

**BUČOVICE, UL. ZAHRADNÍ
– DOMOV PRO SENIORY
NÁVRH STATICKÉHO ZAJIŠTĚNÍ SVAHU V
MÍSTĚ PROJEKTOVANÉHO OBJEKTU
HŘEBÍKOVÁNÍM**

STATICKÝ VÝPOČET

Mgr. David Relich, Ph.D.

Ing. Jaroslav Průša, Ph.D.

04/2018

Úvod

Návrh statického zajištění svahu hřebíkováním v rámci akce "Bučovice, ul. Zahradní – Domov pro seniory" byl proveden na základě následujících podkladů :

- [1] BALUN D., BENDO VÁ L. : Bučovice – Zahradní – Domov seniorů. IG a HG průzkum. Brno, Balun geo s.r.o., 03/2018
- [2] Výkresová dokumentace – situace, řezy (se zakreslením inženýrských sítí ve stávající a přeložené poloze)

Použité normy :

- [3] ČSN EN 1997–1 Eurokód 7 : Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- [4] ČSN EN 14490 Provádění speciálních geotechnických prací – Hřebíkování zemin
- [5] Masopust J. : Navrhování základových a pažicích konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997. Praha, Informační centrum ČKAIT, 2012.

Z hlediska nároků na statické posouzení se jedná o 3. geotechnickou kategorii ve smyslu normy [3] a literatury [5].

Inženýrskogeologické poměry

Terén v místě objektu je svažité. Inženýrskogeologické poměry v podloží byly uvažovány na základě vrtu V-3 (hl. 12 m) a těžké dynamické penetrační sondy DP-1 (hl. 12 m) provedených v místě projektovaného zajištění svahu v rámci průzkumu [1].

Na základě provedených sond se bezprostředně pod terénem vyskytuje cca 2 m mocná vrstva navážek charakteru hlíny s úlomky cihel, ojediněle příměs štěrčiku.

Předkvarterní podloží nebylo až do konečné hloubky sond zastiženo. Kvarterní pokryv tvoří až do konečné hloubky vrtů hlíny tuhé až pevné konzistence, do hloubky 9 m pod terénem prachovitě, níže přibývá písčité složky.

Hladina podzemní vody nebyla provedenými sondami zastižena.

Statický návrh hřebíkované konstrukce

Posouzení bylo provedeno podle zásad platných norem [3], [4] a publikace [5]. Posouzen byl modelový příčný příčný řez z největší výškou (v kombinaci s nejnepríznivějšími zastiženými IG poměry v daném úseku). Statické posouzení pro všechny relevantní mezní stavy bylo provedeno tabulkovým kalkulátorem, použit byl návrhový přístup 2 uvedený v normě [3].

Je uvažován vliv přidavného zatížení (doprava, chodci) za rubem hřebíkované konstrukce.

Parametry navržené hřebíkové konstrukce (viz. obr. 1) :

Líc (v uvažovaném sklonu cca 5 : 1):

Betonový torkret - stříkaný beton C30/37 XC2, XF3, XA1 tl. 250 mm ve 2 vrstvách, u obou povrchů kari síť 150x150x10 (krytí 50 mm), odvodnění rubu torkretu drenážními pásy, drenážním geokompozitem nebo drenážními trubkami a odlehčovacími otvory přes torkret ve spodní části (odvodnění vyvedené před líc torkretu). Přesah kari sítě bude 2 oka v obou směrech, v místě přesahu budou kari sítě spojeny vázacím drátem. Kari síť musí být vhodným způsobem spojená s hlavami hřebíků, spoj nesmí mít nižší pevnost než je tahová pevnost hřebíků.

