

PODKLADNÍ VRSTVY A PODLOŽÍ VOZOVEK

Soubor norem pro pojiva
hydraulicky stmelených směsí je úplný

Ing. Jaroslav Havelka, TPA ČR, s.r.o.

22. 11. 2016



Úvod

Technologie úprav zemin a stmelení směsí kameniva mají v české a československé praxi výstavby pozemních komunikací dlouhou historii a dá se tedy hovořit o tradičních metodách silničního stavitelství. Výrazného rozmachu dosáhly postupně ve druhé polovině minulého století a rovněž v posledních dvaceti letech, kdy v jednotlivých vlnách aktualizace evropské normalizace přebíráme EN pro plniva, pojiva a specifikace směsí. Zabudování do staveb se již řídí národními standardy (např. resortními předpisy MD ČR nebo ČSN, pokud jsou pro stavbu závazné).

Některé pracovní postupy se v minulosti rozvíjely, například původní stabilizace zemin (CS, později SC) se rozšířila o směsi typu kameniva zpevněného cementem (KSC), vyráběné výhradně metodou mix-in-plant. Jiné pracovní postupy, jako metoda mix-in-place (road-mix) pomocí zemních fréz a recyklérů stagnovaly, resp. v 70. a 80. letech se neprováděly vůbec, i když byly, především v 60. letech častokrát úspěšně použity (např. zlepšení podloží a stabilizace podkladu letištních ploch).

**Původní normy
pro hydraulicky stmelené silniční směsi
a hydraulicky stmelené vrstvy vozovek**

Původní normy pro hydraulicky stmelené vrstvy z kameniva

ČSN 73 6189: 1977 Podklady vozoviek zo štrkopiesku spevneného cementom

ČSN 73 6189: 1989 Podklady vozoviek z kameniva spevneného cementom

ČSN 73 6124: 1994 Stavba vozovek. Kamenivo stmelené hydraulickým pojivem

ČSN 73 6124-1: 2008 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6124-1: 2014 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6124-1: 2016 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody

Původní normy pro hydraulicky stmelené směsi

ČSN 73 6181: 1964 Stabilizace zemin cementem

ČSN 73 6181: 1972 Stabilizace zemin cementem

ČSN 73 6182: 1976 Stabilizace popela a popílku cementem

ON 73 6186 Spevňovanie zemín cementom

ČSN EN 14227-1: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 1: Směsi stmelené cementem

ČSN EN 14227-2: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 2: Směsi stmelené struskou

ČSN EN 14227-3: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 3: Směsi stmelené popílkem

ČSN EN 14227-5: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 5: Směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy

Původní normy pro hydraulicky stmelené zeminy

ON 73 6181: 1981 Stabilizace zemin

ČSN 73 6125: 1994 Stavba vozovek. Stabilizované podklady

**ČSN EN 14227-10: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 10: Zeminy upravené cementem**

**ČSN EN 14227-12: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 12: Zeminy upravené struskou**

**ČSN EN 14227-13: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 13: Zeminy upravené hydraulickými silničními pojivy**

**ČSN EN 14227-14: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 14: Zeminy upravené popílkem**

Původní normy pro stabilizované a zlepšené (upravené) zeminy

ČSN 73 3051: 1975 Úprava spraší a sprašových hlín v podloží a zemním tělese dálnic a silnic

ČSN 73 6183 Zlepšení soudržných zemin vápnem

ČSN 73 6133: 1998 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

**ČSN EN 14227-11: 2008 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace -
Část 11: Zeminy upravené vápnem**

**Aktuální normy
pro hydraulicky stmelené silniční směsi
a hydraulicky stmelené vrstvy vozovek**

Pojiva hydraulicky stmelených směsí

Tak jako v minulosti, i v současné době dominují v technologiích zlepšení zemin, stabilizace zemin a stmelení směsí kameniva a zemin bílá vzdušná vápna (úprava zemin) a cementy (stmelení směsí kameniva, stabilizace zemin). Křemičité popílkové a vysokopecní strusky se jako pojivo užívaly ojedinelé a zpravidla se startovacím pojivem (např. popílkové stabilizáty). Tento trend lze očekávat i do budoucna.

