

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
5 (1999)

**VYUŽITIE PRÍSAD URÝCHLJUJÚCICH TUHNUTIE V TECHNOLOGII
STABILIZÁCIE ZEMÍN CEMENTOM NA VOZOVKY CIEST**

Vlastimil MACH, Pavel POLEDŇÁK

Fakulta špeciálneho inžinierstva
Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika

ÚVOD

Na zabezpečenie prepravných úloh Armády Slovenskej republiky v období brannej pohotovosti štátu je na teritóriu Slovenskej republiky už v mieri vybraná a pripravovaná sieť **určených automobilových ciest**. Mosty zničené protivníkom na tejto sieti bude nutné obnoviť v čo najkratšej dobe.

Časť týchto zničených mostov bude nahradená systémom **cestných náhradných premostení**, pre ktoré sú už v mieri vytypované priestory, vykonaný prieskum rieky, brehov a prípadne predrealizačné opatrenia k urýchleniu vlastnej stavby (výstavba pobrežných a medziláhlých podper, príjazdových komunikácií atď.). Stavba a obnova týchto premostení je riešená využitím jednotiek Integrovaného dopravného systému.

Ostatné zničené alebo poškodené mosty sú nahradené **prepraviskami**, najmä **mostovými**, ktoré sú zriaďované ženijnými a ženijnými cestnými útvarmi. Zo stavebného hľadiska zahŕňajú mostové prepraviská dva základné druhy stavebných objektov - mosty a príjazdové komunikácie k nim.

V organizačných štruktúrach ženijných jednotiek armády Slovenskej republiky je začlenených niekoľko typov mostov, ktoré je možné úspešne pre túto činnosť používať, ale na stavbu príjazdových komunikácií nie sú v organizáciách ženijných útvarov vhodné

výkonné stroje, ani vhodné technológie, ktoré by umožňovali vysoké tempo stavebných prác, krátku dobu od ukončenia stavby vozovky do začatia premávky, využitie miestnych stavebných materiálov a ani splnenie niektorých ďalších prevádzkových parametrov kladených na vozovky príjazdových komunikácií k mostovým preprávkám.

1. ANALÝZA VHODNOSTI VOZOVIEK VOJENSKÝCH CIEST

Z hľadiska zriaďovania mostového preprávka je nutné rešpektovať ako limitujúcu činnosť stavbu mosta. Je stanovená podmienka, aby doba stavby a doba do začatia premávky na príjazdovej komunikácii neboli dlhšie ako stavba mosta. Doba stavby vojenských mostov sa pohybuje od niekoľkých desiatok minút až po niekoľko desiatok hodín. Tomu musí zodpovedať technológia a rýchlosť stavby príjazdovej komunikácie

Vzhľadom na prevádzkové parametre príjazdových komunikácií a po vykonaní analýzy vhodnosti jednotlivých druhov vozoviek je možné povedať, že v prípade extrémne krátkej doby stavby mosta je možné predpokladať, že príjazdové komunikácie budú spočívať v úprave a zhutnení terénu, prípadne zosilnení geotextíliou alebo položení oceľovej montovanej vozovky zo súpravy PMS. Iba v prípade použitia mosta montovaného tylového MMT a pri použití nízkovodných drevených mostov rôznej konštrukcie, bude vhodné využiť vozovku pomerne únosnú s možnosťou relatívne dlhšej doby stavby. Vzhľadom na tempo stavby mosta je doba stavby vozovky v rozmedzí 6 - 8 hodín a doba od ukončenia stavby do začatia premávky vozovky kalkulačne od 8 do 10 hodín. V tomto prípade je vhodné využiť montovaných vozoviek z panelov, vozoviek štrkových s povrchovou úpravou alebo bitúmenovej stabilizácie. Jedným zo spôsobov riešenia je využitie vozoviek zo zemín stabilizovaných cementom s pridaním prísad urýchľujúcich tuhnutie a tvrdnutie zmesi (ďalej iba prísad). Tak by sa mala skrátiť doba zrenia na niekoľko hodín. V minulosti boli využívané prísady REXAL S a sóda, ktoré sa buď už nevyrábajú alebo nevyhovujú súčasným prevádzkovým parametrom.