Hřebíky :

Čtyři úrovně úrovně hřebíků průměru 25 mm z betonářské oceli B500B osazované do vrtů průměru 150 mm

1. úroveň v hl. 1,27 m pod terénem (vzdálenost 1,3 m od úrovně terénu při měření na skloněném líci konstrukce) , hřebíky délky 2,5 m, v podélném směru osově 2,5 m od sebe, úklon 12° od vodorovné

2. úroveň v hl. 2,26 m pod terénem (vzdálenost 2,3 m od úrovně terénu při měření na skloněném líci konstrukce), hřebíky délky 6 m, v podélném směru osově 2 m od sebe, úklon 12° od vodorovné

3. úroveň v hl. 3,73 m pod terénem (vzdálenost 3,8 m od úrovně terénu při měření na skloněném líci konstrukce), hřebíky délky 6 m, v podélném směru osově 1,5 m od sebe, úklon 12° od vodorovné

4. úroveň v hl. 5,2 m pod terénem (vzdálenost 5,3 m od úrovně terénu při měření na skloněném líci konstrukce), hřebíky délky 7 m, v podélném směru osově 1 m od sebe, úklon 12° od vodorovné

Osazování hřebíků do středu vrtů musí být zajištěno distančními prvky po celé délce hřebíků.

Zálivka – směs struskoportlandského cementu CEM II B 32,5 R a záměsové vody namíchaná v poměru c : v = 2,2 : 1 bude přepravena zalévací trubkou (vyplňování ode dna vrtu, zálivka bude ukončena po dosažení hladiny čisté směsi ústí vrtu). Injektáž pod tlakem je nepřípustná z důvodu blízkosti inženýrských sítí v úrovni horní etáže.

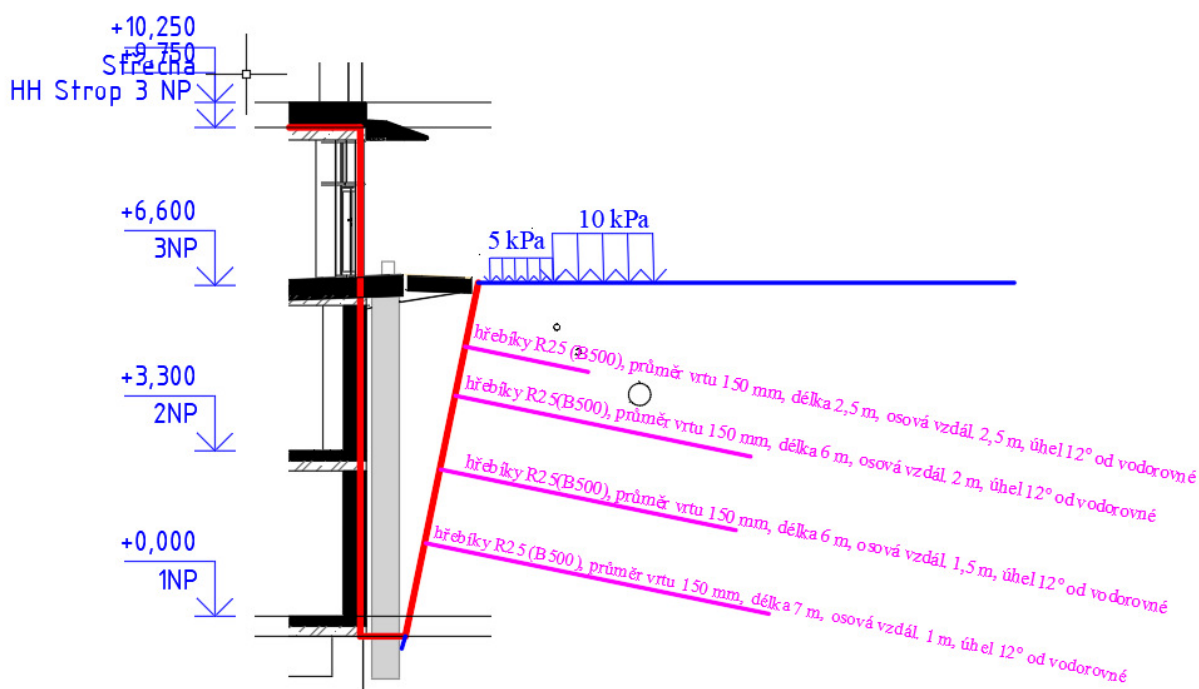
Při střídání etáží je nutné umisťovat tyče šachovnicově.