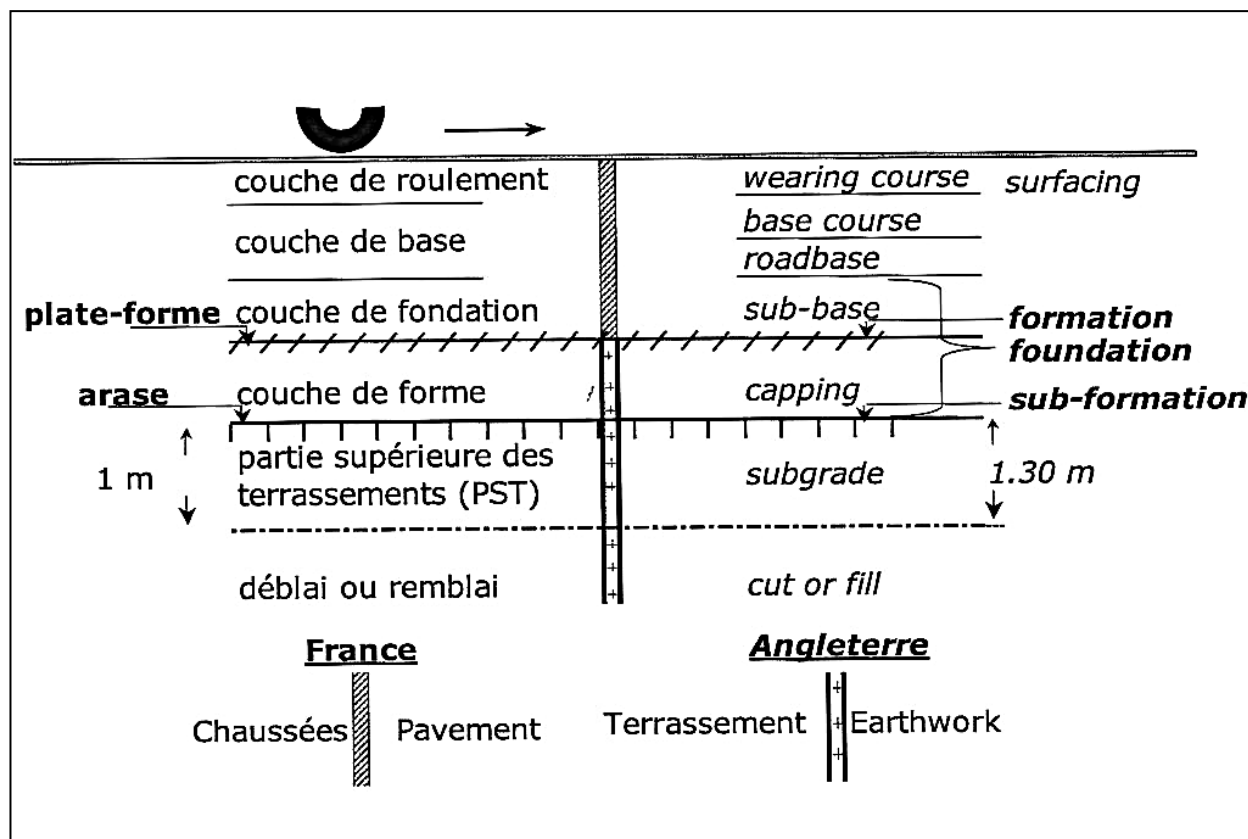
Zavedením ČSN EN 14227-15:2016 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 15: Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy* však musíme nepatrně korigovat české názvosloví. Termín zlepšení je vhodné užívat pro úpravu zemin pojivy v podloží násypů a technologických vrstvách násypů s výjimkou aktivní zóny vozovky. Stabilizace zemin je termín pro úpravu zemin v aktivní zóně vozovky. Stmelení je pak termínem pro hydraulicky stmelené podkladní vrstvy vozovky.

Nedávný stav připomíná následující snímek.

