

"REKONSTRUKCE ŽST. CHABAŘOVICE"

B.13.1

**GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM A NÁVRH
KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ**

Část E

Návrh konstrukce pražcového podloží

prosinec 2021

2020 - 444

Výtisk č.:

Objednatel: **MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s.**
Legionářská 8
779 00 Olomouc

Zhotovitel: **GeoTec-GS, a.s.**
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10

Název zakázky zhotovitele: Ústí n.L. - Chabařovice, GTP a STP

Zakázkové číslo zhotovitele: 2020 – 444

Úkol / název úkolu: „Rekonstrukce žst. Chabařovice“

Název zprávy: E - Návrh konstrukce pražcového podloží

Praha, prosinec 2021

Zpracovali: Ing. Antonín Kropáček

Ing. Daniel Galko
odpovědný řešitel

Schválil: Mgr. Filip Dudík
ředitel společnosti

OBSAH:

1. ÚVOD.....	4
2. VSTUPNÍ PARAMETRY A PODKLADY	4
2.1 ROZDĚLENÍ NA KVAZIHOMOGENNÍ BLOKY	5
2.2 NÁVRH KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ	6
3. TECHNOLOGIE PRACÍ	7
4. PROKÁZÁNÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ A ZKOUŠENÍ	7
5. ZÁVĚR	7

Přílohy:

Příloha č. 1.1 Účelový geotechnický profil - TÚ Ústí n. L. západ - Chabařovice

Příloha č. 1.2 Účelový geotechnický profil - žst. Chabařovice

Příloha č. 2 Posouzení konstrukce pražcového podloží - výpočty

1. ÚVOD

Základní údaje o zakázce

Název stavby:	Rekonstrukce žst. Chabařovice
Investor:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7, Praha 1, 110 00 Stavební správa západ se sídlem v Praze Sokolovská 1955/278, 190 00 Praha 9
Stupeň dokumentace:	Dokumentace pro územní řízení (DÚR)
Charakteristika stavby:	Dopravní liniová stavba
Odvětví:	Železniční doprava
Místo stavby:	železniční trať č. 160 (dle Prohlášení o dráze) Ústí nad Labem - Most
Kraj:	Ústecký
Okres:	Ústí nad Labem
Katastrální území:	Český Újezd, Chabařovice
Předmět plnění:	Geotechnický průzkum
Účel průzkumu:	Provedení návrhu konstrukce pražcového podloží v TÚ Ústí nad Labem - Chabařovice a v žst. Chabařovice.

2. VSTUPNÍ PARAMETRY A PODKLADY

Řešené úseky trati Ústí n. L. západ - Chomutov jsou tratí celostátní a jsou součástí evropské dopravní sítě TEN-T s maximální rychlostí $v \leq 160 \text{ kmh}^{-1}$.

Pro návrh jsou využity výsledky průzkumu pražcového podloží realizované společností GeoTec-GS, a.s. v únoru a červnu 2021.

Pro návrh konstrukce pražcového podloží jsou návrhové parametry stanoveny dle tabulky 1 přílohy 6 předpisu SŽ S4 pro provozní parametry (traťová třída zatížení; předpokládané provozní zatížení a pro max. rychlost) následovně:

Úsek	Kolej č.	Provoz. zatížení (mil. hrt/rok)	Trať. tř. zatížení	Max. rychlost (kmh^{-1})	Min. modul přetvárnosti (MPa)	
					E _{min} ZP	E _{min} PL
Ústí n. L. záp. - Chabařovice	1, 2	> 8	D4	160	40	60
žst. Chabařovice	101, 102	> 8	D4	160	40	60
	103, 104, 105, 106	> 2	D4	60	20	40

Pro návrh zesílené konstrukce pražcového podloží v oblasti mostních objektů je hodnota modulu přetvárnosti stanovena dle přílohy 24 předpisu SŽ S4 - Železniční spodek: - plášť spodku E_{e1} = 80 MPa

Předmětný traťový úsek a žst. Chabařovice leží v nadmořské výšce 200 - 220 m n.m., klimatické podmínky jsou charakterizovány indexem mrazu I_{mn} = 375°C.den (tab. 1 přílohy 7 předpisu SŽ S4) s hloubkou promrzání 0,87 m.

Návrhové parametry pro materiál konstrukčních vrstev je převzat z tabulky 2, přílohy

6 předpisu SŽ S4 - Železniční spodek pro:

- šterkodrt' frakce 0 - 32 mm - $E_{sd} = 70$ MPa při $I_D = 1,00$
- šterkodrt' frakce 0 - 63 mm - $E_{sd} = 100$ MPa při $I_D = 1,00$
- stabilizace - $E_{stab} = 140$ MPa při $D = 100\%$ PS

2.1 ROZDĚLENÍ NA KVAZIHOMOGENNÍ BLOKY

Na základě poznatků získaných průzkumem pražcového podloží, bylo provedeno rozdělení zkoumaného úseku na kvazihomogenní bloky. V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny základní parametry zemin zastížených v úrovni projektované zemní pláň a navržené typy konstrukcí pražcového podloží.

Rozdělení úseku na kvazihomogenní bloky je orientační, definitivní hranice musí být určeny geotechnickým dozorem po odkrytí zemní pláň.

Charakteristiky kvazihomogenních bloků

Tabulka č. 1

Číslo bloku	Staničení (km) od - do	Délka (m)	Vodní režim	Namrzavost	E_{rmin} (MPa)	Typ KPP	Poznámka
SO 02-16-01, TÚ Ústí nad Labem západ - Chabařovice, železniční spodek, železniční spodek							
kolej č. 1 ($V_{max} = 160$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 60$ MPa)							
1	9,715 - 10,830	1 115	příznivý	namrzavá	40	B2.1	
kolej č. 2 ($V_{max} = 160$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 60$ MPa)							
2	9,715 - 10,830	1 115	příznivý	namrzavá	40	B2.1	
SO 03-16-01, žst. Chabařovice, železniční spodek							
kolej č. 101 ($V_{max} = 160$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 60$ MPa)							
1	10,830 - 12,507	1 677	příznivý	namrzavá	40	B2.1	v ose původní k.č. 1
kolej č. 102 ($V_{max} = 160$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 60$ MPa)							
2	10,830 - 12,640	1 810	příznivý	namrzavá	40	B2.1	v ose původní k.č. 2
kolej č. 103 ($V_{max} = 60$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 40$ MPa)							
3	11,050 - 11,490	440	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v nové stopě přes stávající nástupiště
4	11,490 - 11,950	460	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v ose původní k.č. 3
5	11,950 - 12,070	120	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v nové stopě
kolej č. 104 ($V_{max} = 60$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 40$ MPa)							
6	11,030 - 12,110	1 080	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v nové stopě přes stávající nástupiště
kolej č. 105 ($V_{max} = 60$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 40$ MPa)							
7	11,105 - 11,400	295	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v ose původní k.č. 3
8	11,400 - 11,900	500	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v ose původní k.č. 5
9	11,900 - 12,030	130	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v nové stopě
kolej č. 106 ($V_{max} = 60$ kmh ⁻¹ $E_{PL} = 40$ MPa)							
10	11,110 - 11,190	80	příznivý	namrzavá	30	B2.2	106a - v nové stopě
11	11,190 - 12,000	810	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v ose pův. k.č. 6
12	12,000 - 12,070	70	příznivý	namrzavá	30	B2.2	v nové stopě

