

METODIKA NÁVRHU, PROVÁDĚNÍ A KONTROLY VELMI HRUBÝCH NESTMELENÝCH SMĚSÍ A VRSTEV

Tato metodika vznikla v rámci řešení projektu TAČR CK03000169
„Vývoj konstrukčních vrstev vozovek s optimalizovanou zrnitostí nahrazující
nedostatkové frakce kameniva“

Autoři: doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně
doc. Ing. Petr Hýzl, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně
prof. Dr. Ing. Michal Varaus, Vysoké učení technické v Brně
doc. Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně

Ing. Petr Mondschein, Ph.D., České vysoké učení technické v Praze

Ing. Kamil Hrbek, Froněk, spol. s r.o.

Květen 2025

OBSAH

1	ÚVOD A CÍLE METODIKY	3
2	POJMY A DEFINICE	3
3	NÁVRH VELMI HRUBÝCH NESTMELENÝCH SMĚSÍ	4
3.1	Úvod	4
3.2	Označení	4
3.3	Požadavky na stavební materiály	4
3.3.1	Obecně	4
3.3.2	Kamenivo	4
3.3.3	Recyklovaný stavební materiál	4
3.4	Požadavky na nestmelenou směs	5
3.4.1	Složení směsi a zrnitost	5
4	UŽITÍ VE VOZOVCE	6
5	PROVÁDĚNÍ A KONTROLA SHODY VELMI HRUBÝCH NESTMELENÝCH SMĚSÍ A VRSTEV ..	6
6	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	7
7	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	7
8	EKONOMICKÉ ASPEKTY	7
9	DEDIKACE NA PROJEKT	8
10	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	8
11	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	8
12	JMÉNA OPONENTŮ A NÁZVY JEJICH ORGANIZACÍ	9
13	PODĚKOVÁNÍ	9
	PŘÍLOHA (informativní)	10

1 ÚVOD A CÍLE METODIKY

Metodika vznikla na základě poznatků získaných v rámci řešení výzkumného projektu Technologické agentury ČR č. CK03000169 s názvem „Vývoj konstrukčních vrstev vozovek s optimalizovanou zrnitostí nahrazující nedostatkové frakce kameniva“.

Hlavním cílem metodiky je popis jedné z možností řešení nedostatku vybraných frakcí drceného kameniva při provádění nestmelených konstrukčních vrstev vozovek a dalších dopravních ploch, ke kterému lokálně dochází v České republice pravidelně především v hlavní silniční stavební sezóně. Nedostatek vhodných frakcí kameniva s sebou přináší nejen problémy technické, ale i ekonomické.

Řešení nedostatku vybraných frakcí drceného kameniva v této metodice spočívá v úpravě rozšíření zrnitosti nestmelených směsí pro podkladní vrstvy vozovek typu štěrkodrt' (ŠD_B) a mechanicky zpevněné zeminy (MZ). Konkrétně se jedná o navrhování a použití jejich velmi hrubozrnných variant, u kterých je možné použít, díky rozšířeným zrnitostem, větší spektrum nestmelených materiálů jednotlivých použitých frakcí kameniva i pro kamenolomy a výroby kameniva, které ve stávajícím výrobním programu nemají zahrnuto sekundární a terciální drcení kameniva.

V rámci řešení výše uvedeného projektu byly nejprve porovnány volumetrické a mechanické parametry nestmelených směsí pro podkladní vrstvy vozovek typu ŠD_B ve frakci 0/90 a MZ ve frakci 0/125 mm. Jednotlivé varianty návrhů nestmelených směsí byly prováděny s využitím dvou typů hornin:

- a) čediče – jako typické horniny, vyskytující se v Čechách
- b) moravské droby – jako typické horniny, vyskytující se v moravské části ČR.

Na základě získaných výsledků bylo možné konstatovat, že výše uvedené rozšíření zrnitosti nestmelených směsí dosahují srovnatelných parametrů ve srovnání s běžně doposud používanými zrnitostmi uvedených nestmelených směsí.

Pro porovnání výsledků navržených směsí s rozšířenou zrnitostí byla zásadní realizace zkušebního úseku s použitím směsí frakce 0/90 a 0/125 mm. Po statistickém vyhodnocení výsledků a poznatků z realizace pokusného úseku byla sestavena tato metodika.