Terminologie podle původní ČSN EN 14227

ČSN EN 14227-10 (cement)	úprava	stmelení (konstrukce vozovky) stabilizace (aktivní zóna podloží vozovky)
ČSN EN 14227-11 (vápno)	úprava	stabilizace (aktivní zóna podloží vozovky) zlepšení (zemní těleso mimo aktivní zónu)
ČSN EN 14227-12 (struska)	úprava	úprava (konstrukce vozovky a zemní těleso)
ČSN EN 14227-13 (silniční pojivo)	úprava	úprava (konstrukce vozovky a zemní těleso)
ČSN EN 14227-14 (popílek)	úprava	úprava (konstrukce vozovky a zemní těleso)

Konstrukce silničního tělesa v pojetí frankofonních a anglofonních regionů



české pojetí konstrukce

kryt (jednovrstvý nebo dvouvrstvý)

podklad (jednovrstvý až třívrstvý)

aktivní zóna (násyp nebo zářez)

podloží (násyp nebo zářez)

Aktuální normy pro stabilizované a stmelené směsi a vrstvy

**ČSN EN 14227-15: 2016 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace -
Část 15: Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy**

ČSN 73 6133:2010 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

**ČSN EN 14227-1: 2013 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 1: Směsi z kameniva stmelené cementem**

**ČSN EN 14227-2: 2013 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 2: Směsi z kameniva stmelené struskou**

**ČSN EN 14227-3: 2013 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 3: Směsi z kameniva stmelené popílkem**

**ČSN EN 14227-5: 2013 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace –
Část 5: Směsi z kameniva stmelené hydraulickými silničními
pojivy**

**ČSN 73 6124-1: 2016 Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými
pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody**

Aktuální normy pro pojiva hydraulicky stmelených směsí

Pojiva silničních hydraulicky stmelených směsí

V posledních patnácti letech se na trhu začala objevovat směsná pojiva s převažující hydraulickou reakcí nebo karbonatací. Tuto dobu zhruba kopíruje i vývoj evropské normy EN 13282 pro hydraulická silniční pojiva. S účinností od 1. listopadu 2015 byla vydána i poslední, dosud chybějící část této normy (ČSN EN 13282-2 Hydraulická silniční pojiva – Část 2: Normálně tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva - Složení, specifikace a kritéria shody). Zároveň ke stejnému datu byla z důvodu změny evropské legislativy revidována i ČSN EN 13282-3 (Hodnocení shody), která v původním znění platila od 1.9.2013, obdobně jako ČSN EN 13282-1 (Rychle tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva).

Tím se soubor norem pro pojiva hydraulicky stmelených směsí stal úplný. Je však zapotřebí podotknout, že zrušením ČSN EN 14227-11:2008 (zlepšení a stabilizace zemin vápnem) byla ze specifikace hydraulicky stmelených směsí v EN 14227-15 vyloučena technologie zlepšení zemin vápnem.

Pojiva silničních hydraulicky stmelených směsí

Obvyklá a hojně užívaná

- Cementy (ČSN EN 197-1 ed.2: 2012)
- Vápna (ČSN EN 459-1 ed.3: 2015)
- Hydraulická silniční pojiva (ČSN EN 13282-1: 2013, ČSN EN 13282-2: 2015)

Méně užívaná a regionální

- Strusky (ČSN EN 14227-2: 2013, ČSN EN 15167-1: 2006)
- Popílky (ČSN EN 14227-4: 2013, ČSN EN 450-1: 2013)
- Pojiva podle národní legislativy

Cementy

ČSN EN 197-1 ed.2. rozlišuje pět druhů cementů pro obecné použití podle jejich složení. Jsou značeny:

- CEM I** Portlandský cement
- CEM II** Portlandský cement směsný
- CEM III** Vysokopecní cement
- CEM IV** Pucolánový cement
- CEM V** Směsný cement

Cementy

V kombinaci s pevnostními třídami dokumentuje norma celkem 27 výrobků skupiny cementů pro obecné použití a 7 výrobků skupiny síranovzdorných cementů pro obecné použití.

K výrobě hydraulicky stmelených směsí jsou použitelné pouze některé, především druh CEM II o nižší třídě pevnosti. Pokud možno je výhodnější používat cementy s normální (N) a nízkou počáteční pevností (L).

Obvyklou výrobní technologií je mix-in-plant. Nejvíce užívaným cementem pro stmelení směsi kameniva (zemin) je EN 197-1-CEM II/B-S 32,5 R, tj. portlandský struskový cement s vysokou počáteční pevností.