2.2 NÁVRH KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Na základě zjištěných geotechnických poměrů je navržen jeden dva základní typ konstrukce pražcového podloží a jeden typ zesílené konstrukce.

Pro konstrukční vrstvy je uvažováno se štěrkodrtí frakce 0 - 32 mm a frakce 0 - 63 mm. Materiál konstrukční vrstvy musí splňovat technické požadavky uvedené v příloze 14 předpisu SŽ S4 a OTP Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku č.j. 25 640/06-OP.

Štěrkodrt' stabilizovaná cementem navržená v zesílené konstrukci pražcového podloží musí splňovat požadavky uvedené v příloze 13 předpisu SŽ S4, zejména pevnost v prostém tlaku min. 2,5 MPa a odolnost proti mrazu min. 3,5 MPa při 10 zmrazovacích cyklech o teplotě -15°C.

Skladba konstrukce pražcového podloží od ložné plochy pražce:

a) typ konstrukce B2.1

Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně $E_r = 40$ MPa

- kolejové lože - štěrk frakce 31,5/63 mm tloušťka 350 mm
 - štěrkodrt' frakce 0/63 mm, tloušťka 300 mm
 - zemní pláň
- $E_{PL} = 76$ MPa
- $E_r \geq 40$ MPa

a) typ konstrukce B2.2

Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně $E_r = 30$ MPa

- kolejové lože - štěrk frakce 31,5/63 mm tloušťka 350 mm
 - štěrkodrt' frakce 0/32 mm, tloušťka 250 mm
 - zemní pláň
- $E_{PL} = 49$ MPa
- $E_r \geq 30$ MPa

Zesílená konstrukce pražcového podloží vychází z typu uvedeného ve vzorovém listu SŽDC Ž4.2. Zesílená konstrukce je navržena s vrstvou stabilizované zeminy (v této zprávě je výrazem stabilizovaná zemina myšlena vždy štěrkodrt' stabilizovaná cementem. Délka zesílené konstrukce pražcového podloží bude v souladu s ustanovením vzorového listu Ž4.2.

Zesílená konstrukce pražcového podloží bude zřízena v souladu s ustanoveními přílohy 24 předpisu SŽ S4 a vzorového listu Ž 4.2 u následujících objektů:

Mostní objekty
SO 02-19-11 TÚ Ústí nad Labem západ - Chabařovice, most v ev. km 10,037
SO 03-19-01 ŽST Chabařovice, most v ev. km 10,798
SO 03-19-05 ŽST Chabařovice, most v ev. km 11,610

c) zesílená konstrukce pražcového podloží - typ konstrukce Z 4

Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláně $E_r = 10$ MPa

- kolejové lože - štěrk frakce 31,5/63 mm, tloušťka 350 mm
 - štěrkodrt' frakce 0/63 mm, tloušťka 300 mm
 - stabilizovaná zemina (z centra), tloušťka 350 mm
 - přehutněná zemní pláň
- $E_{PL} = 89$ MPa
- $E_{ZL} = 69$ MPa

3. TECHNOLOGIE PRACÍ

Při těžbě původních konstrukčních vrstev musí být zvolena taková technologie prací, kterou se zamezí znehodnocení zemin zemní pláň. V každém technologickém kroku musí být zajištěno funkční pracovní odvodnění. Po upravené a zhutněné zemní pláni nesmí být prováděna staveništní doprava.

Stabilizace zemin se provádí mísením v centru. Před provedením vrstvy stabilizované zeminy musí být ze zemní pláň odstraněn humus a nežádoucí předměty (drobné kolejivo, hrubé kamenivo apod.) a zemní pláň musí být urovnaná a odvodněna.

Provedenou stabilizaci je nutné po dobu zrání chránit před odpařováním vody. Stabilizace nesmí být před zakrytím poškozena a smí být pojížděna nutnou staveništní dopravou po dosažení modulu přetvárnosti min. 60 MPa, **nejdříve však po 7 dnech**.

Navážení materiálu podkladní vrstvy musí být čelné, zemní pláň nesmí být pojížděna nákladními auty.

Konstrukční vrstva ze štěrkodrti musí být hutněna stejnoměrně, na celou tloušťku v jednom pracovním cyklu. Relativní ulehlost musí dosáhnout hodnoty min. $I_D = 1,00$. Při pokládce a hutnění konstrukční vrstvy ze štěrkodrti se doporučuje dodržovat optimální vlhkost v rozmezí $w_{opt} = 4 - 8\%$, při vlhkostech mimo uvedený rozsah se zhutnitelnost výrazně snižuje.

Konstrukční vrstvy ze štěrkodrti nesmí být zřizovány při silném dešti a při teplotách nižších než 0°C .

4. PROKÁZÁNÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ A ZKOUŠENÍ

Pro prokázání vhodnosti použitých materiálů musí být provedeny počáteční zkoušky ve smyslu TKP a příslušných článků předpisu SŽ S4, případně předloženo prohlášení o shodě podle příslušných předpisů.

V průběhu provádění stavebních prací se shoda vlastností použitých materiálů s počátečními zkouškami ověřuje kontrolními zkouškami, jejichž četnost stanovují příslušná ustanovení TKP a předpisu SŽ S4. Zhotovitel je povinen předložit zpracovaný „Kontrolní a zkušební plán“.

Při realizaci zemních prací a zřizování konstrukčních vrstev musí být zajištěn trvalý geotechnický dozor.