2 POJMY A DEFINICE

Metodika nově definuje pojem:

Velmi hrubá štěrkodrt': Nestmelená směs s plynulou čarou zrnitosti s maximální velikostí zrna kameniva 90 mm, určená pro podkladní vrstvy vozovek místních komunikací, parkovišť a jiných dopravních ploch.

Velmi hrubá mechanicky zpevněná zemina: Nestmelená směs s plynulou čarou zrnitosti s maximální velikostí zrna kameniva 125 mm, určená pro úpravu podloží vozovek a spodní podkladní vrstvy vozovek místních komunikací, parkovišť a jiných dopravních ploch.

3 NÁVRH VELMI HRUBÝCH NESTMELENÝCH SMĚSÍ

3.1 ÚVOD

Tato kapitola uvádí požadavky pro směsi velmi hrubé šterkodrti (ŠD_B) a mechanicky zpevněné zeminy (MZ) pro použití ve vozovkách místních pozemních komunikací, parkovišť a jiných dopravních ploch.

3.2 OZNAČENÍ

Označení velmi hrubé šterkodrti pro podkladní vrstvy podle použité frakce kameniva:

ŠD_B 0/90

Frakce 0/90 mm představuje maximální široké zrnění kameniva použitelné pro nestmelenou podkladní vrstvu vozovek a jiných dopravních ploch.

Označení velmi hrubé mechanicky zpevněné zeminy pro podloží vozovek a spodní podkladní vrstvy podle použité frakce kameniva:

MZ 0/125

Frakce 0/125 mm představuje maximální široké zrnění kameniva použitelné pro nestmelenou spodní podkladní vrstvu vozovek a jiných dopravních ploch a podloží vozovek.

Použití ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 pro třídy dopravního zatížení (TDZ) je uvedeno v Tabulce 3.

Označení velmi hrubé šterkodrtě a mechanicky zpevněné zeminy se doplňuje:

– o tloušťku vrstvy v milimetrech a označením odpovídající normy:

PŘÍKLAD: Velmi hrubá šterkodrt' pro nestmelenou podkladní vrstvu vozovky s velikostí max. zrna 90 mm, tloušťka vrstvy 250 mm, podle ČSN 73 6126-1.

ŠD_B 0/90; 250 mm; ČSN 73 6126-1.

PŘÍKLAD: Velmi hrubá mechanicky zpevněná zemina pro spodní podkladní vrstvu vozovky s velikostí max. zrna 125 mm, tloušťka vrstvy 300 mm, podle ČSN 73 6126-1.

MZ 0/125; 300 mm; ČSN 73 6126-1.

3.3 POŽADAVKY NA STAVEBNÍ MATERIÁLY

Pro požadavky na stavební materiály platí kapitola 4 ČSN EN 13242+A1+A2 a dále níže uvedená ustanovení.

3.3.1 OBECNĚ

Podle článku 4.1 ČSN EN 13242+A1+A2 je nutnost zkoušení kameniva omezena podle určeného či konečného použití nebo původu směsi kameniva.

3.3.2 KAMENIVO

Požadavky jsou uvedeny v Tabulce 1.

3.3.3 RECYKLOVANÝ STAVEBNÍ MATERIÁL

Použití recyklovaného stavebního materiálu do nestmelených směsí je stanoveno v technických podmínkách Ministerstva dopravy TP 210 (2024).

3.4 POŽADAVKY NA NESTMELENOU SMĚS

Pro požadavky na nestmelenou směs platí kapitola 4 ČSN EN 13285:2011 a dále uvedená ustanovení.

3.4.1 SLOŽENÍ SMĚSI A ZRNITOST

Obory zrnitosti nestmelených směsí uvedených v Tabulce 6 jsou specifikovány za použití základní řady sít plus sít řady 1 a podle ČSN EN 13242, což vyplývá ze sortimentu frakcí kameniva vyráběných v ČR.