Třídy pevnosti cementů pro obecné použití podle ČSN EN 197-1 ed.2

Třída	Pevnost v tlaku (MPa)			
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost	
	po 2 dnech	po 7 dnech	po 28 dnech	
32,5 L	-	$\geq 12,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5 N	-	$\geq 16,0$		
32,5 R	$\geq 10,0$			
42,5 L ^[1]	-	$\geq 16,0$	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5 N	$\geq 10,0$			
42,5 R	$\geq 20,0$			
52,5 L ^[1]	$\geq 10,0$		$\geq 52,5$	-
52,5 N	$\geq 20,0$			
52,5 R	$\geq 30,0$			

^[1] Třída pevnosti určená pouze pro vysokopecní cementy

Vápna

Původní evropská norma EN 14227-11 pro zeminy upravené vápnem vyžadovala použití nehašeného nebo hašeného bílého vápna tříd CL 90 a CL 80 a to jak pro technologii zlepšení, tak technologii stabilizace zemin. V důsledku dostatečných zkušeností z praxe, bylo v národní příloze ČSN EN 14227-11 umožněno v ČR použití i jiných vzdušných nehašených vápen o nižších třídách a rovněž vápen dolomitických.

Jak ukazuje nová ČSN EN 14227-15: 2016 pro zeminy stabilizované hydraulickými pojivy, byl to krok správným směrem, jelikož současný požadavek normy na vápna již není tak striktní a iracionální. Aplikovat lze vzdušná vápna podle aktuální EN 459-1 ed.3 ve formě nehašeného vápna nebo hašeného vápna v práškové podobě nebo jako vápenné mléko.

Naprosto kontraproduktivní a neracionální je eliminace stavebních vápen s hydraulickými vlastnostmi z požadavku EN 14227-15 na použitelná vápna jako pojiva.

Vápna

O to více překvapuje, že při liberalizaci nároku na pojivo se z původní EN 14227-11 do EN 14227-15 převádí pouze technologie stabilizace zemin (viz Předmluva EN 14227-15). Tím je možnost použití vzdušných vápen o nižších třídách do určité míry popřeno, jelikož tato pojiva byla příznivá (dostatečná a levnější) především pro aplikaci technologie zlepšení zemin.

V důsledku není rovněž zřejmé, z jakého důvodu neumožňuje norma použití vápen s hydraulickými vlastnostmi, které vedle karbonatace více či méně tuhnou i hydraulickou reakcí.

V české silniční praxi se vápna jako pojiva užívají výhradně v konstrukcích zemních těles.

Hydraulická silniční pojiva

Hydraulická silniční pojiva ve smyslu EN 13282 (částí 1 a 2) jsou suchá prášková pojiva vyráběná průmyslovou cestou k přímému použití na stavbě. Hydraulická reakce, tedy tuhnutí při plné saturaci vodou se zachováním pevnosti pod vodní hladinou je předpokladem.

Norma je harmonizována a výrobek, uváděný na trh evropské unie musí být opatřen štítkem (systém posuzování a ověřování stálosti vlastností 2+).

Hydraulická silniční pojiva jsou směsná, resp. obsahují jednu nebo více majoritních složek s hydraulickou reakcí a složky minoritní, případně aditiva.

EN 13282 Hydraulická silniční pojiva

Zahrnuje 3 části

- Část 1: Rychle tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva – Složení, specifikace a kritéria shody (ČSN EN 13282-1: 2013)
- Část 2: Normálně tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva – Složení, specifikace a kritéria shody (ČSN EN 13282-2: 2015)
- Část 3: Hodnocení shody (ČSN EN 13282-3: 2013)

Hydraulická silniční pojiva

K hlavním složkám (hmotnost v pojivu nad 10 %) patří:

- portlandský slínek (K)
- granulovaná vysokopecní struska (S)
- přírodní pucolán (P), včetně přírodního kalcinovaného (Q)
- popílky (křemičité V, vápenaté W)
- kalcinovaná břidlice (T)
- vápenec (L, LL)

Hydraulická silniční pojiva

Části 1 a 2 normy rozlišují pojiva rychle a normálně tvrdnoucí. U rychle tvrdnoucích pojiv (označovaných E) lze jako hlavní složku použít rovněž hašené bílé vápno (CL-S) a přírodní hydraulické vápno (NHL) podle ČSN EN 459-1 ed.2 (aktuálně ČSN EN 459-1 ed.3).

