

VLIV GUMOVÉHO GRANULÁTU NA ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SAMONIVELAČNÍCH CEMENTOVÝCH POTĚRŮ ■ EFFECT OF RUBBER GRANULATE TO THE BASIC PROPERTIES OF SELF-LEVELLING SCREED

Karel Nosek, Stanislav Unčik

Příspěvek se zabývá ověřením možnosti využití odpadního gumového granulátu jako částečné náhrady plniva pro výrobu polymercementových hmot. Jsou zde uvedeny výsledky, které byly dosaženy s jeho aplikací při vývoji nového samonivelačního cementového potěru. ■ The paper deals with possibilities of utilising waste rubber granulate as a partial replacement of fine aggregate for the production of polymer-cement composites. Here we present results, achieved during the development of new self-levelling floor screeds.

V posledních letech se stal udržitelný vývoj stavebních materiálů v celosvětovém stavebnictví problémem s rostoucí důležitostí v souvislosti s vyčerpátností přírodních zdrojů a nutností ochrany životního prostředí. Negativní vliv stále rostoucího množství odpadů na životní prostředí, ale rovněž ekonomické důvody vedou ke snaze o druhotné využití odpadních surovin. Stavebnictví zatěžuje životní prostředí při výrobě stavebních hmot, zejména těžbou přírodních surovin, spotřebou energie při výrobě a produkcí emisí CO₂ při tepelném rozkladu vápence a dolomitu, ale na druhou stranu také poskytuje významný prostor pro využití průmyslových odpadů při výrobě stavebních materiálů a dílců. Jedním z nich je gumový granulát.

Gumový granulát představuje odpadní produkt, připravený drcením a granulací pláště ojetých pneumatik, pro který se v EU vžil zkratka ELT (End of Life Tyre). Tohoto odpadu se vyprodukuje poměrně velké množství. Podle různých údajů vzniklo např. v roce 2004 v České republice 13 000 až 38 000 t ELT. Gumový granulát se vyrábí v několika frakcích podle potřeb technologií, v kterých se používá. Spektrum jeho použití je poměrně široké, např. sportovní povrchy, podlahové povrchy, doplňky konstrukcí dopravních staveb na snížení dopravního hluku a omezení průmyslových vibrací, nebo jako jedna ze složek do gumárenských směsí.

Cílem této práce bylo ověřit možnost využití odpadního gumového granulátu jako částečné náhrady plniva pro výrobu polymercementových hmot. Jako referenční hmoty byl vybrán samonivelační cementový potěr AlfaFORM SCE.

POUŽITÉ MATERIÁLY

V referenčním materiálu a taktéž v modifikovaných směsích byl použit portlandský cement CEM I 42,5 R z cementárny Hranice. Chemické složení cementu se uvádí v tab. 1. Počátek tuhnutí cementu je 130 min, doba tuhnutí 210 min, měr-

ná hmotnost 3 120 kg.m⁻³, měrný povrch 360 m².kg⁻¹, pevnost v tlaku po 28 dnech 49,7 MPa.

Dále byl použit hlinitanový cement Fondu od francouzského výrobce s označením Lafarge Aluminates. Jeho chemické složení se uvádí v tab. 1. Cement má počátek tuhnutí 120 min, dobu tuhnutí 240 min, měrnou hmotnost 2 065 kg.m⁻³, měrný povrch 400 m².kg⁻¹, pevnost v tlaku po 6 h 20 MPa a po 24 h 33,8 MPa.

V samonivelačních směsích byl použit syntetický anhydrit ve formě jemného šedého prášku. Obsahoval minimálně 90 % CaSO₄, maximálně 1 % chemicky vázané vody a maximálně 7 % nečistot.

Jako plnivo byl použit křemenný písek a mleté vápence. Základní vlastnosti písku: měrná hmotnost 2 650 kg.m⁻³, sypaná hmotnost volně sypaná 1 370 kg.m⁻³, setřesená 1 580 kg.m⁻³, nasákavost 23,4 %. Jeho chemické složení je uvedeno v tab. 1, zrnitost v tab. 2. Dominantním minerálem písku je křemen.