5. ZÁVĚR

Předkládaná zpráva obsahuje návrh konstrukce pražcového podloží zpracovaného na základě výsledků inženýrskogeologického průzkumu pražcového podloží v oblasti stavby „Rekonstrukce žst. Chabařovice“ v km 9,715 - 12,500 trati Ústí nad Labem - Most.

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Obsah:

Příloha č. 1 Účelový geotechnický profil

Příloha č. 2 Posouzení konstrukce pražcového podloží - výpočty

Název zakázky:	Ústí nad Labem - Chabařovice, GTP a STP		
Číslo zakázky:	2020 - 444	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.
Datum:	12 / 2021	Zpracoval:	Ing. Antonín Kropáček
Počet stran:	5	Schválil:	Ing. Daniel Galko

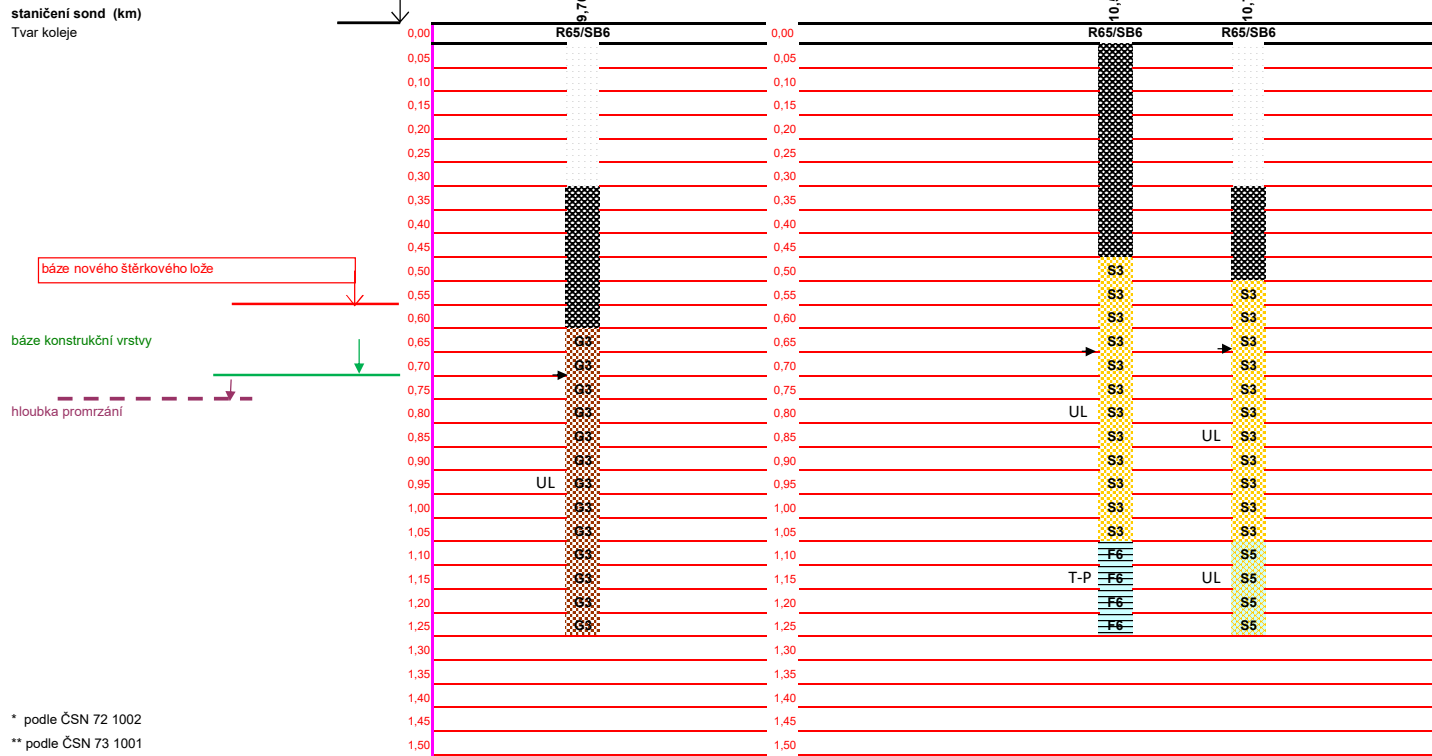
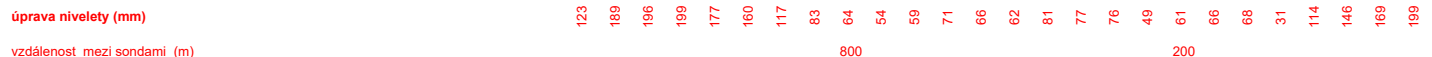
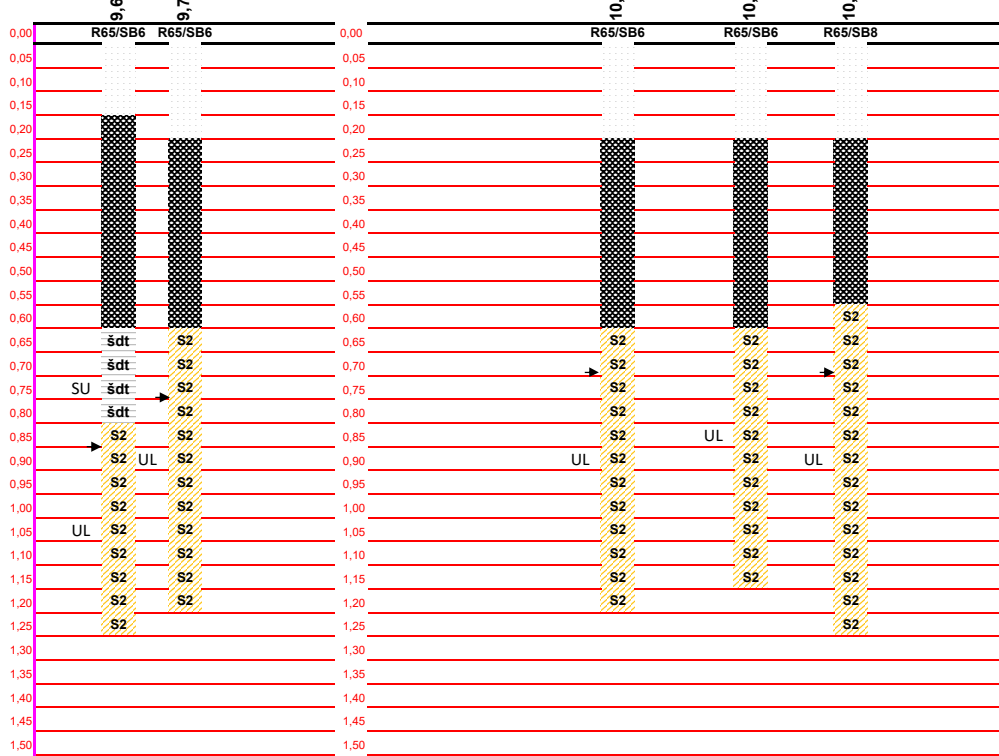
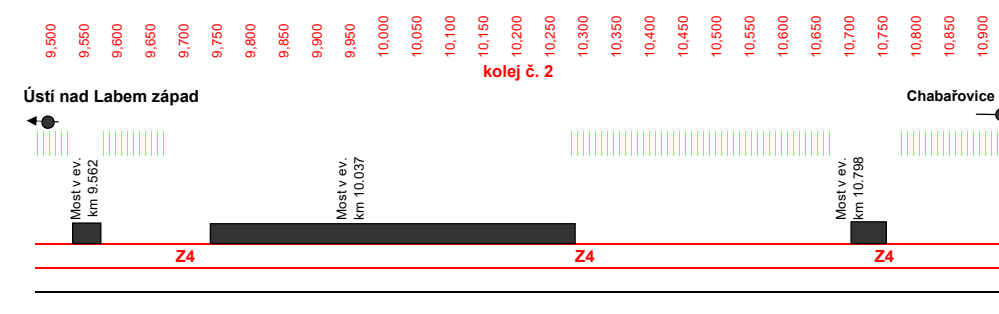
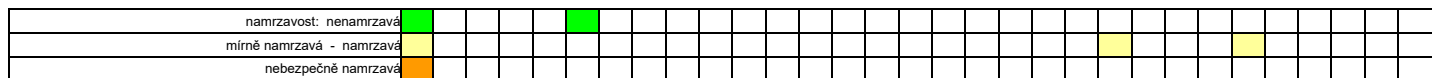
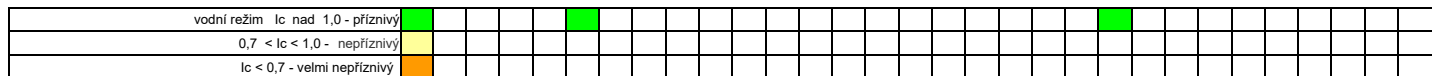
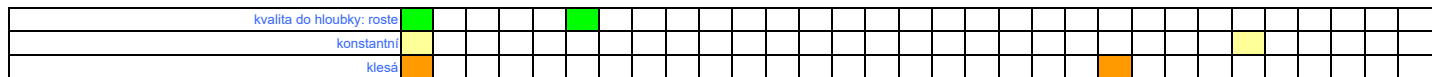
ÚČELOVÝ GEOTECHNICKÝ PROFIL