Tabulka 1 – Požadavky na kamenivo do velmi hrubých nestmelených směsí ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 pro podkladní vrstvy podle ČSN EN 13285:2011

Podkladní vrstvy ^a			
Článek normy, tabulka	Typ	šterkodrt'	Mechanicky zpevněná zemina
	Označení směsi	ŠD _B 0/90	MZ 0/125
Požadavky na drobné kamenivo a směs kameniva			
4.3.1, tabulka 2	Všeobecné požadavky na zrnitost směsi kameniva G_A	G_{A85}	Viz. požadavky na nadsítné pro směs kameniva dle tabulky NA.2 ¹⁾ v ČSN EN 13285
4.6 tabulka 8	Obsah jemných částic f	Viz. požadavky na max. obsah jemných částic pro směs kameniva dle tabulky NA.2 ¹⁾ ČSN EN 13285	
4.7 tabulka A, bod b)	Kvalita jemných částic SE_{min} (podle ČSN EN 933-8)	SE₃₀	
Požadavky na hrubé kamenivo			
4.4 tabulka 6	Tvarový index SI	SI₅₅	
5.2 tabulka 9	Odolnost proti drcení LA	LA₆₀	
7.3.2 tabulka 19	Nasákavost WA₂₄	WA₂₄NR	
7.3.3 tabulka 21	Trvanlivost síranem hořečnatým ²⁾	MS₁₈	
¹⁾ Pro mechanicky zpevněnou zeminu (MZ) je možno použít materiál z místních zdrojů, např. z trasy komunikace, nestandardní materiál z výroby kameniva, recyklát směsný dle TP 210.			
²⁾ Pokud trvanlivost kameniva zkouškou síranem hořečnatým podle ČSN EN 1367-2 splňuje uvedené požadavky, lze kamenivo považovat za mrazuvzdorné a není nutné stanovovat odolnost proti zmrazování a rozmrazování kameniva dle ČSN EN 1367-1.			

Tabulka 2 – Požadavky na nestmelené směsi ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 pro podkladní vrstvy podle ČSN EN 13285:2011

Podkladní vrstvy ^a			
Článek normy, tabulka	Vlastnost	šterkodrt'	Mechanicky zpevněná zemina
		ŠD _B 0/90	MZ 0/125
4.3.2 tabulka 2	Maximální obsah jemných částic	UF₁₂	UF₉
4.3.2 tabulka 3	Minimální obsah jemných částic	LF_N	LF₂

4.3.3 tabulka 4	Nadsítné	<i>OC₈₅</i>	<i>OC₉₀</i>
4.4.1 Tabulka 6	Požadavky na zrnitost	<i>G_N</i>	<i>G_E</i>
5.3	Laboratorní srovnávací objemová hmotnost ¹⁾ Optimální vlhkost	<i>Deklarovaná hodnota</i>	
NA.4.5	CBR po sycení ve vodě po dobu 96 hodin ²⁾	bez požadavků	
ČSN 73 6126-1	Vlhkost ³⁾	bez požadavků	
¹⁾ Pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a optimální vlhkosti směsi se použije Proctorova modifikovaná zkouška dle ČSN EN 13286-2 s upravenou vstupní zrnitostí a výpočtem korigované hodnoty dle informativní přílohy Metodiky. Stanovení zhutnitelnosti je informativní a předpokládá se zejména v případě potřeby stanovení množství kubatur a ekonomického zhodnocení při přípravě stavby.			
²⁾ Stanovení poměru únosnosti CBR _{sat} je pro velmi hrubé nestmelené směsi nevhodné. Dle metodiky se nahrazuje kontrolou únosnosti nepřímou metodou stanovení únosnosti nestmelené vrstvy v souladu s tabulkou 4 Metodiky.			
³⁾ Stanovení vlhkosti velmi hrubých nestmelených směsí se provádí dle ČSN EN 1097-5.			

4 UŽITÍ VE VOZOVCE

Užití velmi hrubých nestmelených vrstev ve vozovce podle typu konstrukční vrstvy a třídy dopravního zatížení je uvedeno v tabulce 3:

Tabulka 3 – Užití nestmelené vrstvy ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 ve vozovce

Vrstva	Doporučená třída dopravního zatížení podle TP 170	
	Spodní podkladní vrstva	Podloží vozovky
Velmi hrubá šterkodrt' ŠD _B 0/90	III, IV, V a VI	-
Velmi hrubá mechanicky zpevněná zemina MZ 0/125	V, VI	bez omezení
Pozn. Pro místní a účelové komunikace, parkovací a odstavné plochy TDZ VI je možné ŠD _B 0/90 použít jako horní podkladní vrstvu.		