Na optimalizaci zrnitosti plniva byly použity tři frakce mletého vápence: Carolith 0,2–0,5, Carolith 0–0,2 a Omyacarb. Zrnitost mletých vápenců je uváděna v tab. 2. Jedná se o vysoce čisté vápence s dominantním minerálem kalcitem.

Výrobce referenčního materiálu používá na zlepšení vlastností potěru směs aditiv, obsahující redispergovatelný kopolymer etylenvinylacetát, ether celulózy (stabilizátor) a odpěňovač. Tato směs byla použita i v případě modifikovaných směsí.

Gumový granulát z opotřebovaných pneumatik byl frakce 0–0,4 mm, jeho sypaná hmotnost volně sypaná byla 370 kg.m⁻³, setřesená 411 kg.m⁻³.

Tab. 2 Zrnitost jednotlivých složek plniva ■ Tab. 2 Grading of aggregate components

Kontrolní síto [mm]	Celkový propad [%]			
	Křemenný písek	Carolith (0,2-0,5 mm)	Carolith (0-0,2 mm)	Omyacarb 40/VA
2	100	100	100	100
1	100	95,2	100	100
0,5	99,1	71,8	100	100
0,25	56,3	52,5	100	98,9
0,125	6,6	27,1	56,8	65,2
0,09	0,8	7,2	31,3	17,1
0,063	0,2	0,1	21,6	7,1
0,045	0,1	0,01	4,2	1
pod 0,045	0	0	0	0

Tab. 1 Chemické složení cementů a plniv ■ Tab. 1 Chemical composition of cements and aggregate components

Cement	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Cl
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
CEM I 42,5R	56,8	1,8	1,3	28,9	6,2	0,2	2	1,8	0,3	0,03	0,1
Hlinitanový	6	39,8	1,5	37	18,5	0,4	4	0,4	-	-	-
Křemenný písek	98,5	-	-	0,18	0,95	-	0,21	-	-	-	-
Vápenec Carolith	0,06	55,2	0,65	0,09	0,12	0,8	0,01	0,02	-	0,01	-

Tab. 3 Složení referenční a nově navržených směsí ■ Tab. 3 Composition of designed mixtures

Označení směsi	Složení směsi na 1000 g [g]								
	Směs cementů	Křem. písek	Carolith (0,2-0,5 mm)	Omyacarb 40/VA	Carolith (0-0,2 mm)	Anhydrit	Aditiva	Gumový granulát	Voda
Ref. SCE	360		576			30	34	-	245
1/5 GG	360	172,8	230,4	86,4	57,6	30	34	28,8	245
2/5 GG	360	172,8	230,4	115,2	28,8	30	34	28,8	245
3/3 GG	360	172,8	230,4	97,9	57,6	30	34	17,3	245
4/3 GG	360	172,8	230,4	115,2	40,3	30	34	17,3	245

Tab. 4 Vybrané výsledky ■ Tab. 4 Selected results

Označení směsi	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Pevnost v tlaku po uložení při vyšší teplotě [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu po uložení při vyšší teplotě [MPa]	Počáteční přídržnost [MPa]	Přídržnost po uložení při vyšší teplotě [MPa]
Ref. SCE	1 870	20,7	6,3	17,4	6,7	1,53	0,58
1/5 GG	1 800	15,8	5,5	16,1	5,4	1,36	0,44
2/5 GG	1 810	15,9	5,3	15,8	5,3	1,41	0,45
3/3 GG	1 830	20,3	6,8	20,8	7	1,45	0,61
4/3 GG	1 840	20,5	6,8	20,6	6,8	1,44	0,58

Složení směsí

Složení směsí vycházelo ze složení referenčního materiálu – cementového potěru AlfaFORM SCE. Tento materiál obsahuje směs cementů (portlandský cement CEM I 42,5 R Hranice a hlinitanový cement od Lafarge), směs plniv, anhydrit a směs aditiv. Rámcové složení referenčního materiálu je uvedeno v tab. 3. Podrobnější informace o poměrech míchaní cementů, plniv a aditiv jsou předmětem obchodního tajemství výrobce referenčního materiálu.