Příloha č. 1.1 Účelový geotechnický profil - TÚ Ústí n. L. západ - Chabařovice

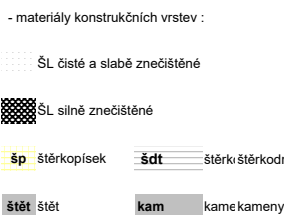
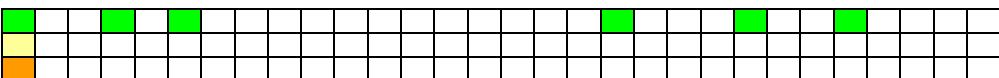
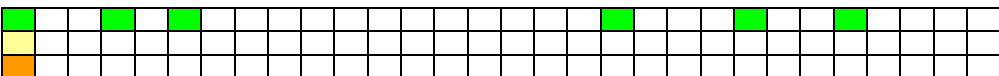
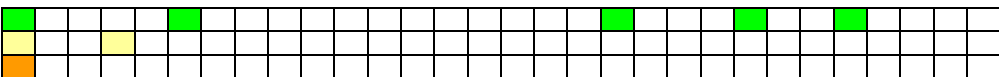
Příloha č. 1.2 Účelový geotechnický profil - žst. Chabařovice


Název zakázky:	Ústí nad Labem - Chabařovice, GTP a STP		
Číslo zakázky:	2020 - 444	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.
Datum:	12 / 2021	Zpracoval:	Ing. Antonín Kropáček
Počet stran:	2	Schválil:	Ing. Daniel Galko