2. STABILIZÁCIA ZEMÍN CEMENTOM S PRIDANÍM PRÍSAD URÝCHĽUJÚCICH TUHNOTIE A TVRDNUTIE ZMESI

Stabilizácia cementom patrí medzi bežne používané technológie pre stavbu podkladných vrstiev cestných vozoviek, pre podkladné vrstvy letiskových vozoviek a plôch. Vo vojenských podmienkach je možné túto technológiu vhodne používať pre stavbu vozoviek príjazdových komunikácií k mostovým preprávkám. Tieto vozovky majú charakter provizórnych vozoviek a doba používania sa kalkulačne uvažuje do 30 dní. Problémom je však pomerne dlhá doba dozrievania zmesi, čiže doba od realizácie stavby do začatia premávky po komunikácii. Bolo predpokladané, že pridaním urýchľovačov tuhnutia a tvrdnutia zmesi, by bolo možné skrátiť dobu zretia stabilizácie na niekoľko dní až hodín. Preto je možné povedať, že stabilizácia cementom s pridaním uvedených prísad bude vhodná všade tam, kde sa bežne používa stabilizácia cementom a je nutné zabezpečiť dobu dozrievania zmesi 7 - 10 hodín. Ďalšou významnou črtou stabilizácie

cementom s pridaním prísad je nárast pevnosti oproti stabilizácii toho istého zloženia bez prísady.

Výhodou stabilizácie cementom je predovšetkým fakt, že okrem stabilizátora, prísad a vody nie je potrebné na miesto stavby dovážať iné materiály. Za určitých podmienok je možné využiť zeminy nachádzajúce sa v trase komunikácie, čím sa výrazne znížia dopravné činnosti, skráti doba stavby vozovky a tým samozrejme i doba do začatia premávky na komunikácii a v konečnom dôsledku i na mostovom prepravisku. Táto doba je jedným z limitujúcich faktorov pri obnove zničených mostov v období brannej pohotovosti štátu.

Ďalšou výhodou je i fakt, že cement pre stabilizáciu je pomerne dostupným stavebným materiálom i v období brannej pohotovosti štátu. Aby bolo možné stanoviť jednoznačne vhodnosť tejto technológie boli vykonané experimentálne skúšky, ktoré by túto teóriu potvrdili.

3. SKÚŠKY STABILIZÁCIE ZEMÍN CEMENTOM S PRIDANÍM PRÍSAD URÝCHĽUJÚCICH TUHNUTIE A TVRDNUTIE ZMESI

Na experimentálne skúšky bola použitá zmes zeminy, cementu, vody a prísady. Na základe prieskumu trhu boli na experimentálnu časť použité nasledujúce prísady. Z odporúčaní výrobcov a na základe vykonania orientačných skúšok bolo stanovené dávkovanie prísad, ktoré je uvedené v tab.3.1. Bolo použitých 10 prísad a 4 kombinácie prísad povolené výrobcami.

Tab. 3.1 Prísady použité v experimentálnej časti

Superplastifikátory			
Názov	Výrobca	Dávkovanie v % hmotnosti cementu	Cena za 1 kg
MELMENT L 10/40	STACHEMA Bratislava	2 %	46,- Sk
MELCRET 500	STACHEMA Bratislava	2 %	44,- Sk
Plastifikátor 20	ISTROCHEM Bratislava	4 %	-
SIKAMENT FF	SIKA – Švajčiarsko	2 %	36,20 ATS
MUREXIN BV	PORTLAND – Nemecko	1 %	44,- Sk
Urýchlovače tuhnutia a tvrdnutia betónu			
CYKLOSAL	STACHEMA Bratislava	2 %	29,- Sk
BETODUR NA	STACHEMA Bratislava	2 %	21,- Sk
SIKAMENT - HE 200	SIKA - Švajčiarsko	2 %	32,00 ATS
SIKA RAPID - 1	SIKA - Švajčiarsko	2 %	29,80 ATS
MUREXIN RF	PORTLAND - Nemecko	1 %	29,- Sk

