

ZMĚNA	DATUM	POZNÁMKA

zhotovitel:	Ing. Michal Kubalík STATIKA POZEMNÍCH STAVEB	tel.: 777 891 331 e-mail: michal@kubalik-statika.cz web: www.kubalik-statika.cz
-------------	--	--

název stavby:	CYKLOSTEZKA TŘEBÍČ - VLADISLAV SO202 - LÁVKA PODÉL I/23, KM 1,801 - KM 1,821 ZÁKLADOVÉ OPĚRKY	
investor:	Město Třebíč Karlovo náměstí 104/55, 674 01 Třebíč	č.paré:
zodp. projektant:	Ing. Michal Kubalík	
část dokumentace:	D.1.2.b - STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	datum: 2/2023
stup. dokumentace:	DPS - Dokumentace pro provedení stavby	
název přílohy:	STATICKÝ VÝPOČET	číslo přílohy: 6

Obsah	strana
1. Úvod	2
1.1 Identifikační údaje	2
1.2 Podklady	2
1.3 Normy navrhování	2
1.4 Technické pomůcky	2
1.5 Výpočetní technika a programy	2
1.6 Popis výpočtu konstrukcí	2
2. Návrh a posouzení konstrukcí základových opěrek	3
2.1 Návrh a posouzení základu do zeminy F4 tuhé konzistence	3
2.2 Návrh a posouzení základu do zeminy G3	7
2.3 Návrh a posouzení železobetonového průřezu	11

1. Úvod

1.1 Identifikační údaje:

Stavba: Cyklostezka Třebíč - Vladislav
SO202 – Lávka podél I/23, km 1,801 – km 1,821
Základové opěrky
Investor: Město Třebíč
Karlovo náměstí 104/55, 674 01 Třebíč

1.2 Podklady

Projektové podklady: Rozpracovaná stavební část projektu, NDCon s.r.o., Ing. Pavel Ibl, Zlatnická 10/1582, 110 00 Praha 1, leden 2023
Stanovení reakcí z lávky do základových konstrukcí, TEKO projekt s.r.o., Ing. Petr Ibl, Ing. Jaromír Hadrava, TEKO projekt s.r.o., Cyrila Boudy 1444, 272 01 Kladno, září 2022, digitální verze zaslaná e-mailem
Zatížení konstrukce vyvolané působením vody, NDCon s.r.o., Zlatnická 10/1582, 110 00 Praha 1, příloha vložená na konci technické zprávy
Průzkumy: Třebíč – cyklostezka, Orientační inženýrskogeologický průzkum, 4G consite s.r.o., Šli-kova 406/29, Praha 6, 169 00, červen 2022

1.3 Normy navrhování

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1992-1-2	Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 1004	Navrhování základových konstrukcí – Stanovení požadavků pro výpočetní metody
ČSN 73 0037	Zemní tlak na stavební konstrukce
ČSN EN 206	Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 10080	Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel - Všeobecně

1.4 Technické pomůcky

- TP 51 J. Hořejší, J. Šafka: Statické tabulky, SNTL, Praha 1987

1.5 Výpočetní technika a programy

- Vlastní tabulky pro dimenzování konstrukcí podle výše uvedených norem v programu Microsoft Excel.

1.6 Popis výpočtu konstrukcí

Kategorie návrhové životnosti: **4** budovy a další běžné stavby

Informativní návrhová životnost: **50 let**

Mezní stavy únosnosti:

STR představuje případ vnitřního porušení nebo nadměrného přetvoření konstrukce nebo nosných prvků, kde rozhoduje pevnost materiálů konstrukce;

GEO je případ poruchy či nadměrného přetvoření základové půdy, při kterém pevnost zeminy a hornin je podstatná pro zajištění únosnosti;

Popis výpočtu:

Ve statickém výpočtu jsou navrženy a posouzeny základové opěrky pro mezní stavy únosnosti (STR) a na mezní stavy použitelnosti. Z hlediska únosnosti zeminy jsou základové opěrky navrženy pro mezní stav únosnosti (GEO) podle 2.geotechnické kategorie. V základové spáře jsou uvažovány zeminy F4 CSO tuhé konzistence a G3 G-F. Základovou spáru bude nutné převzít geologem nebo geotechnikem!

