

PODKLADNÍ VRSTVY A PODLOŽÍ VOZOVEK

EN 16907-4 Zemní práce – Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Ing. Jaroslav Havelka, TPA ČR, s.r.o.

28.11.2018

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC



Úvod

Již více než rok je platná a závazná technická normalizační informace České agentury pro standardizaci TNI prEN 16907 Zemní práce o zavedení EN 16907 Earthworks do soustavy českých norem. Návrh normy je po kladném formálním hlasování a aktuálně nic nebrání, aby jejích šest částí bylo vydáno (v anglické verzi).

V roce 2009 byla Evropským výborem pro normalizaci (CEN) založena technická komise TC 396 Earthworks. Cílem práce této komise bylo, pod předsednictvím Francie a jejího sekretariátu Afnor vypracovat evropskou normu pro navrhování a provádění zemních prací pro všechna stavební odvětví, resp. všechny druhy geotechnických konstrukcí.

Téma

V příspěvku se věnuji části 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy. Účelem je vyvolat diskusi, v čem lze výhodně tuto část normy využít pro předpisovou základnu v českém silničním stavitelství, resp. pro stavby dopravní infrastruktury v České republice.

Úvod

Členění TNI (normy):

- TNI prEN 16907-1 Část 1: Zásady a obecná pravidla
- TNI prEN 16907-2 Část 2: Klasifikace materiálů
- TNI prEN 16907-3 Část 3: Stavební postupy
- TNI prEN 16907-4 Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy
- TNI prEN 16907-5 Část 5: Kontrola kvality
- TNI prEN 16907-6 Část 6: Rekultivace pozemků materiálem těženým z vody
- (prEN 16907-7 Part 7: Hydraulic placement of mineral waste)

Úvod



Zlepšení zemin násypu průmyslového areálu vícesložkovým pojivem na bázi vápna (2016).

Úvod



Zlepšení zemin minerálního těsnění skládky odpadů vápnem (2006).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Vývoj čtvrté části normy

Technická komise 396 zadala jedné ze svých pracovních skupin (WG 3) zpracování části evropské normy pro úpravu zemin při zemních pracích, a to nezávisle na práci komise 227 (silniční materiály), resp. na práci její skupiny WG 4, která má v gesci specifikaci hydraulicky stmelených silničních směsí (EN 14227).

Rozdíl v přístupu obou technických komisí lze spatřovat především v pojetí zpracovávaných částí norem. EN 16907-4 je zaměřena především na **pracovní postupy** a jejich popis. EN 14227, části 10-14 měly těžiště ve **specifikaci směsí** zemin s jednotlivými typy pojiv. Je však zřejmé, že obě linie mají k sobě velmi blízko, ať již aplikací totožných typů pojiv nebo použitím identických postupů v systémech posuzování.

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Vývoj čtvrté části normy

Za přelomové období ve zpracování obou norem lze považovat rok 2014. Tomu předcházela koordinace prací mezi TC 396 a TC 227. V TC 396 došlo k oddělení pracovní podskupiny pro úpravu zemin. To mělo dopad na konečné rozdělení EN 16907 do jednotlivých částí.

V této době již byla komisí 227 připravena změna EN 14227. Části 10-14 byly formálně sloučeny a nahrazeny *Částí 15: Zeminy **stabilizované** hydraulickými pojivy*.

Do této části však, po vzájemné dohodě **nebyla implementována technologie zlepšení zemin vápnem** podle původní EN 14227-11. EN 14227-15 je tedy normou výhradně pro specifikaci směsí určených ke **stabilizaci zemin v dopravním stavitelství** (termíny zlepšení zemin nebo úprava zemin tato část normy nezná).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Termíny a definice EN 16907-4

Úprava zemin (soil treatment) – obecný název označující proces zaměřený na úpravu zeminy tak, aby výsledná směs, po přidání pojiva nebo kombinace pojiv do zeminy, mohla splnit určený záměr. Úprava zahrnuje obě technologie zlepšení a stabilizaci.

