ³	-	
	Jemný štěrk 2-8	306	kg/m ³	620	DTK 0/4 Hradišťko I
	HDK 8-11	231	kg/m ³	165	HDK 4/8 Bílý Kámen
	HDK 11-16	231	kg/m ³	500	HDK 8/16 Bílý Kámen
	HDK 16-22	565	kg/m ³	550	HDK 11/22 Bílý Kámen
Přísady	Plastifikační přísada	0,40	% hm. cem.	0,80	Stachement ML
	Provzdušňující přísada - koncentrát	0,07	% hm. cem.	0,12	Microporan

....a jaká je praxe!

Dálnice A5 Walldorf – Bruchsal s CEM II/B-S 32,5 R

Provedení stavby

- jednovrstvý CB kryt s cementem CEM II/B-S 32,5 R o celkové tloušťce desky 26 cm
- 30 cm stabilizace vytvořené ze starého CB krytu původní dálnice s přidaným promíchaným hydraulickým pojivem
- štěrkopísková ochranná vrstva proti promrzání
- z vozovky byly odebrány jádrové vývrty, na kterých byla zjištěna po 60 dnech průměrná pevnost v tlaku 56 MPa a modul pružnosti 42 až 44 GPa.

....a jaká je praxe!

Dálnice A5 Walldorf – Bruchsal s CEM II/B-S 32,5 R

Výsledky kontrolních zkoušek (průměry)

Parametr	Množství	Jednotky
Objemová hmotnost	2310	kg/m ³
Obsah vzduchu	5,2	% obj. betonu
Pevnost v tlaku po 7 dnech	36	MPa
Pevnost v tlaku po 28 dnech	52	MPa
Odpad po 100 cyklech zkoušky na CHRL	588	g/m ²

....a jaká je praxe!

Dálnice A44 Dortmund – Kassel s CEM III/A 42,5 N



- významná komunikace spojující aglomeraci v Porúří s východními částmi země
- při betonáži použit cement CEM III/A 42,5
- dlouhodobé sledování vlastností CB krytu zajišťují pracovníci firmy Oevermann/Berger Bau GmbH

....a jaká je praxe!

Dálnice A44 Dortmund – Kassel s CEM III/A 42,5 N

Parametry cementu

Vlastnost cementu			Průkazní zkoušky	Kontrolní zkoušky	Požadavky ZTV Beton - StB 01	Požadavky EN 197-1
Množství vody		% hm. cem.	30,5	29,0	28,0 !	-
Začátek tuhnutí		min.	221	185	> 120	> 75
Měrný povrch dle Blaina		m ² /kg	407	387	max. 350 !	(max. 350)
Na ₂ ekvivalent		% hm. cem.	0,77	0,66	< 1,0	-
Množství strusky		% hm. cem.	47	---	-	36 - 65
Teplota cementu		°C	21	---	-	-
Pevnost v tlaku	po 2 dnech	MPa	19	---	-	> 10
	po 7 dnech	MPa	34	37	-	-
	po 28 dnech	MPa	57	58	-	42,5 - 62,5
	po 56 dnech	MPa	65	---	-	-

....a jaká je praxe!

Dálnice A44 Dortmund – Kassel s CEM III/A 42,5 N

Složení betonů

		Horní vrstva CB krytu	Spodní vrstva CB krytu	SKANSKA DS, a.s.	
Třída pevnosti betonu		C 30 / 37			
Cement a třída pevnosti		CEM III / A 42,5 N		CEM I 42,5 R	
Obsah cementu		340 kg/m ³		370 kg/m ³	
Obsah vody		146 kg/m ³		139 kg/m ³	
Hodnota vodního součinitele		0,43		0,38	
Plnivo	Kamenivo 0-2	554 kg/m ³	523 kg/m ³	620 kg/m ³	DTK 0/4 Hradišť'ko I
	Kamenivo 2-8	301 kg/m ³	96 kg/m ³	165 kg/m ³	HDK 4/8 Bílý Kámen
	Kamenivo 8-16	353 kg/m ³	---	500 kg/m ³	HDK 8/16 Bílý Kámen
	Betonový recyklát 8-16	---	495 kg/m ³	-	-
	Kamenivo 16-22	686 kg/m ³	---	550 kg/m ³	HDK 11/22 Bílý Kámen
	Betonový recyklát 16-32	---	632 kg/m ³	-	-
Hmotnost plniva celkem		1894 kg/m ³	1847 kg/m ³	1835 kg/m ³	-
Přísady	Plastifikační přísada	0,35 % hm. cementu	---	0,80	Stachement ML
	Provzdušňující přísada (koncentrát)	0,07 % hm. cementu	0,14 % hm. cementu	0,12	Microporan

....a jaká je praxe!