Před realizací hřebíkové konstrukce je nutné přeložit stávající inženýrské sítě do polohy zaslané objednatelem (viz. obr. 1). První úroveň hřebíkování je realizována v těsné blízkosti inženýrských sítí ! Před provedením hřebíkování této etáže je nutné přesné zaměření přeložených sítí a přesné vyměření polohy hřebíků dle projektu, aby nedošlo ke kolizi hřebíků s inženýrskými sítěmi !

Při realizaci hřebíkové konstrukce musí probíhat postupné odtěžování shora po etážích výšky maximálně 1,5 m. Po odtěžení do hloubky příslušné etáže je nutné provést zahřebíkování příslušné výškové úrovně včetně kari sítě a torkretu a teprve po dostatečném zatuhnutí torkretu a zálivky je možné odtěžení další etáže. Postupné provádění hřebíkové konstrukce po etážích max. výšky 1,5 m je nutné bezpodmínečně dodržet ! Při nedodržení projektem navrženého postupu hrozí porušení stability a ohrožení přilehlé komunikace a chodníku.

Při realizaci hřebíkové konstrukce je nutný průběžný geotechnický dozor – v případě lokálního zastižení zemin odlišných od předpokladů IG průzkumu nebo zastižení podzemní vody je nezbytné kontaktovat projektanta a navrhnout vhodné řešení.

Hřebíková konstrukce musí být prováděna v souladu s normou [4]. Zde upozorňujeme na nutnost provedení kontrolních průkazných tahových zkoušek systémových hřebíků – v souladu s normou [4] doporučujeme provedení 4 zkoušek (1 zkouška pro každou etáž). V první etáži odshora požadujeme prokázání tahové únosnosti hřebíku 14 kN, v druhé etáži 32 kN, ve třetí etáži 42 kN a ve čtvrté etáži 109 kN. Uvedené tahové síly odpovídají předpokládaným návrhovým tahovým silám v jednotlivých hřebících – musí být při tahových zkouškách dosaženy, ale jelikož se jedná o systémové hřebíky, nesmí být překročeny !



Obr. 1 Modelový příčný řez se zakreslením navržené hřebíkové konstrukce

Hřebíkováná konstrukce včetně torkretu je dimenzována na životnost 100 let, pro statické posouzení hřebíků z hlediska dlouhodobé životnosti byla použita metoda obětované tloušťky ve smyslu odstavce B.3.4.4.1 normy [4]. Na základě výsledků průzkumu [1] je předpokládáno neagresivní zemní prostředí třídy IV.

Vstupní data a výsledky provedených výpočtů jsou uvedeny v příloze.

Vypracovali:

Geotechnická část:

Mgr. David Relich, Ph.D.

Autorizovaný inženýr ČKAIT č. 1004097 v oboru IG00

Dimenzování torkretu:

Ing. Jaroslav Průša, Ph.D.

JLP creative s.r.o. - jednatel

Autorizovaný inženýr ČKAIT č. 1005987 v oborech:

Statika a dynamika staveb a Mosty a inženýrské konstrukce

e-mail: prusa.jaroslav@JLPcreative.cz

tel.: +420 774 860 293

V Brně, dne 20.4.2018

PŘÍLOHA Č. 1 Vstupní data a výsledky provedených výpočtů

Příloha č. 1 – list č. 2

Posouzení vnitřní stability na kritické smykové ploše

Akce : Bučovice - dům seniorů

Popis : Návrh hřebíkované konstrukce

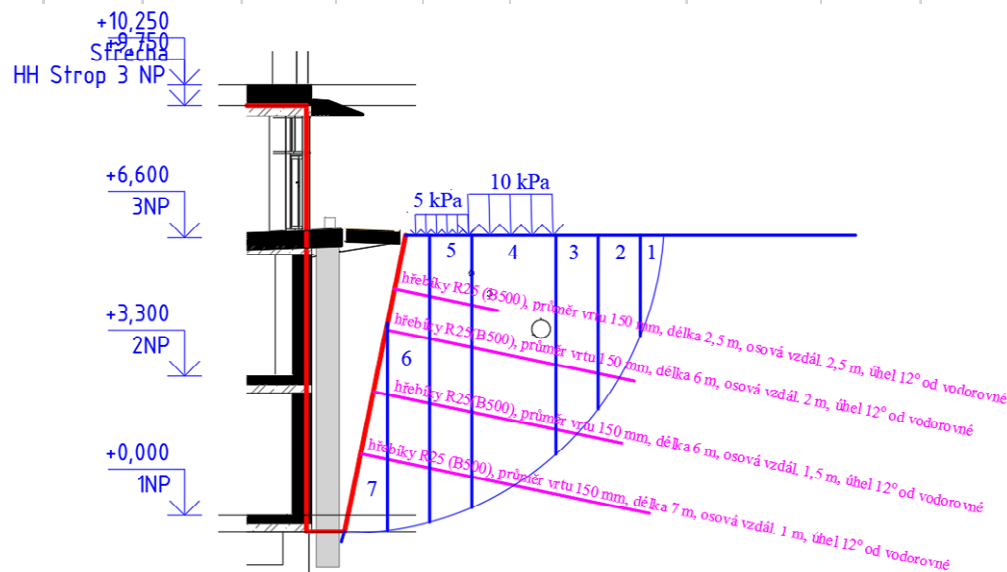
Proužek	Plocha proužku (m ²)	α°	Síla G (kN)	T_{pos} (kN)	N (kN)	c (kPa)	φ°	D (m)	T_{vzd} (kN)	δ°	T_{vzd} hřebíky (kN)	P_{ti} (kN)
1	0,78	74,00	15,19	14,60	4,19	10,00	24,00	2,47	29,30	-	-	0,00
2	3,33	60,00	65,93	57,10	32,97	16,00	19,00	2,01	54,98	19	4,02	0,00
3	4,71	46,00	94,20	67,76	65,44	16,00	19,00	1,47	56,64	32	14,44	0,00
4	11,76	32,00	260,08	137,82	220,56	16,00	19,00	2,37	218,19	47	52,49	0,00
5	6,59	18,00	142,41	44,01	135,44	16,00	19,00	1,06	66,39	-	-	0,00
6	6,49	10,00	135,64	23,55	133,58	16,00	19,00	1,02	63,24	-	-	0,00
7	2,53	1,00	53,13	0,93	53,12	16,00	19,00	1,02	35,05	-	-	0,00

Síly posouvající T_{pos} 346 kN/bm šířky

Síly vzdorující 595 kN/bm šířky

Stupeň stability na kritické smykové ploše 1,12

Posouzení konstrukce na vnitřní stabilitu vyhovuje



Posouzení vnější stability na kritické smykové ploše

Akce : Bučovice - dům seniorů

Popis : Návrh hřebíkové konstrukce

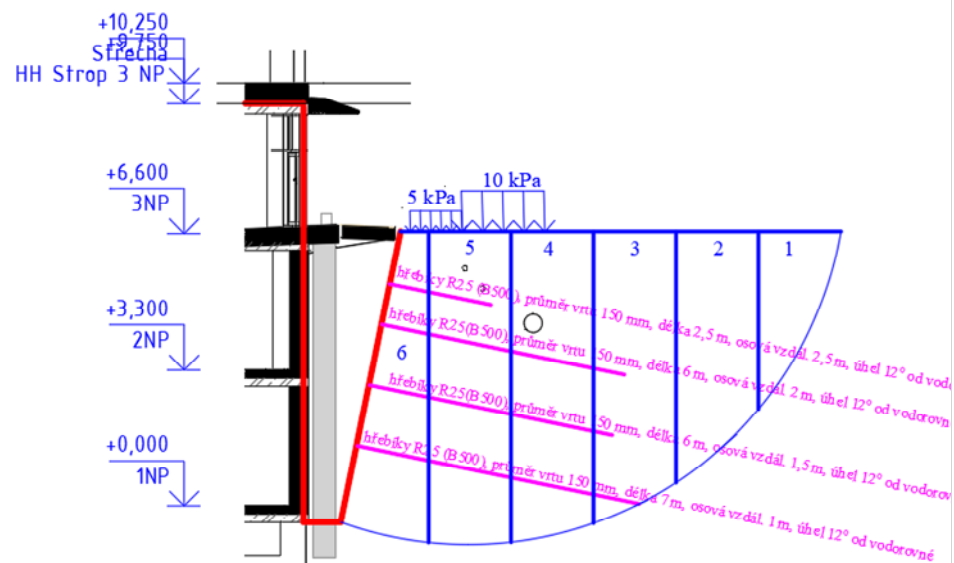
Proužek	Plocha proužku (m ²)	α°	Síla G (kN)	T_{pos} (kN)	N (kN)	c (kPa)	φ°	D (m)	T_{vzd} (kN)	P_{tl} (kN)
1	5,30	60,00	103,62	89,73	51,81	10,00	24,00	4,80	158,72	0,00
2	10,57	41,00	209,29	137,30	157,95	16,00	19,00	2,69	189,13	0,00
3	13,27	25,00	265,40	112,16	240,53	16,00	19,00	2,24	220,97	0,00
4	14,69	11,00	320,15	61,09	314,26	16,00	19,00	2,06	255,37	0,00
5	15,15	-1,00	319,61	-5,58	319,56	16,00	19,00	2,00	252,44	0,00
6	10,54	-16,00	221,34	-61,01	212,77	16,00	19,00	2,19	195,75	0,00
7										

