

Provozní ověření použití popílkového stabilizátu v konstrukčních vrstvách pražcového podloží

Martin Lidmila

Cílem řešení projektu VZ 4 Udržitelná výstavba se v části WP 3 „Využití odpadních hmot a recyklace ve stavebnictví“ Katedra železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze zaměřila na realizaci zkušebního úseku pro provozní ověření použití popílkového stabilizátu v konstrukčních vrstvách pražcového podloží.

1. Úvod

Tepelné elektrárny a teplárny v ČR vyprodukují ročně až 14 miliónů tun pevných vedlejších energetických produktů po spalování uhlí. V oblasti stavebnictví se jako druhotná surovina využívá popílek a popílkový stabilizát. V textu je stručně popsána realizace zkušebního úseku v žst. Smiřice. Cílem zkušebního úseku je provozní ověření použití popílkového stabilizátu z Elektrárny Chvaletice do konstrukčních vrstev pražcového podloží.

2. Co je to popílkový stabilizát

Popílkový stabilizát z Elektrárny Chvaletice je směs úletového popílku (52 %), energosádrovce (25 %), CaO (3 %) a vody (20 %). Popílkový stabilizát je míchán v míchacím centru Elektrárny Chvaletice. Vyrobený stabilizát se neskládá, ale z míchacího centra se přímo expeduje na nákladní auta. Kapacita míchacího centra je max. 300 t/h, roční produkce stabilizátu je cca 450 000 tun.

Popílkový stabilizát z Elektrárny Chvaletice je certifikovaným výrobkem pro použití při rekultivaci území Chvaleticka a pro použití na stavbách pozemních komunikací. Patří do skupiny tzv. klasických popílkových stabilizátů. Je to materiál, který vyvíjí hydratační teplo a v čase tvrdne. Optimální doba zpracovatelnosti je do 4 hodin od zamíchání.

Na Katedře železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze byly v letech 2000 – 2004 realizovány laboratorní a experimentální zkoušky popílkového stabilizátu [1]. Cílem těchto zkoušek bylo ověřit a doplnit geotechnické vlastnosti popílkového stabilizátu při použití do konstrukčních vrstev pražcového podloží.

Martin Lidmila, Ing., Ph.D.

*ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra železničních staveb
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice
tel.: 224 354 754, fax.: 224 354 755, e-mail: lidmila@fsv.cvut.cz*

3. Vlastnosti popílkového stabilizátu z Elektrárny Chvaletice

Z výsledků [1] je možno popílkový stabilizát po 164 dnech zrání charakterizovat jako:

- lehký stavební materiál,
- tepelně izolační materiál, (podmínkou je umístění nad hladinu podzemní vody),
- málo propustný až nepropustný,
- odolný proti mrazu a vodě,
- citlivý na způsob zpracování a hutnění.

Výsledky laboratorních zkoušek uvedených v [1] jsou shrnuty v tab. 1.

Tab. 1 Souhrnné výsledky laboratorních zkoušek popílkového stabilizátu

Vlastnost popílkového stabilizátu	Zkušební metoda	Dosažená hodnota
Zhutnitelnost	ČSN 72 1015 metoda B (Proctorova modifikovaná zkouška)	$\rho_{dmax} = 1310 \text{ kg.m}^{-3}$ $w_{opt} = 20\%$
Pevnost v prostém tlaku bez saturace vodou	ČSN 73 6125	1,04 MPa po 7 dnech zrání
Odolnost proti mrazu a vodě	ČSN 73 6125	6,07 MPa po 162 dnech zrání
Propustnost	ČSN 72 1020 metoda F	$3,5 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ po 164 dnech zrání
Součinitel tepelné vodivosti λ	-	$0,7 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