Dálnice A44 Dortmund – Kassel s CEM III/A 42,5 N

Provedení stavby

- dvouvrstvý CB kryt s cementem CEM III/A 42,5 N. Celková tloušťka CB desky 30 cm (tloušťka spodní vrstvy 22 cm, tloušťka horní vrstvy 8 cm)
- 25 cm stabilizace vytvořené ze starého CB krytu původní dálnice s přidaným promíchaným hydraulickým pojivem
- šterkopísková ochranná vrstva proti promrzání
- pevnosti v tahu ohybem horní vrstvy CB krytu zjištěné při kontrolních zkouškách dosáhly hodnoty 8,3 MPa. Průměrná pevnost v tahu ohybem zjištěná při průkazných zkouškách činila 5,9 MPa

....a jaká je praxe!

Dálnice A44 Dortmund – Kassel s CEM III/A 42,5 N

Výsledky kontrolních zkoušek (průměry)

Čerstvý beton			Horní vrstva CB krytu	Spodní vrstva CB krytu
objemová hmotnost		kg/m ³	2380	2340
obsah vzduchu		% obj. betonu	5,8	5,4
teplota betonu		°C	23	22
teplota vzduchu		°C	21	21
Ztvrdlý beton	Pevnost v tlaku po 7 dnech	MPa	38	35
	Pevnost v tlaku po 28 dnech	MPa	47	45
Odpad po 100 cyklech zkoušky na CHRL		g/m ²	458	710

....nové možnosti!

Speciální cement pro CB kryty vozovek CEM II/B-S 42,5 N

Výrobce Readymix Zement, AG, závod Rüdersdorf



- maximální ekvivalentní obsah alkálií ($N_2O_{\text{ekv.}}$) 0,9 % hmotnosti cementu
- mírně zvýšená jemnost mletí cementu (měrný povrch max. $380 \text{ m}^2.\text{kg}^{-1}$) – zamezení tzv. „krvácení“ betonu – zlepšení povrchu
- snížení vývoje hydratačního tepla (betonáž za vyšších teplot)

....nové možnosti!

Speciální cement pro CB kryty vozovek CEM II/B-S 42,5 N

Parametry cementu

Parametr		Hodnota předepsaná pro CEM II/B-S 42,5 N	Jednotky	Požadavek ZTV Beton - StB 01	Požadavky EN 197-1
Množství vody		max. 0,28	% hm. cem.	max. 28,0	-
Měrný povrch cementu		max. 380	m ² /kg	max. 350	max. 350
Na ₂ ekvivalent		< 0,90	% hm. cem.	< 1,0	-
Začátek tuhnutí		> 120	min.	> 120	> 75
Pevnost v tlaku	po 2 dnech	< 29	MPa	-	-
	po 28 dnech	< 29	MPa	-	32,5 - 52,5
Obsah strusky		21 - 35	% hm. cem.	-	21 - 35
Pevnost v tahu ohybem po 28 dnech		> 7,5	MPa	-	-

....nové možnosti!

Speciální cement pro CB kryty vozovek CEM II/B-S 42,5 N

Složení typového betonu

Složka	Množství v kg/m ³	Množství v kg/m ³	SKANSKA DS, a.s.
Cement CEM II/B-S 42,5 N	350	370	CEM I 42,5 R
Záměsová voda	140	139	Záměsová voda
Vodní součinitel	0,40	0,38	Vodní součinitel
frakce 0 - 2	539	620	DTK 0/4 Hradištko I
frakce 2 - 8	205	165	HDK 4/8 Bílý Kámen
frakce 8 - 16	446	500	HDK 8/16 Bílý Kámen
frakce 16 - 22	694	550	HDK 11/22 Bílý Kámen
Kamenivo celkem	1884	1835	Kamenivo celkem
Plastifikační přísada	0,6 % hm. cementu	0,80 % hm. cementu	Stachement ML
Provzdušňující přísada	0,10 % hm. cementu	0,12 % hm. cementu	Microporan

....nové možnosti!

Speciální cement pro CB kryty vozovek CEM II/B-S 42,5 N
Výsledky zkoušek (průměrné hodnoty)

Parametr	Množství	Jednotky
Objemová hmotnost	2328	kg/m ³
Obsah vzduchu	5,6	% obj. betonu
Pevnost v tlaku po 7 dnech	33	MPa
Pevnost v tlaku po 28 dnech	51	MPa
Odpad po 100 cyklech zkoušky na CHRL	728	g/m ²

Závěr

- domácí historické prameny nedokládají jednoznačně nevhodnost použití směsných cementů při výrobě vozovkových betonů
- zahraniční zkušenosti (i dlouhodobé) prezentují směsné cementy jako pojivo, které je pro vozovkové betony z různých technologických důvodů v mnoha případech vhodnější než cementy portlandské
- výsledky průkazních i kontrolních zkoušek vozovkových betonů se směsnými cementy, které jsou prováděny na aktuálně realizovaných stavbách v zahraničí, jsou s výsledky zkoušek vozovkových betonů s cementem portlandským srovnatelné

Děkuji za pozornost