V rámci výzkumu byl referenční materiál modifikován přidáním gumového granulátu a taktéž bylo modifikováno původní plnivo mletými vápenci Carolith a Omyacarb. Ostatní složky, tj. cementy, křemenný písek, anhydrit a aditiva zůstaly beze změn v porovnání s referenčním materiálem. Dávka gumového granulátu byla 3 a 5 % z hmotnosti plniva. Složení modifikovaných směsí je uvedeno v tab. 3.

PŘÍPRAVA POTĚRŮ A PROVÁDĚNÉ ZKOUŠKY

Směsi byly připraveny v normové laboratorní míchačce. Po skončení míchání se stanovila konzistence čerstvých malt zkouškou rozlivu pomocí výtakového poháru objemu 100 ml s průměrem výtakového otvoru 8 mm. Výška výtoku byla 150 mm. Rozliv se stanovil jako průměr vzniklého koláče. Rozlití potěrů dosahovalo hodnoty v rozsahu 216 až 220 mm.

Následně se ze směsí připravily zkušební vzorky pro zkoušky základních fyzikálně-mechanických vlastností. Na trámcových vzorcích byla stanovena:

- objemová hmotnost podle ČSN EN 13 872,
- pevnost v tahu za ohybu podle ČSN EN 13 892-2,
- pevnost v tlaku podle ČSN EN 13 892-2.

Tyto vlastnosti byly stanoveny při standardních podmínkách ve stáří vzorku 28 dní a taktéž po uložení vzorku při vyšší teplotě – 14 dní ve standardních podmínkách, 14 dní při teplotě 70 °C a 1 den při standardních podmínkách.

Pro stanovení přídržnosti byly potěrové směsi nanášeny na betonový podklad a byly ošetřovány standardním postupem 28 dní. Zkouška přídržnosti byla provedena podle ČSN EN 13 892-8. Přídržnost byla stanovena také po ošetřování při teplotě 70 °C (obdobně jako při pevnostních charakteristikách).

Na stanovení smrštění během tvrdnutí byla vyrobena trámcová zkušební tělesa o rozměrech 40 x 10 x 160 mm. Na 24 h staré vzorky byly osazeny měřící hroty ve vzdálenosti 100 mm a bylo provedeno výchozí měření, další měření následovala ve stáří 2, 3, 7, 14, 21, 28 a 56 dnů.

Měření každé vlastnosti bylo realizováno na třech zkušebních vzorcích.

Výsledky zkoušek

Dosažené výsledky jsou uvedeny v tab. 4 a graficky znázorněny na obr. 1 až 4.

Dle očekávání vedla aplikace gumového granulátu ke snížení objemové hmotnosti samonivelačního potěru. Byl taktéž zaznamenán pokles pevnosti v tlaku. Při náhradě plniva gumovým granulátem v množství 3 % je tento pokles zanedbatelný, při dávce 5 % je už znatelný.

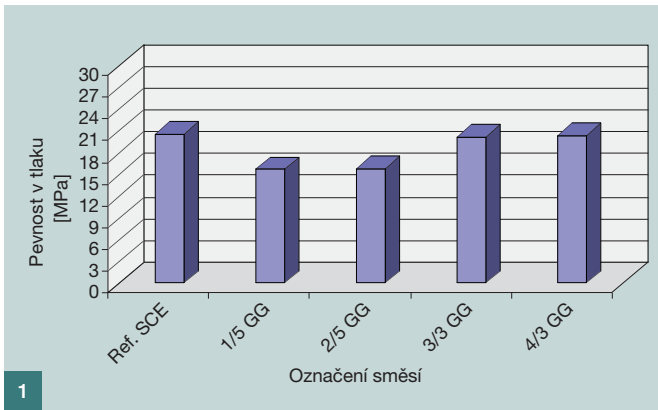
V případě pevnosti v tahu za ohybu došlo při nižší dávce granulátu (3 %) dokonce k nárůstu pevnosti v porovnání s referenčním materiálem. Zvýšení dávky granulátu na 5 % se již projevilo snížením i pevnosti v tahu za ohybu.