Ďalej boli na experimentálnu časť použité nasledujúce komponenty:

- **zemina** - charakteristickou zeminou okolia stredných tokov riek na území SR je **štrk**, čo bolo preukázané i klasifikačnými skúškami. Hmotnosť zeminy na jednotlivé vzorky vychádzala z maximálnej objemovej hmotnosti zistenej skúškou Proctor štandard.
- **cement** - bol netradične, z hľadiska predpokladaného rýchleho nárastu pevnosti použitý **portlandský troskový triedy 42,5**. Konkrétne cement 42,5 vyrábaný firmou Cementáreň Lietavská Lúčka a.s. v množstve zaužívanom pre kryty vozoviek vojenských ciest, teda 12 % hmotnosti suchej zeminy.
- **voda** - spĺňala požiadavky STN a jej množstvo zodpovedalo optimálnej vlhkosti zistenej skúškou Proctor štandard.

Na preukázanie vhodnosti jednotlivých druhov stabilizácie zeminy cementom boli v rámci experimentálnej časti vykonané nasledujúce normové a nenormové skúšky.

Skúška stabilizácie cementom v prostom tlaku bola vykonaná v súlade so STN 73 6125. Aplikácia tejto skúšky spočívala v rozšírení meraní po 7 dňoch o merania po 5, 6, 7, 8 hodinách a v rámci skúšky odolnosti proti účinkom vody a mrazu po 10, 13, 16-tich zmrazovacích cykloch, teda po 38, 41, 44 dňoch. Zistené hodnoty sú uvedené v tab.3.2. a na obrázku 3.1. Z nich je zrejmé, že niektoré zmesi zodpovedajú triede stabilizácie S III už po 6 až 7 h. Po 8 hodinách zodpovedajú zmesi triede S III - S I. Po 7 dňoch pevnosť väčšiny zmesí výrazne presahuje požiadavky STN. Pre jednotlivé zmesi bola zistená vhodná regresná krivka, jej rovnica a koeficient spoľahlivosti, ktorý približne zodpovedá indexu korelácie. Jednotlivé krivky predstavovali **logaritmickú závislosť** nárastu pevnosti na čase tuhnutia a tvrdnutia zmesi a predstavujú **veľmi tesnú až funkčnú závislosť** nárastu pevnosti na čase. Hodnoty indexu spoľahlivosti sa pohybovali v intervale 0,95 - 1,00.

Ďalej bolo vykonané porovnanie výsledkov skúšky v časovom intervale 5-8 hodín so skúškami stabilizácie cementom s pridaním prísad REXAL S a sóda. V experimente **použitie prísady vykazovali oveľa vyššie pevnosti v tlaku.**





Z hľadiska možnosti všeobecného využitia stabilizácie cementom s prísadami boli vykonané skúšky **odolnosti proti účinkom mrazu a vody.**