Tloušťka samostatně položené podkladní vrstvy ŠD_B 0/90 je 250 mm, maximálně 300 mm.

Tloušťka samostatně položené podkladní vrstvy MZ 0/125 je 300 mm.

5 PROVÁDĚNÍ A KONTROLA SHODY VELMI HRUBÝCH NESTMELENÝCH SMĚSÍ A VRSTEV

Provádění a kontrola shody velmi hrubých nestmelených směsí se obecně řídí normou ČSN 73 6126-1.

Tabulka 4 – Požadavky na nestmelené vrstvy ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 podle ČSN 73 6126-1

Vlastnost		Požadavek		Zkouška	Min. četnost
		ŠD _B 0/90	MZ 0/125		
Odchylky od projektových výšek	Max.	±30 mm		nivelací	po 40 m ve 3 bodech profilu
	Průměr	±20 mm			

Nerovnost povrchu max.	Podélná	30 mm	ČSN 73 6175	průběžně po 80 m
	Příčná	20 mm		
Tloušťka vrstvy h	Min.	$0,8 h$	niveací, sondou	po 80 m
	Průměr	$0,9 h$		
Poměr E_{def2}/E_{def1} max.		2,5 ^a	ČSN 72 1006	1 500 m ²
Modul přetvárnosti E_{def2} min. ^b		Pro E_{def2} 30 MPa na podloží 60 MPa na podkladní vrstvě Pro E_{def2} 45 MPa na podloží 70 MPa na podkladní vrstvě Pro E_{def2} 60 MPa na podloží 90 MPa na podkladní vrstvě	ČSN 72 1006	1 500 m ²
Rázový modul deformace M_{vd} (lehká dynamická deska LDD) ^c		Stanoví se na základě korelačních vztahů na místě	ČSN 72 1006	500 m ²
^a Pokud stanovená hodnota E_{def1} dosahuje 60% požadované hodnoty E_{def2} , připouští se i vyšší hodnoty poměru E_{def2}/E_{def1} ^b Požadované minimální hodnoty modulů přetvárnosti musí být splněny i na případných segregovaných místech vrstvy. ^c Zkouškou lze na základě kalibrace doplnit a částečně nahradit zkoušku modulu přetvárnosti E_{def2} .				

6 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

V ČR je v platnosti ČSN 73 6126-1:2019 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění a kontrola shody, která definuje požadavky na přípravu, provádění a kontrolu shody hutněných nestmelených vrstev. Tato norma obecně navazuje na platné evropské normy pro nestmelené směsi, materiály a výrobky, související s výstavbou nestmelených hutněných vrstev a platí pro provádění hutněných nestmelených vrstev pozemních komunikací (včetně nemotoristických komunikací a jiných dopravních ploch), skladovacích ploch; obecně všech dopravních ploch zatěžovaných pozemní dopravou, pokládáných převážně mechanizovaným způsobem.

V případě ČSN EN 13285 je nejednotná specifikace použití velmi hrubých frakcí do nestmelených vrstev. ČSN EN 13285 uvádí ve výčtu používaných frakcí max. 0/90 v tabulce 1 Označení směsi. V tabulce NA.2 je specifikována v pozici velmi hrubých směsí pouze frakce 0/125. Žádná z výše popisovaných norem však dosud nedefinuje požadavky na velmi hrubé nestmelené směsi a vrstvy – tj. ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 mm.

7 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Tato metodika najde uplatnění u investorských organizací (Ministerstvo dopravy ČR, Ředitelství silnic a dálnic s.p., Státní fond dopravní infrastruktury) jako nástroj pro využití možnosti použití velmi hrubých nestmelených směsí při řešení problému lokálního nedostatku drceného kameniva a možnosti dodávek nestmelených směsí z kamenolomů a výroben, které mají výrobu omezenou na široké zrnění kameniva a recyklovaného kameniva (směsí).

Dále bude tato metodika uplatněna jako podklad pro změnu normy ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Provádění a kontrola shody. Nestmelené směsi typu ŠD_B 0/90 a MZ 0/125 budou využity při následné revizi této ČSN.