Ošetřování materiálů při vyšší teplotě (70 °C) nemělo výrazný vliv na jejich pevnostní charakteristiky. V zásadě se projevily stejné tendence jako při standardním ošetřování. V případě pevnosti v tlaku vykazovaly směsi s granulátem dokonce mírný nárůst pevnosti v porovnání se standardním ošetřováním, zatímco referenční materiál zaznamenal pokles pevnosti. V případě pevnosti v tahu za ohybu byl zaznamenán mírný nárůst téměř u všech směsí.

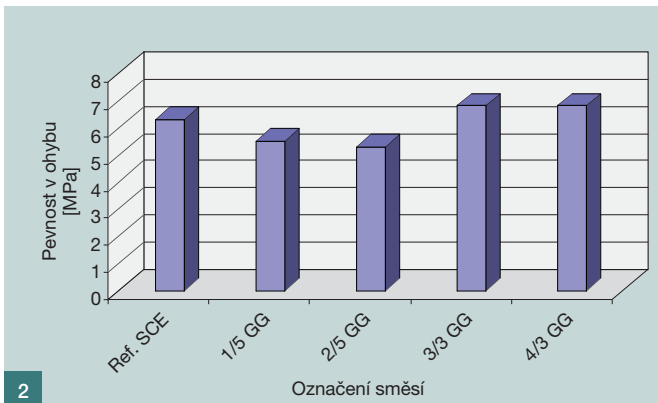
Přídržnost samonivelačních potěrů byla rovněž ovlivňována gumovým granulátem obdobně jako pevnost v tlaku. S narůstáním dávky granulátu se přídržnost snižovala.

Na přídržnost potěrů měl výrazný vliv způsob ošetřování. V případě ošetřování při vyšší teplotě došlo k podstatnému snížení přídržnosti (obr. 3).

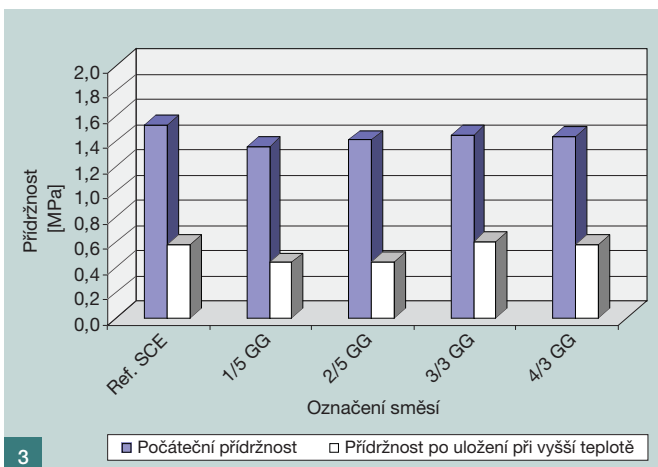
Náhrada části plniva gumovým granulátem měla pozitivní vliv na smršťování samonivelačních potěrů. Nejvyšší hodnoty smršťování po 56 dnech vykazoval referenční materiál. Nově navržené směsi s obsahem gumového granulátu měly smršťování nižší.