Zlepšení zemin (soil improvement) – postup zlepšující fyzikální vlastnosti zemin (krátkodobě) nebo obecněji vlastnosti materiálu (jako jsou vlhkost, plasticita, citlivost vůči vodě a mrazu, zhutnitelnost a bobtnací potenciál) po přidání pojiva. Dávka pojiva nemusí být dostatečná k vyvolání důležitých stálých vlastností.

Stabilizace zemin (soil stabilization) – postup spočívající v získání homogenní směsi zeminy s pojivy a případně s vodou, která po důkladném zhutnění významně mění (obecně střednědobě nebo dlouhodobě) vlastnosti zeminy způsobem, který ji učiní stabilní, speciálně s ohledem na působení vody a mrazu. Stabilizace dodává neměnnou charakteristiku směsi, která může být měřena metodami typickými pro pevné materiály.

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy



Zlepšení zemin podloží násypu vápnem. Dálnice D11 (2002).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy



Stabilizace zemin aktivní zóny pojivem na bázi vápna. VPD Kbely (2005).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy



Stabilizace zemin spodní podkladní vrstvy cementem. Dálnice D1 (2014).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Termíny a definice

Účelem ***zlepšení zemin*** je poskytnout jednu nebo více z následujících vlastností:

- schopnost nakládání obvyklými zemními stroji
- schopnost být uspokojivě zhutnitelná ve vrstvách
- schopnost být pojížďena a umožnit překrytí další vrstvou
- přípravu materiálu pro následnou úpravu

Účelem ***stabilizace zemin*** je poskytnout jednu nebo více z následujících vlastností:

- schopnost odolávat vertikálnímu, horizontálnímu a smykovému statickému zatížení
- schopnost odolávat dynamickým zatížením
- schopnost odolávat vodě
- schopnost odolávat mrazu

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy



Dvoustupňová úprava škváry železničního spodku ŽST Cheb (2018).

1. Zlepšení chemických vlastností vápnem
2. Stabilizace hydraulickým pojivem

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Členění EN 16907-4:

- 1. **Předmět normy** (rozsah působnosti, požadavky na složky směsí, klasifikace směsí, provádění, kontrola)
- 2. **Normativní reference** (seznam norem nezbytných k aplikaci EN 16907-4)
- 3. **Termíny a definice** (složky směsí, technologie úprav, pracovní postupy a zařízení)
- 4. **Symboly a zkratky** (obvyklé, konformní s ČSN EN 14227-15)
- 5. **Složky směsí** (zeminy, slabě a středně zpevněné horniny, recyklované a umělé materiály, pojiva a voda)
- 6. **Směsi** (vyjádření obsahu složek ve směsi, časová dokumentace dávek pojiv)
- 7. **Metodika laboratorního zkoušení** (popis materiálů a pojiv, proveditelnost a zpracovatelnost, protokoly)
- 8. **Klasifikace směsí** (kategorie vlastností pro zlepšení nebo stabilizaci, systémy klasifikace)
- 9. **Provádění a kontrola** (proveditelnost, předpoklady, strojní sestava, volba technologie, podmínky, shoda)

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Informativní přílohy EN 16907-4:

- A. Výroba zkušebních vzorků pro upravené materiály
- B. Rychlost zatěžování při stanovení pevnosti a modulu
- C. Nedestruktivní seismická metoda pro stanovení mechanických vlastností
- D. Příklad hodnocení citlivosti materiálů na nastavení procentuální dávky pojiva
- E. Příklady klasifikace v čase a režimů zrání pro stanovení mechanických vlastností...
- F. Další požadované vlastnosti na upravené materiály
- G. Polní a laboratorní identifikace obvyklých sirníkových a síranových minerálů
- H. Výrobní zařízení pro úpravu zemin
- I. Fáze úpravy zemin a pracovní postupy
- J. Jiná využití stabilizovaných materiálů
- K. Kontrolní seznam pro stabilizaci zemin na stavbě
- L. Posouzení bezpečnosti
- M. Klimatické a environmentální podmínky
- N. Metoda a diagramy k určení množství vápna potřebného k dosažení hodnoty IPI (IBI)

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Pro EN 16907-4 je významné, že zná a popisuje **obě technologie úpravy zemin** pojivy, tedy **zlepšení zemin** a **stabilizaci zemin**.