stanice a zastávky

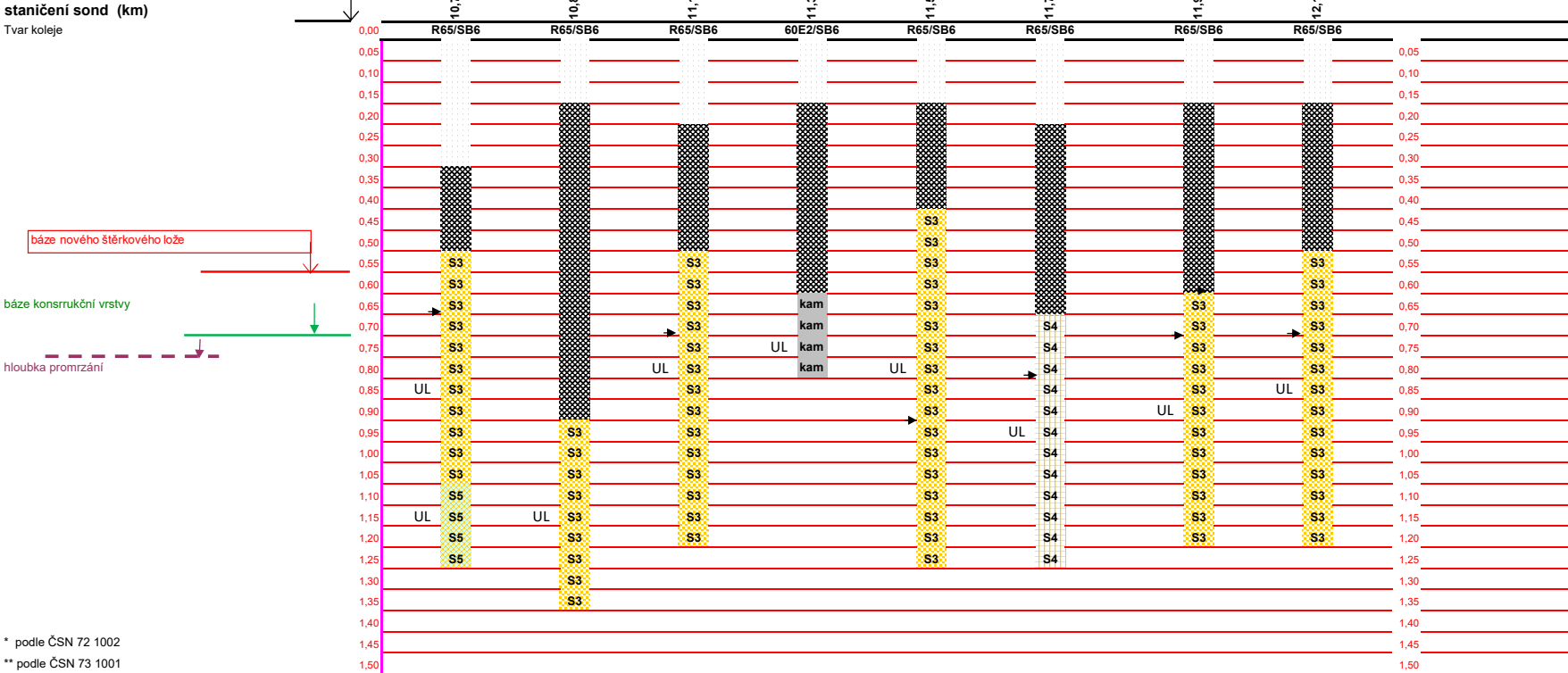
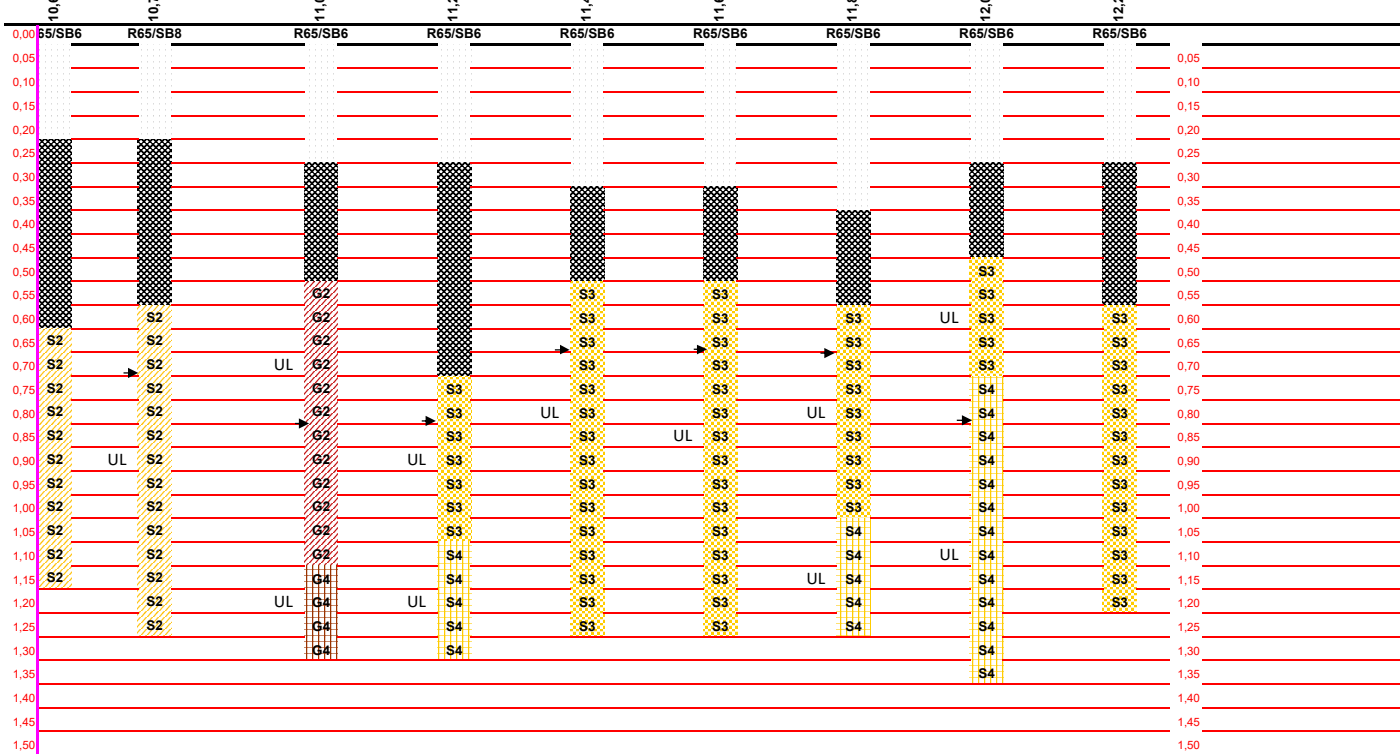
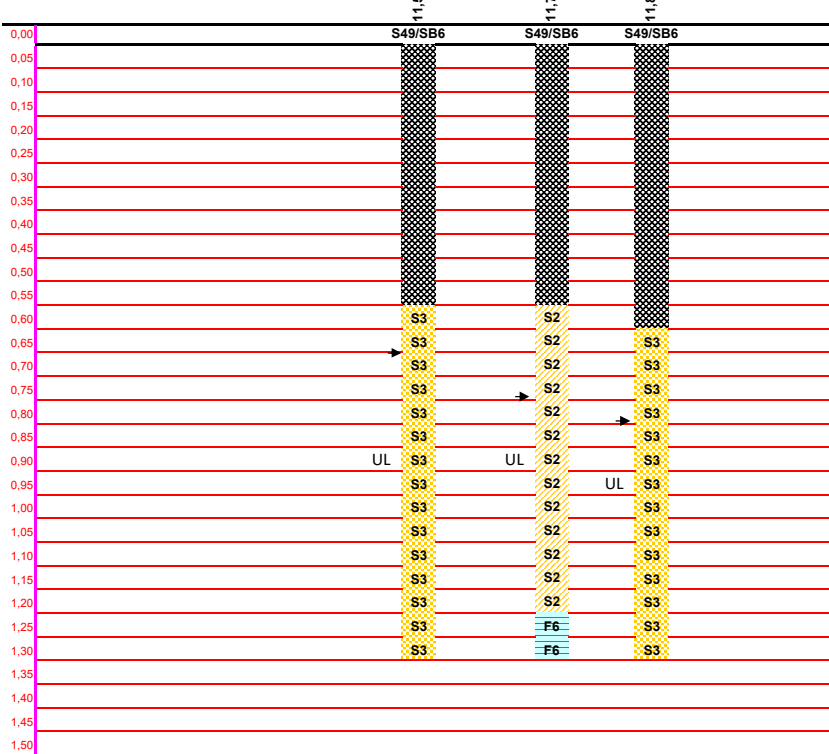
[illegible]