Síly posouvající T_{pos} 334 kN/bm šířky

Síly vzdorující 1272 kN/bm šířky

Stupeň stability na kritické smykové ploše 2,48

Posouzení konstrukce na vnější stabilitu vyhovuje



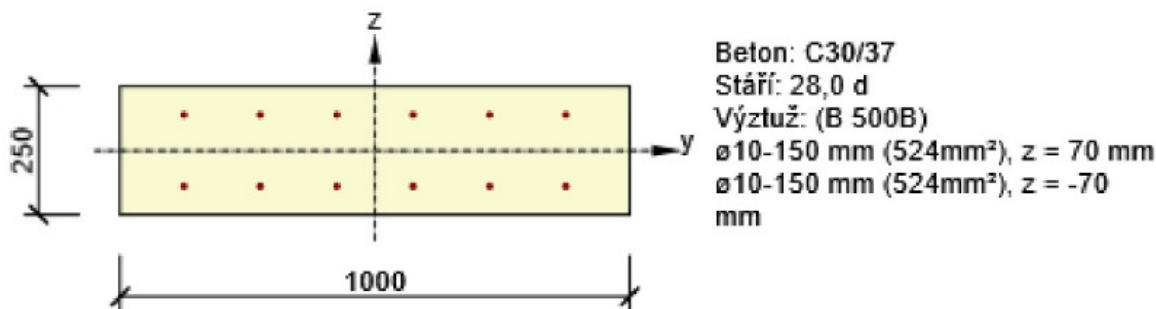
PŘÍLOHA Č. 2 Návrh torkretu

Torkret je navrhován na životnost 100 let.

Národní norma	EN 1992-1-1:2014-12, CSN:2016-04/NA:2012-01
Návrhová životnost	100 let

Celková tloušťka desky = 250 mm

Beton: C30/37 XC2, XF3, XA1; krytí 50 mm, kari síť Ø10/150/150



2.1.1.1 Účinky zatížení - vnitřní síly

Typ zatížení	Typ kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Celkové	Základní MSÚ	5,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0
Celkové	Charakteristická	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
Celkové	Kvazistálá	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0

2.1.1.2 Souhrn

Rozhodující typ posudku	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	5,0	27,0	0,0			52,1	OK
Typ posudku	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	5,0	27,0	0,0			52,1	OK
Smyk	5,0			0,0	0,0	0,0	OK
Interakce	5,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	OK
Omezení napětí	0,0	20,0	0,0			13,9	OK
Šířka trhliny	0,0	20,0	0,0			0,0	OK
Ohybová štíhlost	0,0	20,0	0,0			16,0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

Upozornění

Upozornění	
⚠	Smyk je přenesen betonem, smyková výztuž je požadována z hlediska konstrukčních zásad, viz 6.2.2
i	Posouzení interakce smyku, krutu a ohybu nebylo provedeno. Posudek není nutný, protože smyková síla a krouticí moment jsou nulové.
i	Pro krátkodobé účinky trhliny nevznikají – v nejvíce tažených vláknech nebylo překročeno efektivní tahové napětí od dlouhodobých účinků podle čl. 7.1 (2)
i	Poměr rozpětí k účinné výšce splňuje podmínky podle čl. 7.4.2 EN 1992-1-1. Proto není třeba průhyb určit výpočtem.