2. Návrh a posouzení konstrukcí základových opěrek

2.1 Návrh a posouzení základu do zeminy F4 tuhé konzistence

Návrhový přístup 1

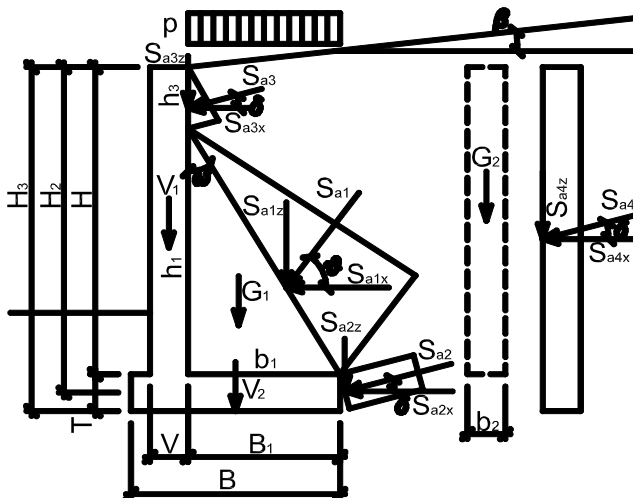
Kombinace 2

: A2 + M2 + R1

Zatížení základu od působení zemního tlaku

Návrh geometrie stěny

výška stěny	H =	3,38 m
tloušťka stěny	V =	0,68 m
šířka základu	B =	6,68 m
vyložení základu	B ₁ =	6,00 m
výška základu	T =	0,35 m
hloubka založení	D =	0,60 m
délka základu	L =	4,36 m
sklon terénu	β =	0°
sklon základu	α =	0°
výška	H ₂ =	3,56 m
výška	H ₃ =	3,73 m



Užitné zatížení na povrchu

$$p_d = 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,30 = 6,50 \text{ kN/m}^2$$

Objemová tíha železobetonu

$$\gamma_{b,d,neg} = 24 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 24 \text{ kN/m}^3$$

Parametry zásypu

zemina S5 SC písek hlinitý nebo jílovitý

$$\varphi_{efd} = \frac{\varphi_{efn}}{\gamma_\varphi} = \frac{26^\circ}{1,25} = 20,80^\circ$$

úhel tření na rubu stěny

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot 20,80^\circ = 13,87^\circ$$

$$\gamma_{d,neg} = 18,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{d,poz} = 18,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

stanovení sklonu aktivního klínu

$$\omega = 32,00^\circ$$

správně stanovený sklon

sklon zemního tlaku na klín

$$\theta = \varphi + \omega = 20,80^\circ + 32,00^\circ = 52,80^\circ$$

rozměry aktivního klínu

zvýšení klínu vlivem sklonu terénu se zanedbává

$$\begin{aligned} b_1 &= H \cdot \tan \omega = 3,38 \cdot \tan 32,00^\circ = 2,11 \text{ m} & b_1 = B_1 = 6,00 \text{ m} \\ \min b_1 &= 2,11 \text{ m} & h_1 &= b_1 / \tan \omega = 2,11 / \tan 32,00^\circ = 3,38 \text{ m} \\ b_2 &= B_1 - \min b_1 = 6,00 - 2,11 = 3,89 \text{ m} \\ h_3 &= H - h_1 = 3,38 - 3,38 = 0,00 \text{ m} \end{aligned}$$

součinitel aktivního zemního tlaku na aktivním klínu, kde

$$K_{a1} = 0,79$$

$$\delta = \varphi$$

součinitel aktivního zemního tlaku na rubu stěny, kde

$$K_{a2} = 0,42$$

$$\omega = 0,00^\circ$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na aktivním klínu