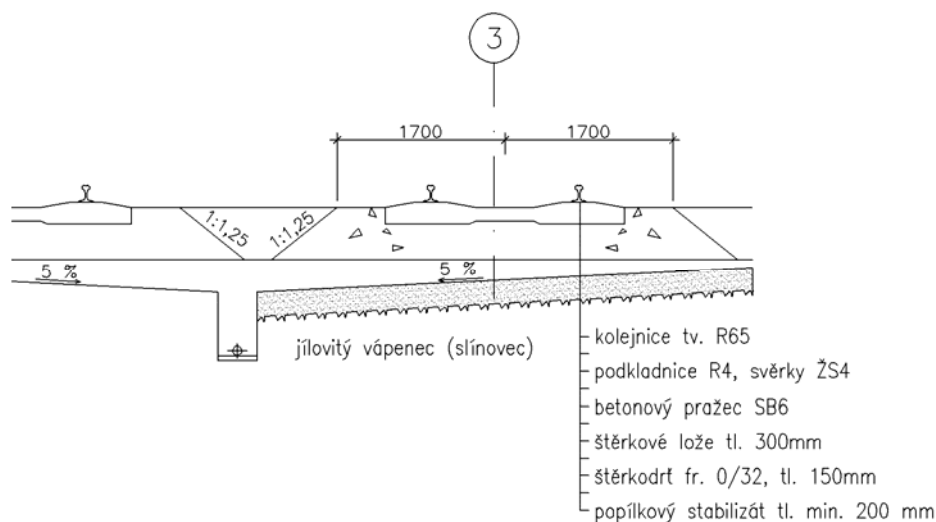
4. Projekt zkušebního úseku

V roce 2004 se na Katedru železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze obrátil projektant stavby - „Opravné práce v žst. Smiřice“ se žádostí o posouzení možnosti použití popílkového stabilizátu k ochraně zemní pláně tvořené horninami náchylnými ke zvětrávání.

Geotechnický průzkum provedený firmou Stavební geologie Geotechnika a.s., [2] prokázal, že zemní plán je tvořena jílovitým vápencem, mírně až silně zvětralým. Tento materiál zemní pláň při působení vody, mrazu a dynamických účinků zvětrává a degraduje na zeminy třídy F6. Geotechnický průzkum doporučil ochranu zemní pláň před působením vody pomocí geomembrány, obalovaného kameniva, asfaltového betonu nebo minerální směsi.

Katedra železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze doporučila projektantovi zpracovat variantu použití popílkového stabilizátu o tloušťce min. 0,20 m do konstrukce pražcového podloží a současně doporučila zřízení zkušebního úseku. Schéma návrhu příčného řezu je na obr. 1.

V následném období zhotovitel stavby firma Chládek a Tintěra, Pardubice a.s., požádal Katedru železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze o spolupráci při realizaci zkušebního úseku s použitím popílkového stabilizátu v konstrukci pražcového podloží.



Obr. 1 Schéma návrhu příčného řezu s popílkovým stabilizátem

5. Realizace zkušebního úseku

Katedra železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze podala v březnu 2005 návrh na zřízení zkušebního úseku v žst. Smiřice. Generální ředitelství Českých drah, a.s., odbor stavební vydal souhlasné stanovisko s provozním ověřením použití popílkového stabilizátu z Elektrárny Chvaletice jako konstrukční vrstvy pražcového podloží v žst. Smiřice. Zkušební úsek se nachází v žst. Smiřice v dopravní koleji č. 3, km 32,940 – km 33,270. Železniční stanice Smiřice leží na celostátní trati se zatížením 22,5 tuny na nápravu v jednokolejném traťovém úseku Hradec Králové – Jaroměř.

Martin Lidmila, Ing., Ph.D.

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra železničních staveb
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice
tel.: 224 354 754, fax.: 224 354 755, e-mail: lidmila@fsv.cvut.cz

Zkušební úsek délky 330 m leží v části sanované koleje č. 3. Pro dlouhodobé sledování chování konstrukční vrstvy z popílkového stabilizátu byly na zkušebním úseku zvoleny tři měřicí profily označené jako P1 (km 32,978 000), P2 (km 33,108 000) a P3 (km 33,249 000).

Před vlastní výstavbou zkušebního úseku vybudoval zhotovitel nový odvodňovací systém, snesl stará kolejová pole a odtěžil staré kolejové lože a pražcové podloží do úrovně nově projektované zemní pláně.