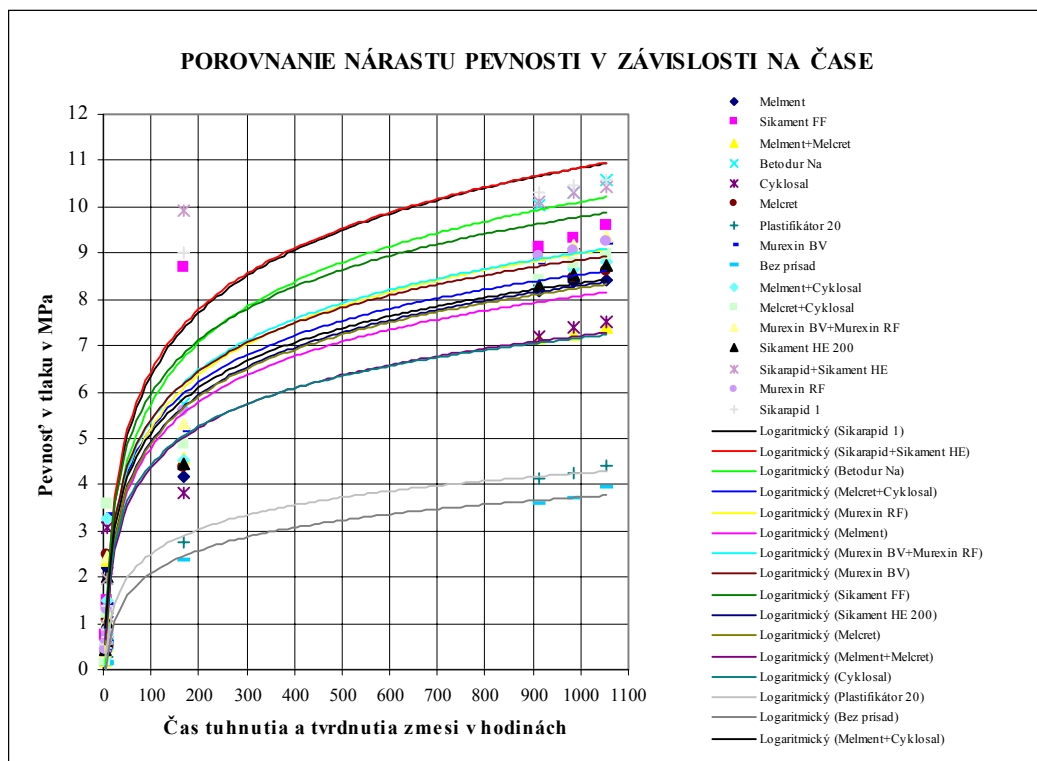
Väčšina vzoriek prekračuje aj po 16 zmrazovacích cykloch hodnoty pevnosti stanovené STN 73 6125. Iba zmes **bez prísad** zodpovedá SII a zmes s **Plastifikátorom 20** zodpovedá po 10 a 13 cykloch S I a po 16 cykloch dokonca iba S II.

Tab.3.2 Výsledky skúšky v prostom tlaku

Prísada	5h	6h	7h	8h	7dní	38dní	41dní	44dní
Bez pr.	0,105	0,106	0,116	0,151	2,37	3,565	3,692	3,947
Betodur	0,440	0,567	0,736	0,872	5,730	10,037	10,292	10,568
Cyklos.	0,258	0,588	1,354	3,056	3,820	7,215	7,406	7,512
Melcret	0,180	0,452	1,059	2,462	4,363	8,340	8,467	8,615
Melment	0,202	0,567	1,155	2,186	4,159	8,195	8,361	8,424
Mur.BV	0,393	0,605	1,388	3,349	5,135	8,785	9,061	9,210
Mur.RF	0,420	0,624	0,815	1,299	5,496	8,913	9,061	9,231
Plast.20	0,168	0,261	0,541	0,875	2,750	4,138	4,244	4,393
Sika FF	0,732	1,046	1,392	1,897	8,700	9,125	9,337	9,592
Sika HE	0,437	0,637	1,031	1,999	4,456	8,318	8,531	8,722
SikaRap	0,569	0,694	0,879	1,390	9,019	10,313	10,462	10,589
Mc+Cy	0,198	0,541	1,231	3,561	4,860	8,403	8,764	8,955
Mel+Cy	0,248	0,588	1,485	3,259	4,520	8,276	8,658	8,806
Mc+Mel	0,200	0,509	1,104	2,360	4,563	7,151	7,257	7,385
BV+ RF	0,411	0,618	1,095	2,436	5,326	8,913	9,167	9,379
SiR+HE	0,520	0,658	0,951	1,978	9,902	10,101	10,292	10,441

LEGENDA:

-  • zodpovedá triede S III (1,0 - 1,8 MPa)
-  • zodpovedá triede S II (1,8 - 3,0 MPa)
-  • zodpovedá triede S I (2,5 - 4,0 MPa)
-  • prekračuje hodnoty S I (> 4,0 MPa)



Obr. 3.1 Priebeh nárastu pevnosti v tlaku v závislosti na čase

Pri posudzovaní **odolnosti podkladových vrstiev proti účinkom mrazu a vody** boli zistené hodnoty pevnosti v tlaku po 10, 13 a 16-tich zmrazovacích cykloch a pevnosti vzoriek nepodrobených zmrazovaniu v rovnakých časových intervaloch, čiže po 38, 41, 44 dňoch tvrdnutia zmesí.

