



NAMRZAVOST UPRAVENÝCH ZEMIN A VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ (VEP) V PODLOŽÍ VOZOVEK

Zpracovali: Ing. Veronika Sokolová, Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Technický list se zabývá různými používanými metodami stanovení namrzavosti zemin a druhotných materiálů v ČR. Jejich využívání v konstrukcích vrstev vozovek, jakkoliv nevhodné, se s jejich zvyšujícím se objemem stává nevyhnutelným a v současné době je tématem odborných studií a výzkumů.

Při řešení byl použit dnes hojně prosazovaný elektrárenský popílek. Roční produkce popílku v České republice přesahuje 10 milionů tun, ale vzhledem k technologickým i ekonomickým důvodům a nedostatku zkušeností s tímto materiálem se využívá pouze přibližně 20 % z celkového množství. Snahou jeho posuzování v rámci této aktivity bylo upozornit na některé negativní vlastnosti, které použití popílku do pozemních komunikací může provázet.

Oblast použití

Níže popsané srovnání výsledků přímé laboratorní zkoušky míry namrzavosti, zkoušky okamžitého indexu únosnosti (IBI) i kalifornského poměru únosnosti (CBR) a zkoušky cyklického zatřívání v triaxiálním přístroji k určení modulu pružnosti má přímé využití v praxi při lepší identifikaci a určení zemin, které jsou z hlediska namrzavosti kritické a které naopak lze i s malou úpravou v konstrukci využít. Podrobněji se řešení v nově elektrárenským popílkem zejména jako přísad ke zlepšení charakteristik zemin, jejich vlastnostem a možnosti použití v podloží vozovek pozemních komunikací.

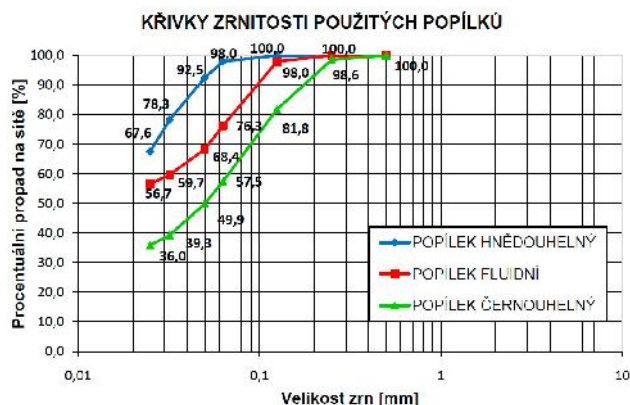
Metodika a postup řešení

Pro návrhy upravené zeminy do podloží vozovky bylo použito:

Jemnozrnná zemina: F6 CI jíla se střední plasticitou, frakce 0/8 mm, $f = 78\%$, $s = 19\%$, $g = 3\%$, $w_L = 42\%$, $w_p = 19\%$, $IP = 23\%$, podmíněně vhodná do násypu, nevhodná do aktivní zóny (podle SN 73 6133).

Popílek jako přísada: hnědouhelný popílek ECHVA (EZ, a.s., tepelná elektrárna Chvaletice), černouhelný popílek EDE (EZ, a.s., tepelná elektrárna Dětmarovice), fluidní popílek EPO (EZ, a.s., tepelná elektrárna Počepice).

Pojivo: vzdušné vápno CL 90.



Obr. 1 Granulometrie použitých popílků.

Stanovení zhutnitelnosti zhutněné upravené zeminy pojivem bylo provedeno metodou Proctor standard (SN EN 13286-2). Dále bylo provedeno stanovení okamžitého indexu únosnosti (IBI) a kalifornského poměru únosnosti CBR v souladu s SN EN 13286-47 s použitím formy ve formátu B o průměru 150 mm a výšce 120 mm.

Dále byla stanovena namrzavost upravených zemin vápnem a popílkem s využitím přímé zkoušky namrzavosti zhutněných válcových zkušebních těles podle SN 72 1191. Zkušební válcová tělesa byla zhutněna při optimální vlhkosti na maximální objemovou hmotnost metodou Proctor standard pro každou zkoušenou směs. Všechna zkušební tělesa devíti směsí zrála po zhutnění v klimatizované komoře při relativní vzdušné vlhkosti min. 90% po dobu 28 až 30 dnů. Před vlastní přímou zkouškou namrzavosti podle výše popsané normy byla zkušební válcová tělesa ve zkušebním přístroji saturována vodou při teplotě 5 °C po dobu 17 – 24 hodin.



Obr. 2 Zkušební vzorky F6 CI a F6 CI+25%EDE po zkoušce IBI.

Jako poslední zkouška bylo provedeno experimentální stanovení modulu pružnosti podle SN EN 13286-7 (Zkouška nestmelených směsí cyklickým zatříváním v triaxiálním přístroji).

Výsledky

Míra namrzavosti stanovená pomocí metodou podle SN 72 1191 vychází u v tšiny výsledk zkoušených sm sí upravených zemin jako nebezpečná namrzavá (viz tabulka 1). Citlivost na vývoj mrazových zdvihů a porušení ztuhlé vrstvy se nezmění přidáním jakéhokoliv popílku jako hydraulického pojiva do nevhodné zeminy typu sprašová hlína. Naopak v polovině případů dochází ke zvýšení koeficientu. To je způsobeno zejména vysokým obsahem jemnozrnných částic výsledných úprav zemin a stejnozrnným charakterem částic, ze kterých je složen popílek.