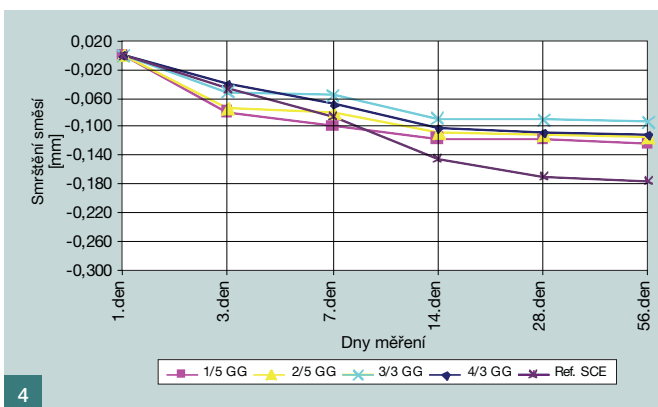
1



2



3



4

Obr. 1 Pevnost v tlaku | Fig. 1 Compressive strength

Obr. 2 Pevnost v tahu za ohybu | Fig. 2 Flexural strength

Obr. 3 Přidržnost | Fig. 3 Adhesion

Obr. 4 Smršťování samonivelačních cementových potěrů | Fig. 4 Shrinkage of self-levelling screeds

Literatura:

[1] Ohama Y.: Polymer-based Admixtures, Cement and Concrete Composites 1998, 20: 189–212
 [2] Ohama Y.: The Past, Present and Future of Concrete-Polymer Composites: A Life's Work, Proceedings of ICPC 2007. XII. International Congress on Polymers in Concrete, 1sted. Chuncheon, Korea: Kangwon National University, 2007, ISBN 89-960-0450-2, p. 969–979
 [3] Benazzouk A., Douzane O., Langlet T., Mezreb K., Roucoult J. M., Quéneudec M.: Physico-mechanical properties and water absorption of cement composite containing shredded rubber wastes, Cement & Concrete Composites 29, (2007), p. 732–740

ZÁVĚR

Při použití odpadního gumového granulátu bylo dosaženo zajímavých výsledků z hlediska vlivu na změnu vlastností samonivelačních cementových potěrů. Bylo zjištěno a prokázáno mírné zlepšení mechanických vlastností jako je pevnost v tlaku a také v tahu za ohybu u směsí s nižším obsahem (3 %) odpadního gumového granulátu, jako částečné náhrady plniva, oproti referenční směsi. Zvýšení dávky granulátu (5 %) již vedlo k mírnému snížení pevnosti v tlaku a taktéž pevnosti v tahu za ohybu.

Hodnoty přidržnosti směsí s obsahem gumového granulátu byly mírně nižší ve srovnání s referenčním materiálem, a to jak při normálním uložení, tak i při uložení při vyšší teplotě. Toto snížení přidržnosti je však relativně malé. Dosažené hodnoty přidržnosti jsou dostatečné pro daný účel použití materiálu. I v případě přidržnosti se prokázala jako vhodnější nižší dávka gumového granulátu (3 %), při které byly dosaženy vyšší hodnoty.

Rozdílné dávkování jemných materiálů (mletých vápenců) se na dosažených výsledcích prakticky neprojevovalo. Vlastnosti materiálů s rozdílnými poměry Carolithu (0–0,2 mm) a Omyacarb 40/VA byly prakticky stejné.

Podobné výsledky prezentuje i A. Benazzouk a kol. [3] ve svém článku z roku 2007, který popisuje snížení mechanických vlastností s vyšším přírůvkem gumového granulátu, snížení objemových hmotností a z toho plynoucí vhodnost použití těchto směsí pro lehčené konstrukce.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 0021630511 s názvem: „Progressivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

Text článku byl posouzen odborným lektorem.

Ing. Karel Nosek
 VUT v Brně, Fakulta stavební, UTHD
 Veveří 95, 602 00 Brno
 e-mail: nosek.karel@fce.vutbr.cz



Doc. Ing. Stanislav Unčik, PhD.
 Stavebná fakulta STU, KMTI
 Radlinského 11, Bratislava
 e-mail: stanislav.uncik@stuba.sk