	S2 SPY	S2 SPY								S2 SPY			S2 SPY			S2 SPY				
	25	79								75			73			69				
	1,0	1,0								1,0			1,0			1,0				
	25	80								75			73			69				

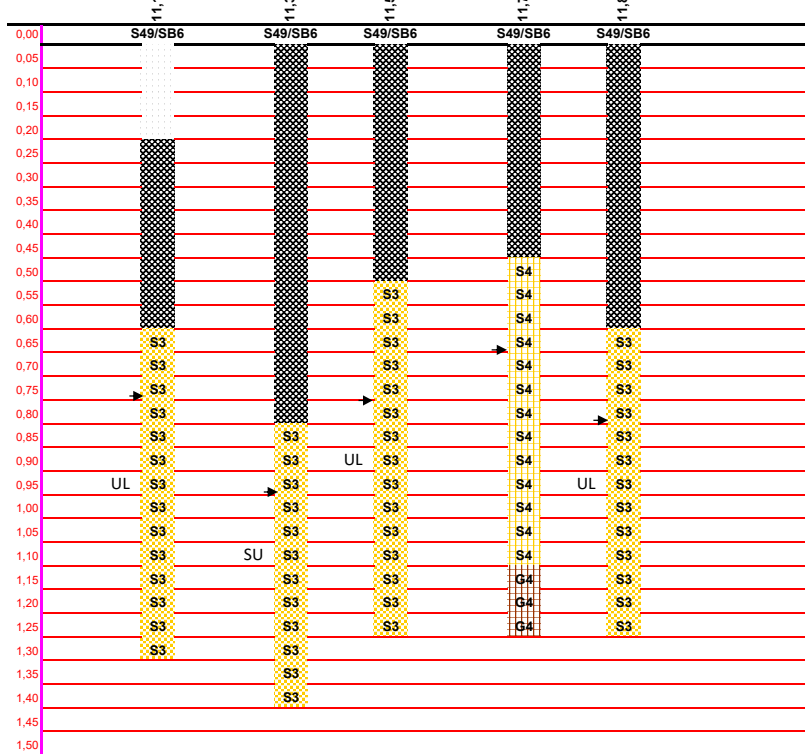
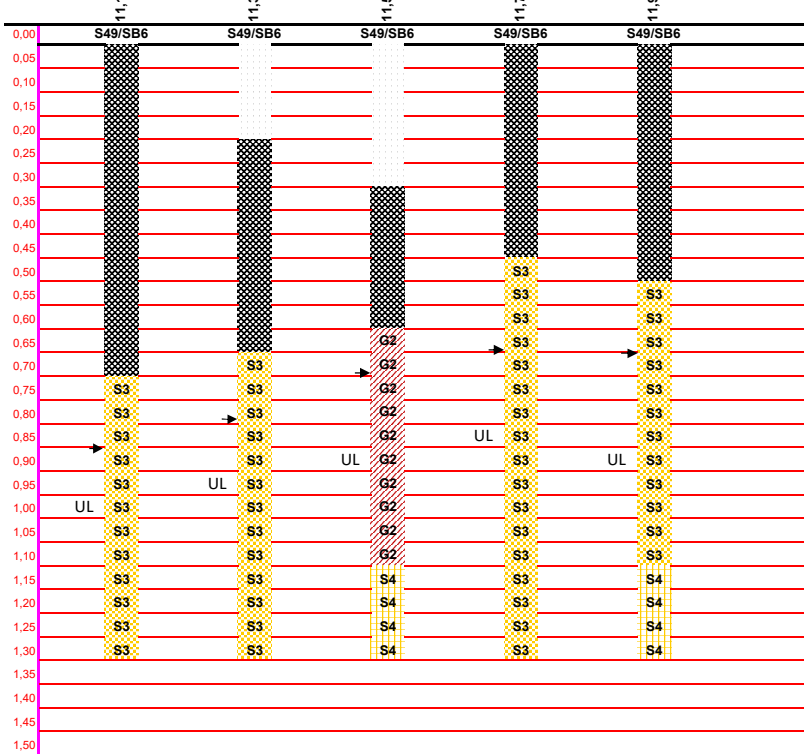


 GeoTec-GS, a.s., Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10	Zak. č. 2020-444
	Datum: 12/2021
Stavba: Rekonstrukce žst. Chabařovice	
SO 02-16-01 TÚ Ústí nad Labem západ - Chabařovice, železniční spodek	
ÚČELOVÝ GEOTECHNICKÝ PROFIL	Příloha č. 1.1

staničení (km)	10,6	10,6	10,7	10,7
stanice a zastávky				

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

											0,00				0,00			0,00						
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	------	--	--	------	--	--	--	--	--	--

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

		0,00				0,00				0,00				0,00					
--	--	------	--	--	--	------	--	--	--	------	--	--	--	------	--	--	--	--	--

GeoTec GS®	Zak. č. 2020-444
GeoTec-GS, a.s. Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10	Datum: 12/2021
Stavba: Rekonstrukce žst. Chabařovice	
SO 03-16-01 žst. Chabařovice, železniční spodek	
ÚČELOVÝ GEOTECHNICKÝ PROFIL	Příloha č. 1.2

POSOUZENÍ KONSTRUKCE PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ - VÝPOČTY

Název zakázky:	Ústí nad Labem - Chabařovice, GTP a STP		
Číslo zakázky:	2020 - 444	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.
Datum:	12 / 2021	Zpracoval:	Ing. Antonín Kropáček
Počet stran:	3	Schválil:	Ing. Daniel Galko