Nestmelené směsi s velikostí maximálního zrna kameniva 90 a 125 mm jsou běžně používány v některých zemích EU.

8 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Hlavní ekonomický přínos metodiky spočívá v řešení aktuálního nedostatku drceného kameniva při výstavbě konstrukčních vrstev vozovek, ke kterému dochází především v hlavní stavební sezóně. Nedostatek drceného kameniva s sebou přináší nejen problémy technické (prodloužení harmonogramu výstavby, problematika dodržení plánovaných a investorem schválených receptur), ale i ekonomické (ceny aktuálně používaných frakcí kameniva dosahují v rozpočtu neočekávaných změn cen).

9 DEDIKACE NA PROJEKT

Metodika byla zpracována v rámci řešení projektu TAČR CK03000169 „Vývoj konstrukčních vrstev vozovek s optimalizovanou zrnitostí nahrazující nedostatkové frakce kameniva“.

10 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- ČSN 73 6126-1:2019. Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění a kontrola shody.
ČSN EN 13285 (736155) Nestmelené směsi – Specifikace
ČSN EN 13242+A1+A2 (72 1504) Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
ČSN EN 13286-1 (73 6185) Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 1: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Úvod, všeobecné požadavky a odběr vzorků
ČSN EN 13286-2 (73 6185) Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška
ČSN EN 13286-47 (73 6185) Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání
ČSN 73 6126-2 Stavba vozovek – Nestmelené vrstvy – Část 2: Vrstva z vibrovaného štěrku
ČSN EN 933-1 (72 1193) Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor
ČSN EN 933-8+A1:2016 (72 1193) Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 8: Posouzení jemných částic – Zkouška ekvivalentu písku
ČSN EN 933-10 (72 1193) Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 10: Posouzení jemných částic – Zrnitost fileru (prosévání proudem vzduchu)
ČSN EN 1097-2 (72 1194) Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení
ČSN EN 1097-5 (72 1194) Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně
ČSN EN 1097-6 (72 1194) Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti
ČSN EN 1367-1 (72 1195) Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 1: Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování
ČSN EN 1367-2 (72 1195) Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 2: Stanovení odolnosti síranem hořečnatým
ČSN EN 1367-3 (72 1195) Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání – Část 3: Zkouška varem pro rozpadavý čedič
ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin
ČSN 73 6100-1 Názvosloví pozemních komunikací – Část 1: Základní názvosloví
ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování
ČSN 73 6175 Měření a hodnocení nerovnosti povrchů vozovek
TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy, 2025
TP 210 Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do pozemních komunikací, 2024

11 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- [1] TRÁVNÍČEK, D. Segregace směsí do vozovek pozemních komunikací, Brno 2014, diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, vedoucí práce doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
[2] HOLUBEC, M. Návrh okrajových podmínek pro směsi do podkladních vrstev vozovek, Brno 2023, bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, vedoucí práce doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

- [3] LORANGER, B., and col. Assessing soil index parametrs to determine the frost susceptibility of crushed rock aggregates, Elsevier B.V Cold regions science and technology, 2022-05, vol. 197, p. 103489, article 103489
- [4] Yhang, Z.C., Wang, D. P., Gao, L., Evaluation Method of Segregation of Road Concrete, Zurich: Trans Tech Publications Ltd, Applied Mechanics and Materials, 2012-05, vol. 178-181, p.1188-1193
- [5] CAI, Z. Qiu, Ch., Zhang, H. The Bearing and Breakage Characteristics of Crushed Stone Aggregates in the Bedding Course of permeable Roads, Hindawi Publishing Corporation, Adnaces in civil enginnering, 2020, vol. 2020, p.1-9, article 8890672

12 JMÉNA OPONENTŮ A NÁZVY JEJICH ORGANIZACÍ

Ing. Jiří Grošek, Ph.D.; vedoucí oblasti dopravní infrastruktury, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

Ing. Petr Svoboda, tajemník Týmu č. 9 pro kamenivo a jednatel Sdružení pro výstavbu silnic, Praha

13 PODĚKOVÁNÍ

Tato metodika vznikla za finanční podpory projektu CK03000169 s názvem „Vývoj konstrukčních vrstev vozovek s optimalizovanou zrnitostí nahrazující nedostatkové frakce kameniva“, který byl financován s podporou Ministerstva dopravy prostřednictvím Technologické agentury ČR v rámci Programu DOPRAVA 2020+.