$$\begin{aligned} S_{a1} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{d,neg} \cdot K_{a1} \cdot (H^2 - h_3^2) \\ S_{a1} &= \frac{1}{2} \cdot 18,50 \cdot 0,79 \cdot (3,38^2 - 0,00^2) = 83,05 \text{ kN/m} \\ S_{a1x} &= S_{a1} \cdot \cos \theta = 83,05 \cdot \cos 52,80^\circ = 50,21 \text{ kN/m} \\ S_{a1z} &= S_{a1} \cdot \sin \theta = 83,05 \cdot \sin 52,80^\circ = 66,15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na rubu základu

$$\begin{aligned} S_{a2} &= T \cdot \gamma_{d,neg} \cdot H_2 \cdot K_{a2} \\ S_{a2} &= 0,35 \cdot 18,50 \cdot 3,56 \cdot 0,42 = 9,77 \text{ kN/m} \\ S_{a2x} &= S_{a2} \cdot \cos \delta = 9,77 \cdot \cos 13,87^\circ = 9,49 \text{ kN/m} \\ S_{a2z} &= S_{a2} \cdot \sin \delta = 9,77 \cdot \sin 13,87^\circ = 2,34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na rubu stěny

$$\begin{aligned} S_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{d,neg} \cdot h_3^2 \cdot K_{a2} \\ S_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot 18,50 \cdot 0,00^2 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m} \\ S_{a3x} &= S_{a3} \cdot \cos \delta = 0,00 \cdot \cos 13,87^\circ = 0,00 \text{ kN/m} \\ S_{a3z} &= S_{a3} \cdot \sin \delta = 0,00 \cdot \sin 13,87^\circ = 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku od užitého zatížení na povrchu na bm úhlové stěny na rubu stěny

$$S_{a4} = p_d \cdot H_3 \cdot K_{a2} = 6,50 \cdot 3,73 \cdot 0,42 = 10,29 \text{ kN/m}$$

$$S_{a4x} = S_{a4} \cdot \cos \delta = 10,29 \cdot \cos 13,87^\circ = 9,99 \text{ kN/m}$$

$$S_{a4z} = S_{a4} \cdot \sin \delta = 10,29 \cdot \sin 13,87^\circ = 2,47 \text{ kN/m}$$

Vlastní tíhy zeminy

$$G_1 = 1/2 \cdot b_1 \cdot H \cdot \gamma_{d,poz} = 1/2 \cdot 2,11 \cdot 3,38 \cdot 18,50 = 66,03 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = b_2 \cdot H \cdot \gamma_{d,poz} = 3,89 \cdot 3,38 \cdot 18,50 = 243,11 \text{ kN/m}$$

Vlastní tíhy železobetonové konstrukce

odečtení tíhy ozubu

$$V_1 = V \cdot H \cdot \gamma_{b,d,neg} - \text{šířka} \cdot \text{výška} \cdot \gamma_{b,d,neg} = 0,68 \cdot 3,38 \cdot 24,00 - 0,48 \cdot 0,61 \cdot 24,00 = 48,13 \text{ kN/m}$$

$$V_2 = B \cdot T \cdot \gamma_{b,d,neg} = 6,68 \cdot 0,35 \cdot 24,00 = 56,11 \text{ kN/m}$$