V případě normálně tvrdnoucích pojiv (označovaných N) to jsou fluidní křemičitý popílek (Va) a nehašený vápenatý popílek s aktivním CaO (Wa), popílek ze spalování papírenského kalu (WP), krystalická vysokopecní struska (Sb) z přeměny surového železa na ocel oxidační metodou a nehašené nebo hašené bílé vápno (CL-Q, CL-S) nebo přírodní hydraulické vápno (NHL).

V případech, kdy nejsou hlavní složky výrobkem, specifikuje ČSN EN 13282-2 některé jejich fyzikální a chemické vlastnosti (limity pro použití).

Minoritní složky (pod 10 % hmotnosti pojiva) jsou voleny tak, aby zvýšily účinnost pojiva nebo zlepšily jeho vlastnosti. Nesmí snižovat efekt působení hlavní hydraulické složky. Totéž se týká i přísad (pod 1 % hmotnosti pojiva).

Hydraulická silniční pojiva

Při zjednodušeném pohledu nabízí část 1 i část 2 normy čtyři třídy pevnosti hydraulických silničních pojiv.

Vzhledem k charakteru rychle a normálně tvrdnoucích pojiv stanovuje se počáteční pevnost (sedmidenní) pouze u pojiv rychle tvrdnoucích. Normalizovaná pevnost pak po 28 dnech. Normalizovaná pevnost v tlaku normálně tvrdnoucích pojiv se testuje po 56 dnech.

Z parametrů v tabulkách je zřejmé, že třídy pevnosti hydraulických silničních pojiv účelně doplňují řadu pevnostních tříd cementů pro obecné použití (32,5; 42,5; 52,5) podle ČSN EN 197-1 ed.2. K určitému překrytí v parametru pevnosti dochází ve třídách E 4 a E 4-RS (ČSN EN 13282-1) se třídami 32,5 L a 32,5 N (ČSN EN 197-1 ed.2).

Třídy pevnosti rychle tvrdnoucích pojiv podle ČSN EN 13282-1

Třída	Pevnost v tlaku (MPa)		
	po 7 dnech	po 28 dnech	
E 2	$\geq 5,0$	$\geq 12,5$	$\leq 32,5$
E 3	$\geq 10,0$	$\geq 22,5$	$\leq 42,5$
E 4	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
E 4-RS ^[1]	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	-

^[1] Třída pro rychle tvrdnoucí hydraulické pojivo s rychlým tuhnutím

Třídy pevnosti normálně tvrdnoucích pojiv podle ČSN EN 13282-2

Třída	Pevnost v tlaku (MPa)	
	po 56 dnech	
N 1	$\geq 2,5$	$\leq 22,5$
N 2	$\geq 12,5$	$\leq 32,5$
N 3	$\geq 22,5$	$\leq 42,5$
N 4	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$

Hydraulická silniční pojiva

Vzhledem k technologii provádění konstrukcí staveb dopravní infrastruktury jsou žádoucí spíše pojiva s normální (pomalejší) dobou tvrdnutí. Je to proto, že jednu z nejvýznamnějších rolí, vedle pevnosti nebo únosnosti má doba zpracovatelnosti směsi, která je pro výrobu metodou mix-in-place nebo delší transportní vzdálenost při výrobě metodou mix-in-plant, určující.

Rychle tvrdnoucí pojiva jsou pak dobře uplatnitelná při krátkých dopravních vzdálenostech a v případě rychlé výstavby (např. rekonstrukce dálnic).

Strusky

Vedle specifikace směsí, v nichž je jako pojivo použita struska umožňuje ČSN EN 14227-2 pro stmelené směsi kameniva použít granulovanou vysokopecní strusku, částečně mletou granulovanou vysokopecní strusku nebo mletou granulovanou vysokopecní strusku vyhovující požadavkům ČSN EN 15167-1. Požadavky pro první dva typy určuje samotná část 2, této normy.

ČSN EN 14227-15 pro stabilizaci zemin připouští aplikaci granulované vysokopecní strusky podle ČSN EN 15167-1 a částečně mleté granulované vysokopecní strusku s odkazem na kritéria ČSN EN 14227-2.