Zemní pláň po odtěžení byla tvořena jílovitým vápencem (slínovcem) v různém stupni zvětrání. Zemní pláň byla provedena v úklonu 5 % směrem do odvodňovacího systému. V místech kde byla zemní pláň tvořena zdravým jílovitým vápencem charakteru horniny R4 došlo vlivem nesnadné rozpojitelosti k přetěžení úrovně zemní pláně místy až o 0,4 m. Tato místa byla od úlomků ručně dočištěna.

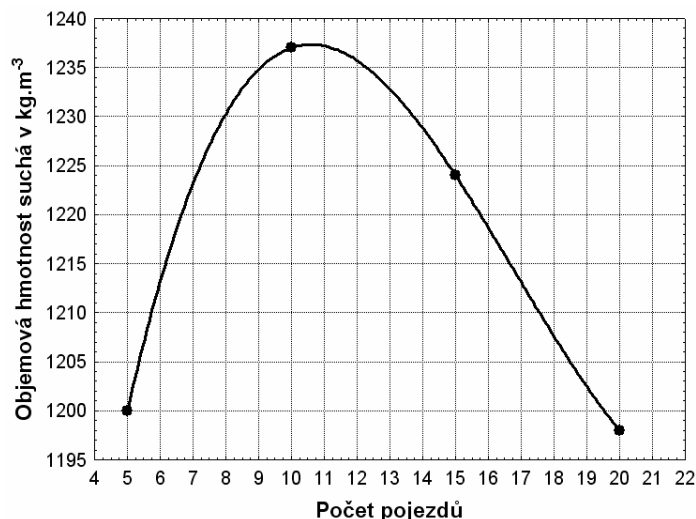
Popílkový stabilizát s označením „receptura R4“ byl z míchacího centra Elektrárny Chvaletice přepravován na staveniště velkoobjemovými automobilovými návěsy. Ihned po vysypání byl popílkový stabilizát překládán na standardní nákladní auta a navážen na zemní pláň, kde byl pomocí grejdru urovnán do projektované výšky a příčného sklonu a následně hutněn. Dovození doba od naložení popílkového stabilizátu v míchacím centru po vysypání na staveništi byla v závislosti na dopravní situaci cca 1,5 hodiny a celkový čas od zamíchání v míchacím centru po zhutnění se pohyboval v rozmezí 3 až 4 hodiny.

Při dovozu popílkového stabilizátu na stavbu byla měřena jeho vlhkost a teplota. Průměrná vlhkost dováženého popílkového stabilizátu byla $w_n \text{ prům} = 21,5 \%$ a kolísala od $w_n = 19,4 \%$ do $w_n = 24,8 \%$. Teplota dováženého popílkového stabilizátu se pohybovala od $36,5 \text{ }^\circ\text{C}$ do $43,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

6. Výsledky zhutňovacího pokusu

Na začátku zkušebního úseku byl proveden zjednodušený zhutňovací pokus s cílem stanovit počet pojezdů zhutňovacího prostředku. Popílkový stabilizát se zhutňoval válcem typu HAMM 3412 o celkové hmotnosti 12190 kg s hladkým běhounem a stírací lištou. Po 5, 10, 15 a 20 pojezdech se střední vibrací byla stanovena pomocí kovových pouzder suchá objemová hmotnost zhutněného popílkového stabilizátu. Výsledky dosažených objemových hmotností v závislosti na počtu pojezdů jsou na obr. 2.

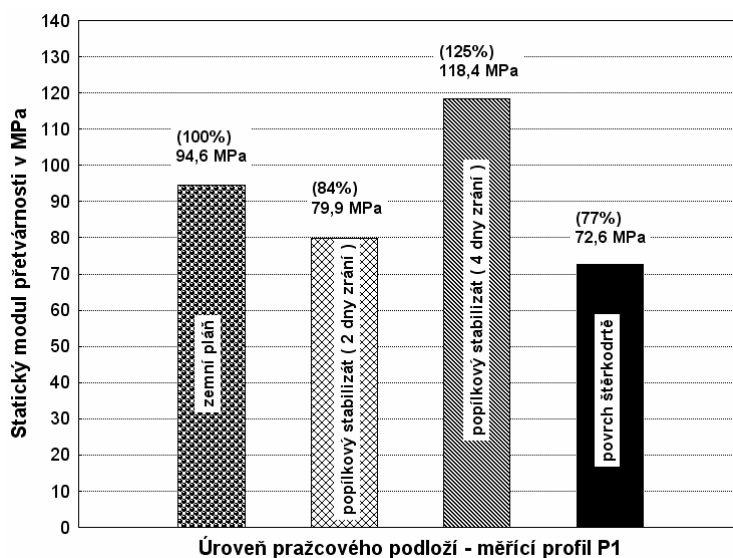
Z obr. 2 vyplývá, že pro daný popílkový stabilizát a konkrétní zhutňovací prostředek byl optimální počet pojezdů 10 až 11. Pro další postup prací bylo zvoleno 10 pojezdů válce s vibrací a 2 pojezdy válce bez vibrace.