Klasifikace směsí zlepšených zemin je v podstatě identická s postupem zrušené ČSN EN 14227-11 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 11: Zeminy upravené vápnem.

Pro technologii zlepšení zemin jsou směsi klasifikovány kategoriemi okamžitého indexu únosnosti (IBI), součinitele stavu vlhkosti (MCV) a mírou zhutnění směsi (DC).

Pokud je zapotřebí posoudit objemovou stálost směsi doporučuje se stanovení kategorie lineárního bobtnání nebo postup pro stanovení objemového bobtnání, které jsou uvedeny v kapitole pro klasifikaci stabilizovaných zemin.

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Některé typické zkoušky směsí a vrstev
při zlepšení nebo stabilizaci zemin v zemním tělese



Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

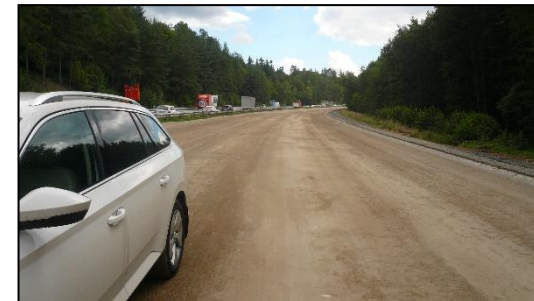
Klasifikace směsí stabilizovaných zemin podle EN 16907-4 je v posuzování čerstvých směsí naprosto shodná s postupy podle ČSN EN 14227-15 (tabulky pro volbu délky a způsobu zrání jsou v obou normách shodné).

Na rozdíl od ČSN EN 14227-15, která pro klasifikaci podle pevnosti v tlaku používá **třídy pevnosti**, jsou v EN 16907-4 uvedeny **kategorie pevnosti** (některé shodné, některé nikoli).

Klasifikace podle mechanických vlastností směsí umožňuje rovněž postupy pomocí stanovení pevnosti v prostém tahu nebo pevnosti v příčném tahu a modulu pružnosti obdobně, jako tomu je v případě ČSN EN 14227-15. Nomogramy závislostí pevností v prostém tahu a modulu pružnosti jsou však rozdílné (jak formálně, tak numericky).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Některé typické postupy
při stabilizaci zemin v podkladních vrstvách



Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy

Britská terminologie používá jednotný termín **krycí vrstva (capping layer)** pro povrchovou (svrchní) vrstvu zemního tělesa, a to bez rozdílu jeho účelu. V české silniční praxi je tato „krycí“ vrstva zemního tělesa označena jako aktivní zóna, do níž zasahují dynamické účinky dopravy a mohou zasahovat klimatické vlivy.

V české terminologii pozemního stavitelství nebo v případě inženýrských staveb však termín pro povrchovou (krycí) vrstvu neexistuje. Občas se užívá termín kontaktní podloží (ve smyslu povrchové vrstvy základové půdy např. pro průmyslové podlahy).

Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy



Stabilizace zemin kontaktního podloží podlahy hangáru (2007).

Národní předpisy

Národní předpisy

V současné době používají národní předpisy v dopravním stavitelství (ČSN 73 6133, ČSN 73 6244, TP 94, TKP 4 aj.) pouze **obecný termín úprava zemin, aniž by specifikovaly rozdílnost technologií zlepšení zemin a stabilizace zemin.**

Do určité míry to je daň za příliš obecné pojetí první verze specifikační normy ČSN EN 14227 z roku 2008, která v částech 12-14 uváděla termín úprava zemin jako jediný.

Národní předpisy

V pojetí technických normalizačních komisí pro zemní práce, silniční materiály aj. jsou Česká republika, resp. Československo považovány za země tzv. druhé vlny v zavádění technologií úprav stavebních materiálů.