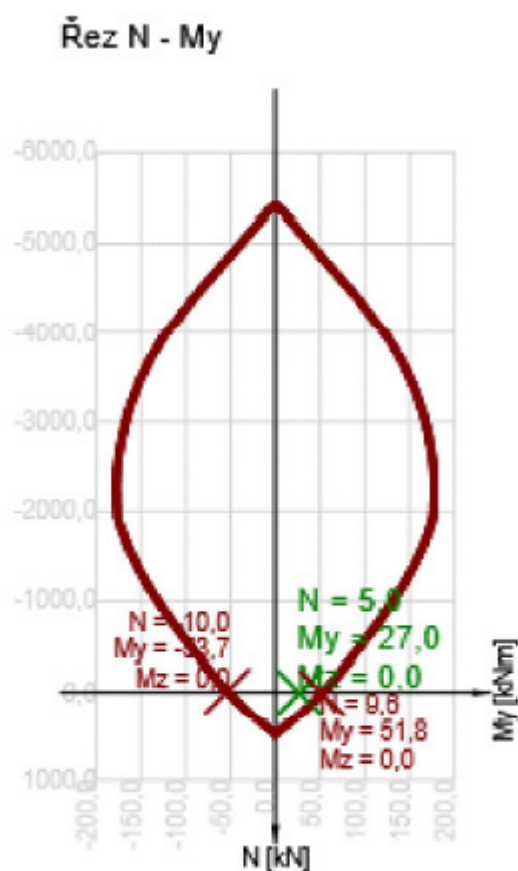
2.1.1.3 Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
5,0	27,0	0,0	Nu-Mu-Mu	52,1	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	5,0	9,6	-10,0
M_y [kNm]	27,0	51,8	-53,7
M_z [kNm]	0,0	0,0	0,0




$$V_{Ed} \ll V_{Rd,c}$$

$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
113,3	1019,8	973,3	0,0	113,3

Smyková výztuž – konstrukční – spony Ø8 300/300

Upozornění

Upozornění	
	Posouzení interakce smyku, krutu a ohybu nebylo provedeno. Posudek není nutný, protože smyková síla a krouticí moment jsou nulové.

2.1.1.6 Omezení napětí

Omezení napětí - krátkodobé účinky

Typ posudku	Část průřezu	Index	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
7.2(3)-Quasi	Vláknó betonu	3	-1,9	-13,5	13,9	100,0	OK

Omezení napětí - dlouhodobé účinky

Typ posudku	Část průřezu	Index	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
7.2(3)-Quasi	Vláknó betonu	3	-1,8	-13,5	13,3	100,0	OK

Podrobné posouzení betonu - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vláknó	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
7.2(2)-Char	3	500	125	0,0	20,0	0,0	-1,9	-18,0	10,4	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	125	0,0	20,0	0,0	-1,9	-13,5	13,9	OK

Podrobné posouzení výztuže - krátkodobé účinky

Typ posudku	Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
7.2(5)-Char	7	-375	-70	0,0	20,0	0,0	6,4	400,0	1,6	OK

Podrobné posouzení betonu - dlouhodobé účinky

Typ posudku	Vláknó	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
7.2(2)-Char	3	500	125	0,0	20,0	0,0	-1,8	-18,0	10,0	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	125	0,0	20,0	0,0	-1,8	-13,5	13,3	OK

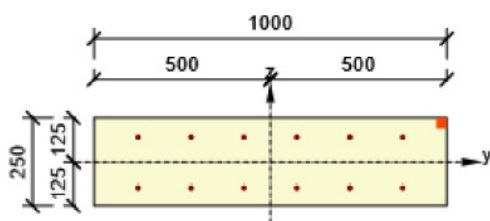
Podrobné posouzení výztuže - dlouhodobé účinky

Typ posudku	Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
7.2(5)-Char	7	-375	-70	0,0	20,0	0,0	18,2	400,0	4,6	OK