Příloha: 2.1

Posouzení pražcového podloží na únosnost a promrzání

Typ KPP: B2.1

Vstupní data

Návrhová rychlost (km.h ⁻¹)	121 - 160	Třída zatížení	D4	Provozní zatížení (mil. hrtkm/rok)	>8
Tloušťka šterkového lože včetně výšky pražce	h_{KL} [m]	0,55		Mrazový index - dle příl. 7, předpisu SŽ S4	I_{mn} [°Cden] 375
Modul přetvárnosti na zemní pláni požadovaný	E_{minZP} [MPa]	40,0		Namrzavost zemin v podloží	namrzavá
Modul přetvárnosti na pláni spodku požadovaný	E_{minPL} [MPa]	60,0		Vodní režim	příznivý
Redukovaný modul přetvárnosti subpláně	E_{r0} [MPa]	40,0		Dovolená hloubka promrzání zemní pláně	h_{zdov} [m] 0,00

Materiál konstrukční vrstvy	šterkodrt' frakce 0/63 mm				
Modul deformace materiálu konstrukční vrstvy	$E_{mat,2}$ [MPa]	100	Součinitel tepelné vodivosti materiálu konstrukční vrstvy	λ_K [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	2,00
Tloušťka konstrukční vrstvy	h_2 [m]	0,35			

Posouzení únosnosti

Konstrukční vrstva

- součinitel únosnosti	$k_{1,1} = \frac{E_{e0}}{E_{mat,1}} = \frac{40,0}{100}$	- součinitel tloušťky vrstvy	$k_{2,1} = \frac{h_1}{0,3} = \frac{0,35}{0,30}$	$k_{1,1} = 0,40$ $k_{2,1} = 1,17$
------------------------	---	------------------------------	---	--------------------------------------

- ekvivalentní modul přetvárnosti na konstrukční vrstvě	$E_{e,1} = \frac{E_{e,0}}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - k_{1,1}^{1,4}) \arctg(k_{2,1} k_{1,1}^{-0,4}) \text{rad}} = \frac{40,0}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - 0,40^{1,4}) \arctg(1,17 \cdot 0,40^{-0,4}) \text{rad}}$	$E_{e,1} = 76,3 \text{ MPa}$
---	---	------------------------------

$$E_{e,2} = E_{PL} \geq E_{minPL} \quad \dots \quad 76,3 \geq 60,0 \quad \underline{\text{z hlediska únosnosti navržená konstrukce vyhovuje}}$$

Posouzení před nepříznivými účinky mrazu

Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{375}$	$h_{pr} = 0,87 \text{ [m]}$	Min. tepelný odpor KPP $R_{KPP} = \frac{I_{pr} - h_K - h_{zdo}}{\lambda_{SD}} = \frac{0,32}{2,00}$	$R_{KPP} = 0,161$
Tepelný odpor konstrukční vrstvy	$R_K = \frac{h_K}{\lambda_K} = \frac{0,35}{2,00}$	$R_K = 0,18$	Tepelně ekvivalentní tloušťka konstr. vrstvy $h_{eK} = \frac{h_K}{\lambda_K} \lambda_{SD} = \frac{0,35}{2,00} \cdot 2,00$	$h_{ep} = 0,35 \text{ [m]}$
Hloubka promrzání navržené KPP	$h_{pr,KPP} = h_{KL} + h_{eK} + h_{zdo}$ $h_{pr,KPP} = 0,55 + 0,35 + 0,00$	$h_{pr,KPP} = 0,90$		

$$h_{pr} \leq h_{pr,KPP} \quad \dots \quad 0,87 \leq 0,90 \quad \underline{\text{z hlediska odolnosti proti mrazu navržená konstrukce vyhovuje}}$$

Poznámka: navržená konstrukce odpovídá KPP typu 2 ve smyslu vzorového listu Ž 4

Příloha: 2.2

Posouzení pražcového podloží na únosnost a promrzání
Typ KPP: B2.2

Vstupní data

Návrhová rychlost (km.h ⁻¹)	50	Třída zatížení	D4	Provozní zatížení (mil. hrtkm/rok)	>2
Tloušťka štěrkového lože včetně výšky pražce	h_{KL} [m]	0,55		Mrazový index - dle příl. 7, předpisu SŽ S4	I_{mn} [°Cden] 375
Modul přetvárnosti na zemní pláni požadovaný	E_{minZP} [MPa]	20,0		Namrzavost zemin v podloží	namrzavá
Modul přetvárnosti na pláni spodku požadovaný	E_{minPL} [MPa]	40,0		Vodní režim	příznivý
Redukovaný modul přetvárnosti subpláně	E_{ro} [MPa]	30,0		Dovolená hloubka promrzání zemní pláně	h_{zdov} [m] 0,50

Materiál konstrukční vrstvy	štěrkodrt' frakce 0/32 mm				
Modul deformace materiálu konstrukční vrstvy	E_{mat,2} [MPa]	70	Součinitel tepelné vodivosti materiálu konstrukční vrstvy	λ_K [Wm⁻¹K⁻¹]	2,00
Tloušťka konstrukční vrstvy	h₂ [m]	0,25			

Posouzení únosnosti

Konstrukční vrstva

- součinitel únosnosti	$k_{1,1} = \frac{E_{e0}}{E_{mat,1}} = \frac{30,0}{70}$	- součinitel tloušťky vrstvy	$k_{2,1} = \frac{h_1}{0,3} = \frac{0,25}{0,30}$	k_{1,1} = 0,43 k_{2,1} = 0,83
------------------------	--	------------------------------	---	--

- ekvivalentní modul přetvárnosti na konstrukční vrstvě	$E_{e,1} = \frac{E_{e,0}}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - k_{1,1}^{1,4}) \arctg(k_{2,1} k_{1,1}^{-0,4}) \text{rad}} = \frac{30,0}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - 0,43^{1,4}) \arctg(0,83 \cdot 0,43^{-0,4}) \text{rad}}$	E_{e,1} = 48,5 MPa
---	---	-----------------------------------

$$E_{e,2} = E_{PL} \geq E_{minPL} \dots\dots 48,5 \geq 40,0 \quad \underline{\text{z hlediska únosnosti navržená konstrukce vyhovuje}}$$

Posouzení před nepříznivými účinky mrazu

Hloubka promrzání	$h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{375}$	h_{pr} = 0,87 [m]	Min. tepelný odpor KPP	$R_{KPP} = \frac{h_{pr} - h_K - h_{zdov}}{\lambda_{SD}} = \frac{-0,18}{2,00}$	R_{KPP} = -0,089
-------------------	---	----------------------------------	------------------------	---	---------------------------------

