

LEHKÝ BETON S VYUŽITÍM ODPADNÍHO EXPANDOVANÉHO POLYPROPYLENU A SYNTETICKÉ KOAGULOVANÉ AMORFNÍ SILIKY

LIGHTWEIGHT CONCRETE MADE WITH WASTE EXPANDED POLYPROPYLENE-BASED AGGREGATE AND SYNTHETIC COAGULATED AMORPHOUS SILICA

Martina Záleská, Milena Pavlíková,
Jaroslav Pokorný, David Čítek,
Ondřej Jankovský, Zbyšek Pavlík

V posledních letech bývá často diskutovanou otázkou efektivita zdrojů pro stavební průmysl a spotřeba energie na výstavbu a provoz budov. Jako alternativní plnivo při výrobě lehkého betonu se snížením dopadu betonu a odpadních plastů na životní prostředí mohou být v mnoha případech použity recyklované plasty, které mohou zároveň zlepšit tepelněizolační vlastnosti betonu. Většina dosud publikovaných prací je zaměřena především na použití polyethylen tereftalátových (PET) a vysokohustotních polyethylenových (HDPE) materiálů. Recyklace polypropylenu (PP) činí pouze 0,6 %, což z něj v současné době dělá jeden z nejméně recyklovaných spotřebních plastů. Z tohoto důvodu se prezentovaný výzkum zabývá plnivem z odpadního expandovaného polypropylenu (EPP), který byl použit k částečné náhradě přírodního kameniva při výrobě lehkého kompozitu na bázi cementu s obsahem syntetické koagulované amorfní siliky. EPP použitý v experimentu byl získán jako drcený odpad z výroby modelů letadel. Amorfní silika byla ve směsi použita ze dvou hlavních důvodů: kromě využití její pucolánové aktivity byla aplikována také jako příměs pro zlepšení disperze částic EPP v cementové matici. V rámci experimentů byly nejprve provedeny analýzy přírodního kameniva a EPP plniva společně s analýzou koagulovaného oxidu křemičitého. Podrobná analýza mikrostruktury lehkých betonů s plnivem na bázi EPP byla provedena za použití optického mikroskopu, SEM a EDS analýz. Na vzorcích byly zkoumány strukturální a mechanické vlastnosti. Zvláštní pozornost byla věnována tepelným vlastnostem, které byly měřeny v závislosti na vlhkosti, od suchého stavu až po vodu plně nasycený stav. Získané výsledky ukazují, že použitím plniva na bázi odpadního EPP bylo dosaženo dostatečných mechanických parametrů a zároveň byla výrazně zlepšena tepelněizolační funkce vyvinutého lehkého betonu. Tento fakt platil i pro vzorky s přítomností vlhkosti. Detailními analýzami bylo zjištěno, že studovaný kompozit se zakomponovanými EPP zrny ve formě plniva je velmi perspektivní materiál, který může nalézt uplatnění zejména pro nenosné aplikace ve stavebnictví, kde přispěje k realizaci budov s optimální energetickou náročností. Přínosem je také snížení rostoucího

dopadu odpadních polymerů na životní prostředí a úspora přírodního kameniva. ■ Resource efficiency and building energy consumption has been an open question for construction industry in recent years. Recycled plastic aggregate can be used as an alternative material to produce lightweight concrete with low environmental impact of both concrete and waste plastics and moreover, the obtained lightweight concrete is distinguished by improved thermal insulation properties. Most of the published literature focuses on the use of polyethylene terephthalate (PET) and high density polyethylene (HDPE) aggregates, whereas the recycle ratio for polypropylene (PP) is only 0.6%. This makes it one of the least recycled post-consumer plastics. On this account, we focused in the present study on waste expanded polypropylene (EPP) aggregate that is used for partial replacement of natural aggregate to produce lightweight cement-based composites containing synthetic coagulated amorphous SiO₂ as supplementary cementitious material. EPP used in this study was obtained as shredded waste from aircraft model production. Except the effect of pozzolanic activity, coagulated silica was used as admixture for improvement of dispersion of EPP particles in the cement-based matrix. At first, natural and EPP aggregates were examined. Coagulated silica, as active mineral admixture, was characterized by SEM, EDS, XRF, particles size distribution and pozzolanic activity. A detailed analysis of the microstructure of light-weight concretes with PP-based aggregate was performed using an optical microscope, SEM imaging and EDS. For the developed lightweight concrete, basic physical, mechanical and hydric properties were examined. Specific attention was paid to thermal properties measured in dependence on moisture content, from the dry state to fully water saturated state. The results showed that using of plastic waste aggregate led to a sufficient mechanical resistance, whereas the thermal insulation performance of the developed lightweight concrete was markedly improved, even at presence of moisture. Studied composite with incorporated PP waste aggregates was found to be a prospective material for non-structural applications in building industry, which allows development of buildings with optimum energy performance as well as reducing the increasing environmental impact of waste polymers and saving the natural aggregates.

Plasty se staly nezbytnou součástí moderního životního stylu a celosvětová výroba plastů za posledních 50 let značně vzrostla. Plasty splňují potřeby řady výrobků díky svým příznivým vlastnostem, jako je nízká hustota, vysoký poměr pevnosti k hmotnosti, vysoká trvanlivost, jednoduchost výroby a nízké výrobní náklady [1]. Celosvětová výroba plastů byla v roce 2015 přibližně 322 milionů t, přičemž z toho evropská výroba činila cca 58 milionů t. Dle typu polymerů bylo v Evropě v roce 2015 vyprodukováno nejvíce polypropylenu (PP – 19,1 %) a nízkohustotního polyethylen (PE-LD – 17,3 %) [2]. Většina druhů plastů není v přírodním prostředí biologicky odbouratelná a chemicky reaktivní a z tohoto důvodu dokážou polymerní výrobky přetrvávat po celá desetiletí, až staletí, což způsobuje dlouhodobé znečištění životního prostředí [1]. Stále se zvyšující růst celosvětové spotřeby plastů a následně i zvýšené množství odpadních plastů vyžaduje nové způsoby recyklace, neboť způsob ukládání odpadních plastů na skládky je dlouhodobě neudržitelný [3]. Přestože se recyklace plastů v Evropě v posledních letech zvýšila téměř na 30 %, skládkování stále tvoří velkou část zpracování plastového odpadu [2]. Poměr recyklace PP je však velmi nízký. Např. ve Spojených státech bylo v roce 2012 recyklováno pouze 0,6 % PP, což z něj činí jeden z nejméně recyklovaných post-konzumních plastů [1].

Stavební průmysl spotřebovává obrovské množství přírodních zdrojů a v mnoha zemích je také jedním z největších spotřebitelů energie. Tuto spotřebovanou energii je možné rozdělit na vázanou energii (energie pro procesy spojené s dokončením budovy, např. získávání přírodních zdrojů, výroba materiálu, přeprava apod.) a provozní energii (klimatizace, vytápění, osvětlení budov apod.) [4]. V posledních letech dochází k výraznému zvýšení spotřeby energie ve spojení s celosvětovým hospodářským rozvojem. Z tohoto důvodu je problematika vzájemných vztahů