Součinitel dotvarování

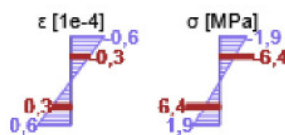
Způsob určení	h_0 [mm]	A_c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t_0 [d]	t_s [d]	RH [%]	Použit γ_{lt}	$\varphi(t, t_0)$ [-]
Automatické	200	250000	2500	36500,0	28,0	7,0	65	Ne	1,98

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu

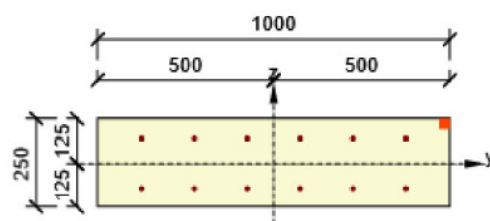


Výsledky uváděné pro:

- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro krátkodobé účinky

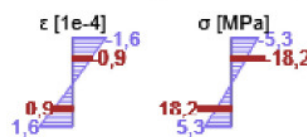


Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Výsledky uváděné pro:

- Kvazistálá kombinace
- Tuhosti pro dlouhodobé účinky



2.1.1.7 Šířka trhlin

Šířka trhlin - krátkodobé účinky

Kombinace	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
Kvazi	0,0	20,0	0,0	0,000	0,300	0,0	100,0	OK


Šířka trhlin - dlouhodobé účinky

Kombinace	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
Kvazi	0,0	20,0	0,0	0,000	0,300	0,0	100,0	OK

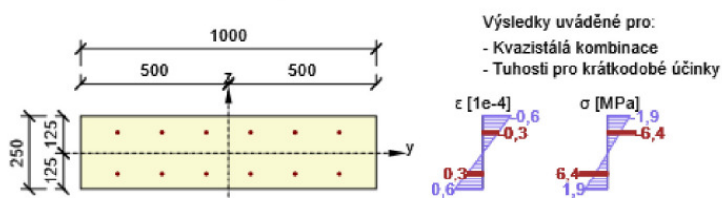
Součinitel dotvarování

Způsob určení	h ₀ [mm]	A _c [mm ²]	u [mm]	t [d]	t ₀ [d]	t _s [d]	RH [%]	Použití γ _{lt}	φ(t,t ₀) [-]
Automatické	200	250000	2500	36500,0	28,0	7,0	65	Ne	1,98

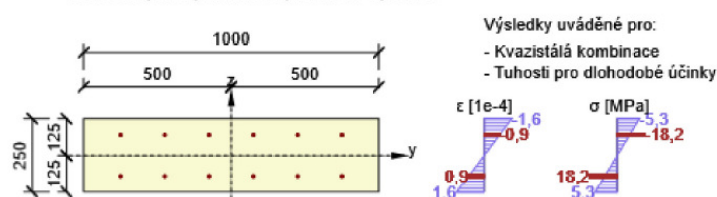
Upozornění

Upozornění									
	Pro krátkodobé účinky trhliny nevznikají – v nejvíce tažených vláknech nebylo překročeno efektivní tahové napětí od dlouhodobých účinků podle čl. 7.1 (2)								

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



2.1.1.9 Konstruktivní zásady

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Využití _{pod} [%]	Rozhodující [%]	Mez [%]	Posudek
5,0	27,0	0,0	50,0	50,0	100,0	OK

Kontrola konstrukčních zásad pro podélnou výztuž

Typ	Hodnota _{vyp}	Hodnota _{mez}	Využití [%]	Posudek
Minimální stupeň vyztužení hlavní výztuží, 9.3.1.1 (1) [%]	0,84	0,15	18,0	OK
Maximální stupeň vyztužení hlavní výztuží, 9.3.1.1 (1) [%]	0,42	4,00	10,5	OK
Minimální světla vzdálenost hlavní výztuže, 8.2 (2) [mm]	140	21	15,0	OK
Maximální osová vzdálenost hlavní výztuže, 9.3.1.1 (3) [mm]	150	300	50,0	OK

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení konstrukčních zásad

b _w [mm]	d [mm]	A _c [mm ²]	b _t * d [mm ²]	f _{yk} [MPa]	f _{yd} [MPa]	f _{ck} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	f _{cd} [MPa]
1000	184	250000	0	500,0	434,8	30,0	2,9	20,0