Pokud se však podíváme na tehdy platné normy zjistíme, že tomu tak není, jelikož datované dokumenty svědčí o tom, že technologie zlepšení a stabilizace zemin se u nás rozvíjely již od začátku šedesátých let, a to je ve stejné době jako v západních zemích tzv. první vlny (Francie, Velká Británie, Německo aj.).

O zlepšení a stabilizaci zemin tedy můžeme mluvit jako tradičních národních postupech. Téměř ve všech evropských zemích, stejně jako v ČR jsou tyto technologie spjaty především se silničním stavitelství, za podpory ministerstev dopravy, normalizačních a odborných institucí.

Závěr

Závěr

Před necelými deseti lety, kdy se připravovala revize národní normy pro návrh a stavbu zemního tělesa pozemních komunikací (ČSN 73 6133) jsem preferoval vznik nového titulu, před aktualizací původního textu.

K zásadnější změně mě vedla dlouhodobá praktická zkušenost s používáním dosavadní verze normy. Jednotlivé návrhové a stavební postupy nebyly a dosud nejsou vztaženy k horninovému prostředí, ani ke zdrojům stavebních surovin. Zjednodušeně řečeno norma neuvádí, za jakých podmínek je vhodné jednotlivé stavební postupy navrhnout a použít a za jakých nikoli. Navržené technologie řešení zemních konstrukcí tak často odporují optimálnímu, někdy i racionálnímu využití stavebních surovin.

Závěr

Novou a zároveň první evropskou normu pro zemní práce EN 16907 lze i přes svou rozsáhlost (zhruba 450 stran) pokládat za informativní srozumitelný předpis, schopný ilustrovat použití jednotlivých technologií a pracovních postupů při návrhu a realizaci geotechnických konstrukcí, a to pro většinu stavebních odvětví.

Čtvrtá část normy věnovaná úpravě zemin vápnem a hydraulickými pojivy je koncipována analogicky. Na rozdíl od specifikačních norem pro silniční stavitelství neobsahuje přílohu pro řízení výroby směsí. Na druhou stranu je doplněna řadou informativních příloh, z nichž některé byly připojeny vzhledem k národní tradici jednotlivých zemí, některé byly sestaveny přímo pro tuto normu.

Závěr

Z nich pak lze poukázat na velice důležitý postup, upozorňující na potřebnou (nízkou) rychlost zatěžování při stanovení axiální pevnosti zkušebních těles stabilizovaných zemin (příloha B).

Za vhodnou pomůcku lze považovat i přílohy I a K. Příloha K je kontrolním seznamem fází postupu od průkazných zkoušek zemin až po návrh stabilizace zemin. Naopak příloha I vyčerpávajícím způsobem ilustruje pracovní fáze úpravy zemin. Ve zjednodušené podobě jsou jednotlivé fáze seřazeny v tabulce 1.

Z jednotlivých kroků lze pak účelně sestavovat pracovní postupy pro zlepšení nebo stabilizaci zemin. Vždy je však nutno brát na zřetel dobu zpracovatelnosti směsi a jiná specifika konkrétního pracovního prostředí.

Tabulka 1: Fáze úpravy zemin a pracovní postupy

Fáze	Pracovní proces	Krycí vrstvy		Vrstvy násypů
		v násypu	v zářezu	
1	Příprava materiálu	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
2	Přeprava materiálu	Vždy	X	Vždy
3	Rozprostření materiálu	Vždy	X	Vždy
4	Hutnění	Normální	X	Normální
5	Srovnání a reprofilace	Normální	Normální	Pokud nenásleduje další vrstva
6	Hutnění	Normální	Normální	Pokud nenásleduje další vrstva
7	Rozrušení povrchu rozřezávačem	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
8	Dávkování pojiva – 1. dávka (vápno)	Vždy	Vždy	Vždy
9	Výroba směsi (mix-in-place)	Vždy	Vždy	Vždy
10	Úprava vlhkosti a remix	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
11	Dodání vody	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
12	Hutnění	Vždy	Vždy	Vždy