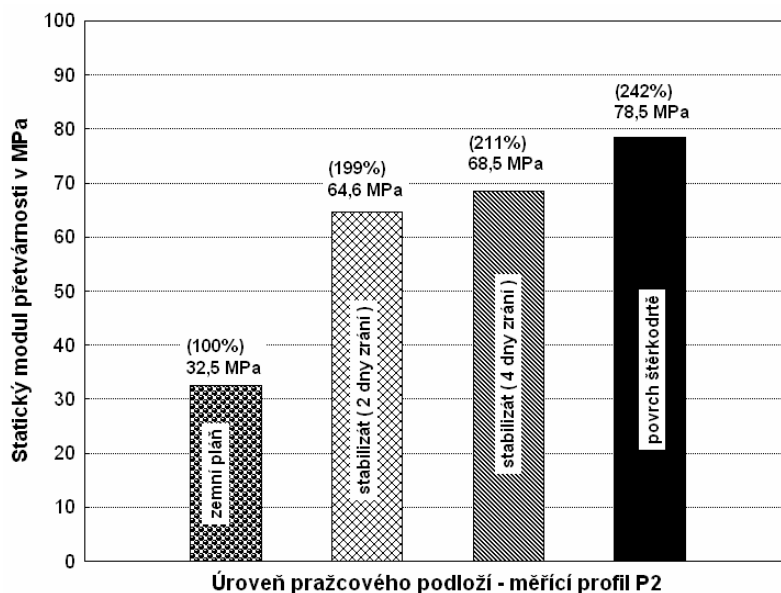
Obr. 2 Výsledky zjednodušeného hutního pokusu

7. Výsledky statických zatěžovacích zkoušek

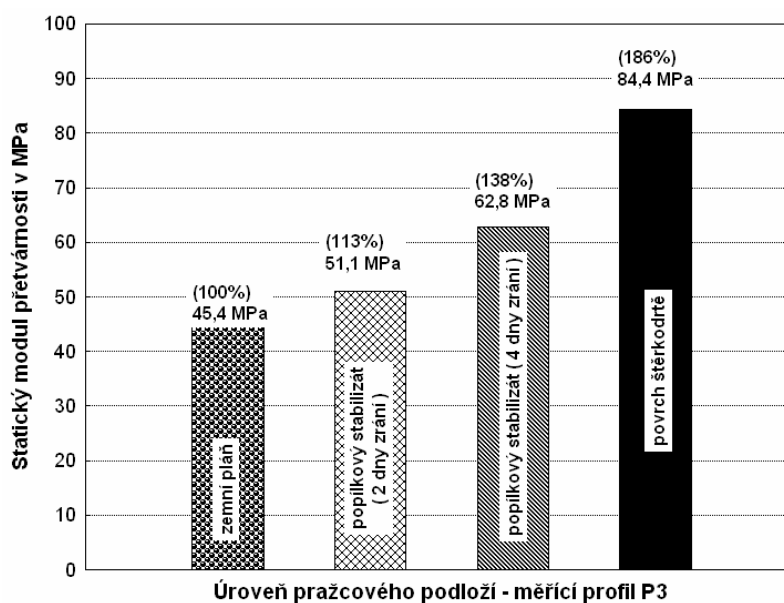
V každém měřicím profilu byly provedeny statické zatěžovací zkoušky na zemní pláni, na konstrukční vrstvě z popílkového stabilizátu po 2 a 4 dnech zrání a na povrchu šterkodrtě, tj. v úrovni pláně tělesa železničního spodku. Výsledky statických zatěžovacích zkoušek v jednotlivých měřicích profilech jsou na obr. 3, obr. 4 a obr. 5.