ČSN EN 15167-1 je harmonizovanou normou se systémem prokazování shody 1+ (dosud v režimu CPD). ČSN EN 14227 harmonizována není. Vysokopecní struska jako pojivo reaguje hydraulickou reakcí, na rozdíl od vzduchem chlazené ocelářské strusky již charakterizuje především proces karbonatace. Za určitých podmínek (např. objemové stálosti) se ocelářská struska používá jako plnivo a nikoli jako pojivo směsí.

Popílky

Na rozdíl od strusky jsou požadavky na popílky jako pojiva separovány do části 4 ČSN EN 14227. Směsi kameniva stmelené popínkem jsou pak specifikovány ČSN EN 14227-3 a zeminy stabilizované popínkem ČSN EN 14227-15.

ČSN EN 450-1 (křemičitý popílek do betonu) v textu EN 14227 slouží pouze jako terminologický odkaz na harmonizovanou evropskou normu.

Obě specifikační normy připouštějí použití jak křemičitého, tak vápenatého popínku.

Alumosilikátový (křemičitý) popílek má pucolánové vlastnosti, které je účelné zvýraznit startovacím pojivem, nejlépe v podobě vápna (volného nebo v cementu).

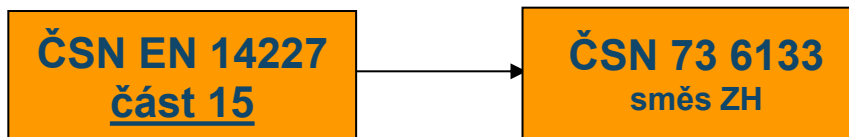
Sulfátovápenatý (vápenatý) popílek vykazuje jak pucolánový efekt, tak hydraulickou reakci a lze jej tedy použít i jako solitérní pojivo pro směsi s omezenou axiální pevností.

Závěr

(pokud jej lze vzhledem k vývoji EN učinit)

Aplikovatelnost pojiv v konstrukcích silničního tělesa

Obr.1 Schéma pro zhotovení technologické vrstvy zemního tělesa (aktivní zóny) ze zeminy stabilizované pojivy (specifikace směsi → provedení vrstvy)



Obr.2 Schéma pro zhotovení konstrukční vrstvy vozovky ze směsi kameniva stmelené pojivy (specifikace kameniva → specifikace směsi → provedení vrstvy)



Obr.3 Schéma pro zhotovení konstrukční vrstvy vozovky ze zeminy stmelené pojivy (specifikace směsi → provedení vrstvy)



Závěr

I když je soubor norem pro pojiva hydraulicky stmelených směsí aktuálně kompletní, nejedná se o konečný stav a to nejen s pohledu evropské legislativy uplatňující periodickou pětiletou revizi norem.

Důkazem může být i ztráta technologie zlepšení zemin nejen vápnem ze členěné specifikační normy pro hydraulicky stmelené silniční směsi EN 14227. Důvodem není jiný princip reakce pojiva s plnivem směsi, jelikož norma nadále používá pojiva reagující karbonatací (stabilizace zemin vápnem, použití normálně tvrdnoucích silničních pojiv na bázi vápna).

Rovněž převedení liberální škály pojiv a rozsáhlé nabídky hydraulicky stmelených a stabilizovaných směsí (nabízených EN) do národní aplikační normy pro konstrukční vrstvy vozovek ČSN 73 6124-1 není vždy racionální. Často používáme národní limity eliminující použití některých plniv a pojiv.

Závěr

I tak můžeme konstatovat, že soubor norem pro pojiva hydraulicky stmelených silničních směsí je aktuálně úplný.

Specifikační normy pojiv měly dlouhodobý vývoj. Některé slouží přímo pro silniční stavitelství, jiné mají svou majoritu pro jiná použití (cementy, vápna, částečně strusky a popílký).

Přirovnání doby platnosti norem ke krátké životnosti kuželek při bowlingu je zde namístě.

Jak se zdá, může být koulí, která kuželky poněkud rozmetá příprava evropské normy pro zemní práce (prEN 16907 Earthworks) jejíž část 4 nese název Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy (Norma je ve finálním draftu před schválením a pokud bude převzata do ČSN v původním znění nebo v národní verzi můžeme ji očekávat v příštím roce).