Tepelný odpor konstrukční vrstvy	$R_K = \frac{h_K}{\lambda_K} = \frac{0,25}{2,00}$	R_K = 0,13	Tepelně ekvivalentní tloušťka konstr. vrstvy	$h_{ek} = \frac{h_K}{\lambda_K} \lambda_{SD} = \frac{0,25}{2,00} \cdot 2,00$	h_{ek} = 0,25 [m]
----------------------------------	---	-----------------------------	--	--	----------------------------------

Hloubka promrzání navržené KPP	$h_{pr,KPP} = h_{KL} + h_{ek} + h_{zdov}$ $h_{pr,KPP} = 0,55 + 0,25 + 0,50$	h_{pr,KPP} = 1,30
--------------------------------	--	----------------------------------

$$h_{pr} \leq h_{pr,KPP} \dots\dots 0,87 \leq 1,30 \quad \underline{\text{z hlediska odolnosti proti mrazu navržená konstrukce vyhovuje}}$$

Poznámka: navržená konstrukce odpovídá KPP typu 2 ve smyslu vzorového listu Ž 4

Posouzení pražcového podloží na únosnost a promrzání

Typ ZKPP: Z4

Vstupní data

Návrhová rychlost (km.h ⁻¹)	121 - 160	Třída zatížení	D4	Provozní zatížení (mil. hrtkm/rok)	> 8
Tloušťka šterkového lože včetně výšky pražce	h_{KL} [m]	0,55		Mrazový index - dle příl. 7, předpisu SŽ S4	I_{mn} [°Cden] 375
Modul přetvárnosti na zemní pláni požadovaný	E_{minZP} [MPa]	40,0		Namrzavost zemin v podloží	nebezpečně namrzavá
Modul přetvárnosti na pláni spodku požadovaný	E_{minPL} [MPa]	80,0		Vodní režim	nepříznivý
Redukovaný modul přetvárnosti zemní pláň	E_{r0} [MPa]	20,0		Dovolená hloubka promrzání zemní pláň	h_{zdov} [m] 0,00

Materiál zesilující vrstvy	stabilizovaná zemina				
Modul deformace materiálu zesilující vrstvy	$E_{mat,1}$ [MPa]	140	Součinitel tepelné vodivosti materiálu zesilující vrstvy	λ_p [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	1,75
Tloušťka zesilující vrstvy	h_1 [m]	0,35			
Materiál konstrukční vrstvy	šterkodrt' frakce 0/63 mm				
Modul deformace materiálu konstrukční vrstvy	$E_{mat,2}$ [MPa]	100	Součinitel tepelné vodivosti materiálu konstrukční vrstvy	λ_k [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	2,00
Tloušťka konstrukční vrstvy	h_2 [m]	0,30			

Posouzení únosnosti

Zesilující vrstva

- součinitel únosnosti $k_{1,1} = \frac{E_{e0}}{E_{mat,1}} = \frac{20,0}{140}$ - součinitel tloušťky vrstvy $k_{2,1} = \frac{h_1}{0,3} = \frac{0,35}{0,30}$ $k_{1,1} = 0,14$ $k_{2,1} = 1,17$

- ekvivalentní modul přetvárnosti na zesilující vrstvě $E_{e,1} = \frac{E_{e,0}}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - k_{1,1}^{1,4}) \arctg(k_{2,1} k_{1,1}^{-0,4}) \text{rad}} = \frac{20,0}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - 0,14^{1,4}) \arctg(1,17 \cdot 0,14^{-0,4}) \text{rad}}$ $E_{e,1} = 69,3 \text{ MPa}$

Konstrukční vrstva

- součinitel únosnosti $k_{1,2} = \frac{E_{e,1}}{E_{mat,2}} = \frac{69,3}{100}$ - součinitel tloušťky vrstvy $k_{2,2} = \frac{h_2}{0,3} = \frac{0,30}{0,30}$ $k_{1,2} = 0,69$ $k_{2,2} = 1,00$

- ekvivalentní modul přetvárnosti na konstrukční vrstvě $E_{e,2} = \frac{E_{e,0}}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - k_{1,2}^{1,4}) \arctg(k_{2,2} k_{1,2}^{-0,4}) \text{rad}} = \frac{69,3}{1 - \frac{2}{\pi} (1 - 0,69^{1,4}) \arctg(1,00 \cdot 0,69^{-0,4}) \text{rad}}$ $E_{e,2} = 88,8 \text{ MPa}$

$E_{e,2} = E_{PL} \geq E_{minPL} \dots\dots 88,8 \geq 80,0$ z hlediska únosnosti navržená konstrukce vyhovuje

Posouzení před nepříznivými účinky mrazu

Hloubka promrzání $h_{pr} = 0,045 \cdot \sqrt{I_{mn}} = 0,045 \cdot \sqrt{375}$ $h_{pr} = 0,87$ [m] Min. tepelný odpor KPP $R_{KPP} = \frac{h_{pr} - h_k - h_{zdov}}{\lambda_{SD}} = \frac{0,32}{2,00}$ $R_{KPP} = 0,161$

Tepelný odpor podkladní vrstvy $R_p = \frac{h_p}{\lambda_p} = \frac{0,35}{1,75}$ $R_p = 0,20$ Tepelné ekvivalentní tloušťka zesilující vrstvy $h_{ep} = \frac{h_p}{\lambda_p} \lambda_{SD} = \frac{0,35}{1,75} \cdot 2,00$ $h_{ep} = 0,40$ [m]

Tepelný odpor konstrukční vrstvy $R_k = \frac{h_k}{\lambda_k} = \frac{0,30}{2,00}$ $R_k = 0,15$ Tepelné ekvivalentní tloušťka konstr. vrstvy $h_{ek} = \frac{h_k}{\lambda_k} \lambda_{SD} = \frac{0,30}{2,00} \cdot 2,00$ $h_{ek} = 0,30$ [m]

Hloubka promrzání navržené KPP $h_{pr,KPP} = h_{KL} + h_{ez} + h_{ek} + h_{zdov}$ $h_{pr,KPP} = 0,55 + 0,30 + 0,40 + 0,00$ $h_{pr,KPP} = 1,25$

$h_{pr} \leq h_{pr,KPP} \dots\dots 0,87 \leq 1,25$ z hlediska odolnosti proti mrazu navržená konstrukce vyhovuje

Poznámka: navržená konstrukce odpovídá ZKPP typu 4 ve smyslu vzorového listu Ž 4.2