Obr. 3 Výsledky statických zatěžovacích zkoušek v měřicím profilu P1



Obr. 4 Výsledky statických zatěžovacích zkoušek v měřicím profilu P2



Obr. 5 Výsledky statických zatěžovacích zkoušek v měřicím profilu P3

Dále bylo v každém měřicím profilu odebráno pomocí kovových pouzder pět neporušených vzorků ztuhlého popílkového stabilizátu. Z neporušených vzorků byla stanovena průměrná dosažená suchá objemová hmotnost $\rho_{d\text{ prům}}$ ztuhlého popílkového stabilizátu a průměrná vlhkost popílkového stabilizátu při hutnění $w_{n\text{ prům}}$. Dosažené výsledky v jednotlivých měřicích profilech jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Výsledky laboratorních zkoušek neporušených vzorků popílkového stabilizátu

Měřicí profil	Průměrná suchá objemová hmotnost popílkového stabilizátu $\rho_{d\text{ prům}} \text{ v kg.m}^{-3}$	Průměrná vlhkost popílkového stabilizátu $w_n \text{ prům v \%}$
P1	1188	21,0
P2	1311	22,4
P3	1194	23,1

8. Vyhodnocení výsledků měření

Z uvedených výsledků a ze zkušeností z realizace lze popílkový stabilizát charakterizovat jako materiál vysoce citlivý na kvalitu a rychlost zpracování. Pro závěrečné pojezdy (bez vibrace) by bylo vhodnější použití pneumatického válce u kterého nedochází k nalepování materiálu na běhoun.

Kvalita a dodržení receptury vyrobeného popílkového stabilizátu v míchacím centru jsou klíčovými faktory pro dosažení maximální objemové hmotnosti zhutněného popílkového stabilizátu. Z výsledků měření objemové hmotnosti lze konstatovat, že bylo pouze u měřicího profilu P2 dosaženo 100 % hodnoty suché objemové hmotnosti popílkového stabilizátu.

Výsledky měření statických modulů přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku vyhovují požadavkům pro stávající tratě celostátní s rychlostí 120 až 160 km.h⁻¹ a dosažená únosnost výrazně překročila požadovanou hodnotu $E_{pl} = 40 \text{ MPa}$.

Současně byl prokázán zesilující účinek konstrukční vrstvy z popílkového stabilizátu z Elektrárny Chvaletice.

9. Plánovaný postup sledování zkušebního úseku

Vlastnosti konstrukční vrstvy z popílkového stabilizátu budou po dobu pěti let kontrolovány dvakrát ročně (jaro, podzim) statickou zatěžovací zkouškou v kopaných sondách, které budou umístěny do měřících profilů. Po provedení statických zatěžovacích zkoušek budou z konstrukční vrstvy z popílkového stabilizátu technologií vývrtů odebrána zkušební tělesa. Odebraná zkušební tělesa budou následně podrobena laboratorním zkouškám. Dle kvality vývrtů se předpokládá provedení pevnosti v prostém tlaku, propustnosti, odolnosti proti působení vody a mrazu. Před prováděním kopaných sond bude provedeno měření GPK měřícím vozíkem KRAB.

10. Závěr

Realizací zkušebního úseku s konstrukční vrstvou z popílkového stabilizátu byl završen dlouhodobý výzkum na Katedře železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze. Došlo tak k propojení laboratorních a experimentálních výsledků s praktickou aplikací.

V současné době lze konstatovat, že během vlastní realizace zkušebního úseku a krátkého období provozu doposud nenastaly žádné problémy.

Článek vznikl v rámci „Výzkumného záměru – Udržitelná výstavba MSM 6840770005“.

- [1] LIDMILA, M., 2005: Disertační práce, Ekologické využití vedlejších energetických produktů v konstrukci pražcového podloží, ČVUT Fakulta stavební v Praze, s. 143.
- [2] LIDMILA, M., 2004: Opravné práce v žst. Smiřice – geotechnický průzkum. Stavební geologie - Geotechnika, a.s., Praha.