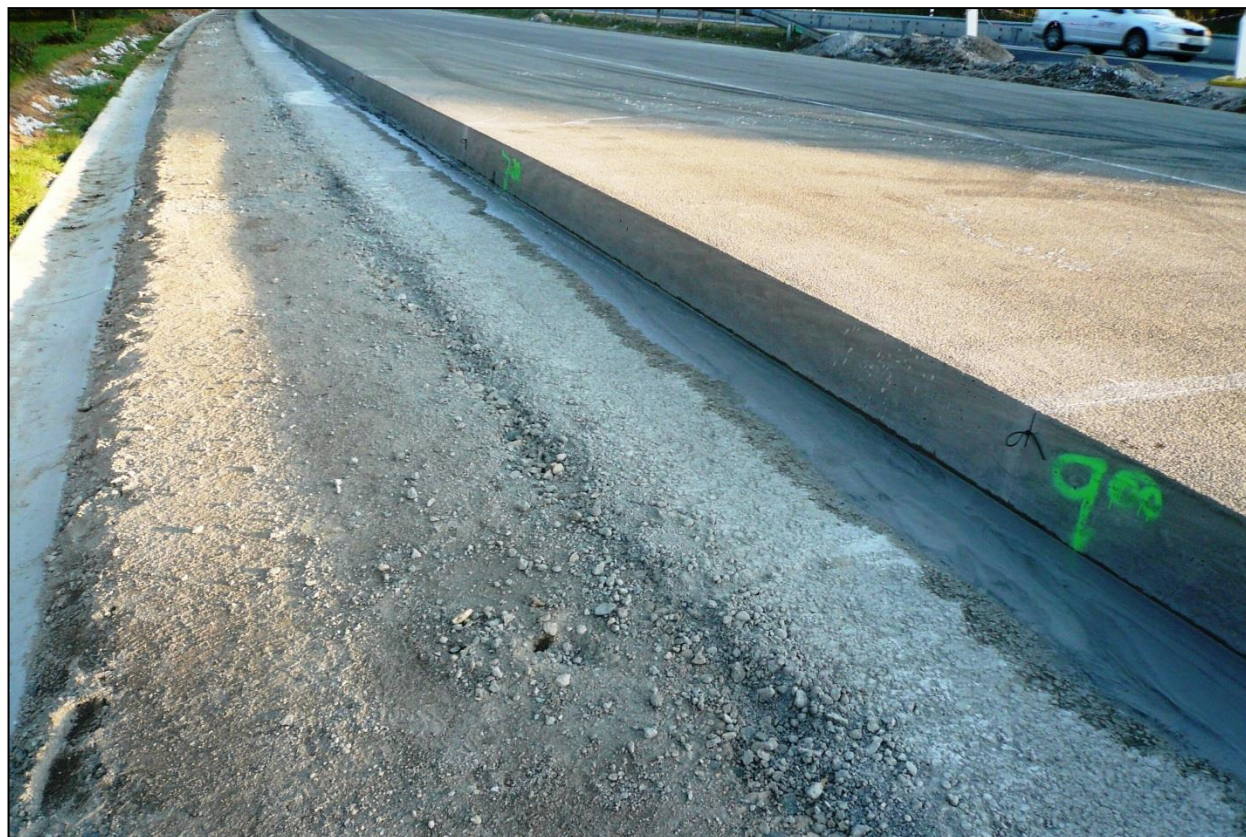
Závěr

Norma zavádí v části 2 nový klasifikační systém zemin. Jelikož však není část 4 přímo tímto systémem vázána, bude ji možno použít individuálně. Definuje technologie zlepšení a stabilizace zemin (souhrnně úpravu zemin) a rovněž zná oba klasifikační systémy (CBR, R_c), čímž její aplikovatelnost přesahuje do kompetence EN 14227.

Prozatím tedy platí, že od 1. srpna letošního roku není technologie zlepšení zemin vápnem v ČSN definována. To platí i o úpravě procesem (principem) zlepšení zemin i pro ostatní pojiva. ČSN EN 14227-15 tedy aktuálně specifikuje směsi pro stabilizaci a stmelení zemin, tj. hydraulicky stmelené směsi aktivní zóny a podkladních vrstev vozovky. To je skutečnost, která má od 1.8.2016 dopad na aktuální znění ČSN 73 6133 a některé předpisy Ministerstva dopravy ČR (TP 94, TKP 4).

Vypadá to, že i tak pár kuželek zůstane prozatím stát.

Děkuji za pozornost!



STRABAG
TEAMS WORK.