Tab. 1 Složení navržených studených asfaltových směsí.

Sm s upravené zeminy	IBI [%]	CBR [%]		E_r [MPa]
1 F6 CI	26	4	0,55	130-180
2 F6 CI+2% hm. CaO	23	120	0,32	200-300
3 F6 CI+15% hm. ECHVA	23	5	1,07	-
4 F6 CI+25% hm. ECHVA	21	2,5	0,69	65-160
5 F6 CI+15% hm. EDE	19	14	0,53	-
6 F6 CI+25% hm. EDE	16	20	0,49	130-190
7 F6 CI+15% hm. EPO	35	90	0,53	-
8 F6 CI+25% hm. EPO	35	115	0,83	160-220
9 ECHVA	45	2	0,59	-

Lze pozorovat, že koeficient zeminy s popílkem hrdouhelným, který má nejjemnější zrnitost, dosahuje nejvyšších hodnot namrzavosti a naopak hodnota namrzavosti () zeminy s popílkem hrduhelným, který má ze zkoušených popílků nejvyšší zrna, je relativně nejnižší. Při úpravě jemnozrnné zeminy přidáním 2 % hm. vzdušného vápna došlo podle očekávání ke snížení hodnoty koeficientu a zemina se stala mírně namrzavou až namrzavou. Tento výsledek potvrzuje známý fakt, že se namrzavost zeminy upraví přidáním hydraulického pojiva jako je vápno, ale toto tvrzení nelze bez omezení aplikovat na jakéhokoliv hydraulické pojivo, což se potvrdilo například výsledkem namrzavosti zeminy upravené hydraulicky velmi aktivním fluidním popílkem.

Jediná možná spojitost u dalších sledovaných charakteristik je mezi hodnotami CBR a modulem pružnosti zeminy upravené popílkem a vápnem, kdy se při snižujícím se hodnotě CBR směsí snižuje i hodnota modulu pružnosti E_r . Zemina s vápnem má nejvyšší hodnotu CBR i modulu pružnosti, což potvrzuje také nejčastěji používaná tato úprava v praxi.

Závěr

Dle očekávání bylo zkouškou namrzavosti zjištěno, že úpravou zeminy vápnem dojde ke snížení míry namrzavosti z nebezpečné namrzavé zeminy na zeminu mírně namrzavou. Při úpravě jemnozrnné zeminy popílkem tomu tak však nebylo. Všechny směsi byly po zkoušce vyhodnoceny jako nebezpečné namrzavé, až na směs zeminy s 25 % popílkem hrduhelného, která byla hodnocena na hranici mírně namrzavé a nebezpečné namrzavé zeminy. Přestože některé popílkem (zejména

fluidní) vykazují vlastnosti hydraulického pojiva, jejich užití k úpravě zeminy nepřinese snížení její namrzavosti. Dále byl zkoušen okamžitý index únosnosti IBI a kalifornský poměr únosnosti CBR. Kromě hodnocení únosnosti směsí upravených zemin je někdy tento parametr nesprávně používán pro nepřímé hodnocení namrzavosti zemin a upravených zemin. Nejvyšších hodnot IBI dosáhl vzorek samotného popílku hrduhelného, a to IBI 45%. Druhých nejvyšších hodnot IBI potom dosahovaly směsi zeminy s popílkem fluidním a nejnižších hodnot dosáhly vzorky zeminy s popílkem hrduhelným. Výrazně nejvyšších hodnot CBR dosáhly vzorky zeminy upravené vápnem a zeminy s 15 % a 25 % fluidního popílku, přičemž hodnoty CBR se oproti hodnotám IBI zvýšily přibližně 5x u zeminy upravené vápnem a přibližně 3x u zeminy s fluidním popílkem. Tento nárůst únosnosti lze tedy přičítat hydratačním reakcím vápna během doby zrání vzorků.

Pro upravené zeminy byl experimentálně stanoven modul pružnosti E_r , jehož výsledná hodnota byla stanovena jako interval hodnot, kterých modul pružnosti směsí nabývá při zatížení vzorků různými hodnotami svislého napětí při komorovém tlaku 20 kPa, což je vodorovné napětí působící v konstrukci vozovky od těžké dopravy právě v úrovni podloží vozovky. Zkouška byla provedena pouze na vzorcích zeminy, zeminy upravené vápnem a na vzorcích zeminy s 25 % podílem jednotlivých popílků. Nejvyšších hodnot modulu pružnosti dosahovala směs zeminy upravená vápnem, a to 200 až 300 MPa. Druhých nejvyšších hodnot dosáhla směs zeminy s fluidním popílkem – 160 až 220 MPa. Tento nárůst lze opět vysvětlit vyšším obsahem volného vápna reagujícího v upravené zemině. Obsah popílku hrduhelného v zemině zapříčinil pokles hodnot modulu pružnosti.

Literatura

- [1] Sokolová, V.: Namrzavost zemin a druhotných materiálů v podloží vozovek. VUT Brno: diplomová práce, 2015.
- [2] SN EN 13286 – 2 – Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška
- [3] SN 72 1191 – Zkoušení míry namrzavosti zemin, (2011)
- [4] SN EN 13286 – 47 – Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání
- [5] SN EN 13286 – 7 – Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – část 7: Zkouška nestmelených směsí cyklickým zatěžováním v triaxiálním přístroji.
- [6] Zajáček, J.: Technologie stavby vozovek. Praha: KAIT, 2014. 392 s. ISBN 978-80- 87438-59-6.