PŘÍLOHA (INFORMATIVNÍ)

PROCTOROVA MODIFIKOVANÁ ZKOUŠKA PRO VELMI HRUBOU SMĚS

Příprava vzorku

Laboratorní vzorek se vysuší v sušárně při teplotě $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Potřebné množství materiálu se proseje sítím 22,4 mm. Vážením se zjistí hmotnost propadu a nadsítného zbytku. Minimální hmotnost propadu pod 22,4 mm pro zkoušku je 25 kg. Vliv hrubé frakce se nahrazuje hmotnostním podílem nadsítného. K dílčímu zkušebnímu vzorku frakce 0/22,4 se přidá hmotnostní podíl frakce 16/63 mm jako reprezentativní podíl nadsítného. Tento se stanoví z hmotnosti frakce dílčího vzorku 8/22,4 mm.

Pozn. Velmi hrubá zrna nadsítného nad 63 mm se odstraní ze zkušební vzorku stanovení zhutnitelnosti podle ČSN EN 13286-2. Velmi hrubá zrna se očistí a stanoví se na nich objemová hmotnost hrubých zrn ρ_k dle ČSN EN 1097-6.

Zhutňování vzorku

Zhutňování probíhá v souladu s ČSN EN 13286-2 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška. Použije se forma průměru 150 mm a výšky 120 mm. Každá z pěti zhutňovaných vrstev se upěchuje 56 údery pěchu o hmotnosti 4 500 g a průměru 50 mm, který dopadá na dílčí vrstvu z výšky 450 mm.

Vyhodnocení zkoušky

Vyhodnocení zkoušky je v souladu s ČSN EN 13286-2 korigované o velmi hrubá zrna.

U každého dílčího zkušební vzorku (min. 5 stanovení pro sestavení křivky zhutnitelnosti) se stanovení vlhkosti provede v souladu s ČSN EN 1097-5 na celém objemu vzorku.

Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti suchého materiálu ρ_d se vynesou se na svislou osu, hodnoty příslušných zjištěných vlhkostí na osu vodorovnou. Vynesené body se spojí plynulou křivkou, která na svém vrcholu udává optimální vlhkost a maximální objemovou hmotnost suché zeminy. Na svislé ose se čte $\rho_{d' \max}$ s přesností $\pm 20 \text{ kg/m}^3$.

Pozn. V případě, že křivka zhutnitelnosti nevykazuje jeden vrchol, ale několik se za hodnotící maximum křivky přijme, z důvodů výrazné hrubozrnnosti směsi, první vrchol křivky.

Výsledné hodnoty $\rho_{d, \max}$ a w_{opt} se dále korigují výpočtem (viz. 1.1 a 1.2) z důvodů odstranění velmi hrubých zrn ze vzorku.

Korekce výpočtu maximální objemové hmotnosti suchého materiálu a optimální vlhkosti z důvodu obsahu velmi hrubých zrn:

$$\rho_{d' \max} = \frac{\rho_k \cdot \rho_{d \max}}{\rho_k - 0.01M(\rho_k - \rho_{d \max})}$$

$$w'_{\text{opt}} = 0.01w_{\text{opt}}(100 - M)$$

kde

$\rho_{d' \max}$ je výsledná korigovaná hodnota maximální objemové hmotnosti suchého materiálu s ohledem na velmi hrubá zrna ze vztahu (1.1) $[\text{kg/m}^3]$

$\rho_{d, \max}$ je hodnota maximální objemové hmotnosti suchého materiálu s úpravou zrnitosti provedená dle ČSN EN 13286-2. $[\text{kg/m}^3]$

M je obsah velmi hrubých zrn v odebraném materiálu v procentech (63/90, 63/125)

ρ_k je objemová hmotnost velmi hrubých zrn $[\text{kg/m}^3]$

w_{opt} je hodnota optimální vlhkosti zjištěná Proctorovou modifikovanou zkouškou s upravenou vlhkostí [%]

w'_{opt} je hodnota optimální vlhkosti zjištěná Proctorovou modifikovanou zkouškou s upravenou vlhkostí korigovaná výpočtem (1.2) [%]