Návrhové zatížení na běžný metr základu

		$M_{sa1x} = -50,21 \cdot 1,48 = -74,14 \text{ kN}$
$S_{a1z} = 66,15 \text{ kN}$		$M_{sa1z} = 66,15 \cdot 2,64 = 174,37 \text{ kN}$
$S_{a2z} = 2,34 \text{ kN}$		$M_{sa2x} = -9,49 \cdot 0,18 = -1,66 \text{ kN}$
$S_{a3z} = 0,00 \text{ kN}$		$M_{sa2z} = 2,34 \cdot 3,34 = 7,82 \text{ kN}$
$S_{a4z} = 2,47 \text{ kN}$		$M_{sa3x} = 0,00 \cdot 3,73 = 0,00 \text{ kN}$
$G_1 = 66,03 \text{ kN}$		$M_{sa3z} = 0,00 \cdot -2,66 = 0,00 \text{ kN}$
$G_2 = 243,11 \text{ kN}$		$M_{sa4x} = -9,99 \cdot 1,87 = -18,64 \text{ kN}$
$V_1 = 48,13 \text{ kN}$		$M_{sa4z} = 2,47 \cdot -2,66 = -6,56 \text{ kN}$
$V_2 = 56,11 \text{ kN}$		$M_{G1} = 66,03 \cdot 1,93 = 127,57 \text{ kN}$
celková svislá síla V_q 484,35 kN		$M_{G2} = 243,11 \cdot -0,72 = -174,08 \text{ kN}$
		$M_{V1} = 48,13 \cdot -3,00 = -144,40 \text{ kN}$

celkový moment k ose základu M_q **-109,72 kNm**

celková vodor. síla H_q **69,69 kN**

Návrhové zatížení základu

délka základu

$$V_A = 484,35 \cdot 4,36 = 2111,77 \text{ kN}$$

$$H_{x;A} = 69,69 \cdot 4,36 = 303,85 \text{ kN}$$

$$H_{y;A} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{x;A} = 109,72 \cdot 4,36 = 478,36 \text{ kNm}$$

$$M_{y;A} = 0,00 \text{ kNm}$$

Zatížení základu od příčných stěn

Návrhové zatížení základu

	počet stěn	plocha jedné stěny	tl. stěny	návrhová obj. tíha	
$V_B =$	2	6,00	3,38	0,35	24,00 = 340,70 kN
$H_{x;B} =$	0,00 kN				
$H_{y;B} =$	0,00 kN				
$M_{x;B} =$	340,70	(3,00 - 3,34)			= -115,84 kNm
$M_{y;B} =$	0,00 kNm				

Zatížení základu od lávky

$$R_x = (11,45 + 10,50 + 4,57 + 4,84 + 8,69) \cdot 1,50 = 60,08 \text{ kN}$$

$$R_y = 34,78 \cdot 1,50 = 52,17 \text{ kN}$$

$$R_z = (34,80 + 33,64 + 32,98 + 34,78 + 34,80) \cdot 1,50 = 256,50 \text{ kN}$$

Návrhové zatížení základu

$$V_C = 256,50 \text{ kN}$$

$$H_{x;C} = 60,08 \text{ kN}$$

$$H_{y;C} = 52,17 \text{ kN}$$

$$M_{x;C} = 60,08 \cdot 3,12 + 256,50 \cdot 3,14 = 991,56 \text{ kNm}$$

$$M_{y;C} = 52,17 \cdot 3,12 = 162,77 \text{ kNm}$$

Zatížení základu od proudu vody

Návrhové zatížení základu

$$V_D = 0,00 \text{ kN}$$

$$H_{x;D} = 0,00 \text{ kN}$$

$$H_{y;D} = 2,16 \cdot 6,68 \cdot 3,73 \cdot 1,50 = 80,73 \text{ kN}$$

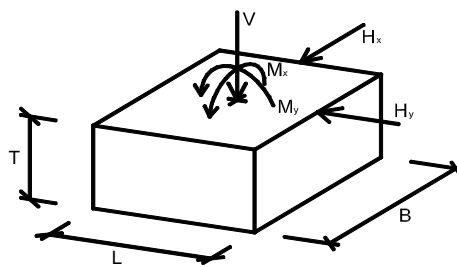
$$M_{x;D} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{y;D} = 80,73 \cdot 2,04 = 164,69 \text{ kNm}$$