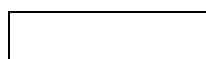
Z týchto hodnôt boli zistené hodnoty relatívneho zníženia pevnosti v %, pričom **hraničná hodnota zníženia pevnosti je 20%**. Z tabuľky 3.3 je zrejmé, že uvedenej požiadavke vyhoveľi po 10 cykloch všetky zmesi, po 13 cykloch nevyhovela zmes **bez prísad** a zmes s pridaním práškovej prísady **CYKLOSAL**. Po 16 cykloch pak nevyhoveli už spomínané zmesi a navyiac aj zmes s pridaním prísad **BETODUR NA**, **Plastifikátor 20** a kombinácia **MELCRET + MELMENT**. Najnižšie zníženie dosiahla zmes s kombináciou prísad **SIKARAPID 1 + SIKAMENT HE 200**.

Skúška odolnosti krytov provizórnych vozoviek vychádza z relatívneho zníženia pevnosti po 10 zmrazovacích cykloch. Max. povolený úbytok hmotnosti je stanovený hodnotou **10 %**. Tejto podmienke vyhoveľi všetky zmesi. Najnižšie zníženie hmotnosti zaznamenali zmesi s pridaním prísad **MUREXIN RF**, **BETODUR NA**, kombináciou **MELCRET + MELMENT**.

Tab.3.3 Hodnoty relatívneho zníženia pevnosti pri skúške odolnosti podkladných vrstiev proti účinkom vody a mrazu

Prísada	38dní - 10 cyklov	41dní - 13 cyklov	44dní - 16 cyklov
Bez prísad	17,08	25,35	34,47
Betodur	12,76	16,90	22,09
Cyklosal	15,58	22,07	24,86
Melcret	10,69	15,04	18,22
Melment	10,93	15,22	17,12
Murexin BV	7,74	12,89	18,66
Murexin RF	9,04	13,11	16,31
Plastifikátor	12,31	17,00	22,24
Sikament FF	3,02	9,55	15,71
SikamentHE	10,47	14,68	18,25
SikaRapid 1	8,85	11,55	13,23
Mc+Cy	7,58	15,01	19,44
Mel+Cy	9,23	15,19	17,83
Mc+Mel	14,54	19,30	24,14
BV+ RF	8,57	13,90	18,80
SiR+HE	2,31	5,15	7,52

LEGENDA:



- vyhovujúce hodnoty



- nevyhovujúce hodnoty



- najlepšie výsledky

Skúška odolnosti krytov provizórnych vozoviek vychádza z relatívneho zníženia pevnosti po 10 zmrazovacích cykloch. Max. povolený úbytok hmotnosti je stanovený hodnotou **10 %**. Tejto podmienke vyhovelí všetky zmesi. Najnižšie zníženie hmotnosti zaznamenali zmesi s pridaním prísad **MUREXIN RF, BETODUR NA** , kombináciou **MELCRET + MELMENT**.

ZÁVER

Na základe vyhodnotenia experimentálnej časti, ktorá bola autorským riešením a obsahom dizertačnej práce autora je možné povedať, že **stabilizácia zemín**

cementom s pridaním prísad urýchľujúcich tuhnutie a tvrdnutie zmesi je vhodná technológia na stavbu vozoviek ciest a aj príjazdových komunikácií k mostovým prepraviskám.