Tabulka 1: Fáze úpravy zemin a pracovní postupy

Fáze	Pracovní proces	Krycí vrstvy		Vrstvy násypů
		v násypu	v zářezu	
13	Srovnání a reprofilace	Vždy	Vždy	Pokud nenásleduje další vrstva
14	Hutnění	Normální	Normální	Pokud je zapotřebí
15	Zrání směsi	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
16	Rozrušení povrchu rozřezávačem	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí	Pokud je zapotřebí
17	Dávkování pojiva – 2. dávka	Vždy	Vždy	Vždy
18	Výroba směsi (mix-in-place)	Vždy	Vždy	Vždy
19	Úprava vlhkosti a remix	Obvykle	Obvykle	Pokud je zapotřebí
20	Hutnění	Vždy	Vždy	Vždy
21	Konečné zarovnění a reprofilace	Vždy	Vždy	Pokud nenásleduje další vrstva
22	Hutnění	Vždy	Vždy	Pokud nenásleduje další vrstva
23	Povrchová ochrana v průběhu výstavby	Vždy	Vždy	Vždy před delší pracovní pauzou
24	Konečná povrchová ochrana	Vždy	Vždy	Vždy

Závěr



Norma rovněž připomíná i některé zkušební postupy, které se postupem revizí národních předpisů z jejich textů vytratily. Zmínit lze kontrolu hrudkovitosti směsi při úpravě soudržných zemin (v ČSN 73 6133 chybí, do TP 94 navracena při revizi v roce 2013 avšak pouze jako optická kontrola).

Závěr

Nebo například kontrolu homogenity směsi (distribuci pojiva po promísení).



Závěr

Norma popisuje některé exogenní vlivy (např. klimatická omezení).



Závěr

Norma doporučuje průzkumné práce před návrhem a provedením úprav zemin.



Závěr

Z pohledu české praxe je tedy EN 16907-4 významná především uceleností. Vzhledem k tomu, že národní zvyklosti členských států jsou někdy rozdílné, např. ve způsobu posuzování směsí v krycích (povrchových) vrstvách zemního tělesa, nelze v normě hledat návod ve které vrstvě např. tělesa pozemních komunikací máme aplikovat systém posuzování mechanických vlastností podle poměru únosnosti nebo pevnosti. To určují až národní prováděcí předpisy.

Závěr

Úprava zemin vápnem a (nebo) hydraulickými pojivy se i nadále bude provádět pracovními postupy **zlepšení nebo stabilizace** na základě návrhových parametrů zemních konstrukcí. Hranice mezi oběma postupy není ostrá.

Pravdou je, že naprosto dominantním pojivem pro technologii **zlepšení zemin** zůstane **bílé vzdušné vápno** (ČSN EN 459-1). Stejně, jako pro postup **stabilizace zemin** jsou a budou nejvíce užívány **vhodné cementy pro všeobecná použití** (ČSN EN 197-1) a **hydraulická silniční pojiva** (ČSN EN 13282). Používání strusky a popílků jako pojiv zůstane s největší pravděpodobností sice významnou, avšak nadále regionální a okrajovou záležitostí.

Závěr

Pro české silniční stavitelství je žádoucí **znovuzavedení termínů zlepšení zemin a stabilizace zemin do národních předpisů**. Obecný termín úprava zemin je vhodný např. pro přípravné dokumentace staveb (DÚR, PDPS, geotechnický průzkum bez průkazných zkoušek aj.).

Důležitou informací dokumentací staveb jsou **návrhové (normové) parametry** vrstvy nebo zemního tělesa a **nikoli volba pojiva s procentuálním dávkováním**, jak tomu často bývá.

Odpovídající normou pro zlepšení zemin v zemním tělese pozemních komunikací je ČSN EN 16907-4, pro stabilizaci zemin v podkladní vrstvě pak ČSN EN 14227-15. Pro návrh a provedení aktivní zóny ze stabilizovaných zemin lze použít obě.

Děkuji za pozornost!