Použitím prísad sa výrazne **znižilo množstvo zámesovej vody** v zmesi stabilizácie cementom. **Najlepších výsledkov v tlaku** bolo dosiahnuté s **kombináciou prísady CYKLOSAL s prísadami MELMENT resp. MELCRET a superplastifikátorom MUREXIN BV**. Z hľadiska **cestného staviteľstva** sa ako **najkomplexnejšia javí stabilizácia s pridaním kombinácie prísad SIKAMENT HE 200 a SIKARAPID 1**. Pridaním prísad sa **výrazne zvýšila odolnosť stabilizácie proti účinkom vody a mrazu**.

V ďalšom období je potrebné podrobnejšie sa zaoberať problematikou optimalizácie zloženia zmesi pre rôzne podmienky stavby a vytvoriť typové listy umožňujúce použitie stabilizácie zemín cementom s použitím prísad najmä pri riešení krízových situácií prípadne pri odstraňovaní ich následkov.

Lektoroval: Doc. Ing. Ján Čelko, CSc.

Predloženo v březnu 2000

LITERATÚRA:

- [1] Hlaváč, J.: Použitie geotextílií na vozovky príjazdových komunikácií k mostovým prepraviskám (Dizertačná práca), Žilina, FŠI ŽU 1999
- [2] Mach, V.: Príjazdové komunikácie k mostovým prepraviskám (Dizertačná práca), Žilina, FŠI ŽU 1999
- [3] Poledňák, P. - Mach, V.: Dojazdy do przepraw mostowych, Zborník WSO, Wroclaw 1996
- [4] Poledňák, P. - Olšar, L.: Analýza systému technickej ochrany pozemných komunikácií za BPŠ, organizácia cestného zabezpečenia A SR pri obrane SR (Priebežná správa úlohy VV - 9306), Žilina, VF VŠDS 1994

RESUMÉ

VYUŽITIE PRÍSAD URÝCHĽUJÚCICH TUHNTIE V TECHNOLOGII STABILIZÁCIE ZEMÍN CEMENTOM NA VOZOVKY CIEST

Vlastimil MACH, Pavel POLEDŇÁK

Tento článok informuje o aktuálnej problematike stavby vozoviek príjazdových komunikácií k mostovým prepravištím. Byla provedená analýza vhodnosti jednotlivých typů vozoviek pro příjezdové komunikace, jsou popsány provedené experimentální zkoušky potřebné pro stanovení vhodnosti stabilizace zemín cementem s využitím urychlovačů tuhnutí pro vozovky a podkladní vrstvy vozoviek příjezdových komunikácií k mostovým prepravištím.

V článku jsou prezentovány výsledky a závěry zkoušek, jsou naznačeny směry dalšího pokračování v řešení dané problematiky.

SUMMARY

THE USING INGREDIENTS FOR ACCELERATION SETTING IN TECHNOLOGICAL STABILIZE SOILS BY CEMENT ON THE ROADS

Vlastimil MACH, Pavel POLEDŇÁK

This article solves actual questions of construction access roads to bridge conveyers. The thesis contains the analyse of aptitude carriage ways for access roads, including experimental verification aptitude carriage ways from grounds speeds up setting and hardening mixture for access roads to bridge conveyers.

This article also contains in annexes results and evaluation of tests, which were performed during experimental part. Conclusion and recommendation for next solving this problem.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE ANWENDUNG DER ZUSATZSTOFFE IN DIE TECHNOLOGIE ZEMENTSTABILISIERUNGSMITTEL NACH DER FAHRBAHNEN DIE STRAßEN

Vlastimil MACH - Pavel POLEDŇÁK

Dieser Artikel informieren bis aktuell Problematik der Fahrbahnenbau die Zufahrtsstraßen zum Brückengelände. Analysiert die Fuktionseignung von verschiedenen Fahrbahntypen für Zufahrtsstraßen. Autoren beschreibt experimentelle Überprüfungen für Bestimmens der Eignung des Zementstabilisierungsmittel mit der Anwendung der Zusatzstoffe nach der Fahrbahnen und die Grundlagen der Fahrbahnen die Zufahrtsstraßen zum Brückengelände.

In der Artikel sind die Resultate und Verschlüsse die Überprüfungen geschrieben und die Richtungen in die Lösung des Problems.