Návrh a posouzení základu

Zatížení		zemí tlak		příčné stěny		lávka		proud vody		návrhové zatížení
V	=	2111,77	+	340,70	+	256,50	+	0,00	=	2708,98 kN
H _x	=	303,85	+	0,00	+	60,08	+	0,00	=	363,93 kN
H _y	=	0,00	+	0,00	+	52,17	+	80,73	=	132,90 kN
M _x	=	478,36	+	-115,84	+	991,56	+	0,00	=	1354,08 kNm
M _y	=	0,00	+	0,00	+	162,77	+	164,69	=	327,46 kNm

Návrh základu	šířka základu	$B = 6,68 \text{ m}$
	délka základu	$L = 4,36 \text{ m}$
	výška základu	$T = 0,35 \text{ m}$
	hloubka založení	$D = 0,60 \text{ m}$
	plocha základu	$A = 29,12 \text{ m}^2$
	tiha základu	$G = 244,65 \text{ kN}$
	sklon základu	$\alpha = 0^\circ$



Excentricita základu - Posouzení základu na ztrátu celkové stability

$$e_x = \frac{M_x}{V} = \frac{1354,08}{2708,98} = 0,50 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_y}{V} = \frac{327,46}{2708,98} = 0,12 \text{ m}$$

$$\left(\frac{e_x}{B}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{L}\right)^2 < \left(\frac{1}{3}\right)^2$$

$$\left(\frac{0,50}{6,68}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{4,36}\right)^2 = 0 < 1/9$$

vyhovuje

Efektivní plocha

$$B_{ef} = B - 2 \cdot e_x = 6,68 - 2 \cdot 0,50 = 5,68 \text{ m}$$

$$L_{ef} = L - 2 \cdot e_y = 4,36 - 2 \cdot 0,12 = 4,12 \text{ m}$$

$$A_{ef} = B_{ef} \cdot L_{ef} = 5,68 \cdot 4,12 = 23,39 \text{ m}^2$$

Parametry základové půdy

zemina

F4 tuhá

CS

jemnozrnná zemina písčítá

$$\varphi_{ud} = \frac{\varphi_{un}}{\gamma_{\varphi}} = \frac{0^{\circ}}{1,25} = 0^{\circ}$$

$$\varphi_{efd} = \frac{\varphi_{efn}}{\gamma_{\varphi}} = \frac{22^{\circ}}{1,25} = 18^{\circ}$$

$$\gamma = 18,5 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{ud} = \frac{c_u}{\gamma_c} = \frac{50 \text{ kPa}}{1,25} = 40 \text{ kPa}$$

$$c_{efd} = \frac{c_{efn}}{\gamma_c} = \frac{10 \text{ kPa}}{1,25} = 8 \text{ kPa}$$

Kontrola stability proti posunutí

výslednice vodorovného zatížení

$$H_q = (H_{q;x}^2 + H_{q;y}^2)^{0,5}$$

$$H_q = (363,93^2 + 132,90^2)^{0,5} = 387,43 \text{ kN}$$

únosnost základové spáry proti posunutí

$$(V_q + \gamma) \cdot \gamma_{poz} \cdot \tan \varphi$$

$$(2708,98 + 1,30) \cdot 0,90 \cdot \tan 17,60^{\circ} = 594,93 \text{ kN}$$

$$c \cdot A_{ef}$$

$$8,00 \cdot 23,39 = 187,14 \text{ kN}$$

$$782,07 \text{ kN}$$

>

$$H_q = 387,43 \text{ kN}$$

vyhovuje

Posouzení základu na únosnost - krátkodobá únosnost - neodvodněné podmínky

$$R/A = (\pi + 2) \cdot c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q$$

$$R/A = (3,14 + 2) \cdot 40,00 \cdot 1,00 \cdot 1,28 \cdot 0,88 + 11,10$$

$$R/A = 242,7 \text{ kPa}$$

$$\frac{R/A}{\gamma_R} = \frac{242,73}{1,00} = 242,7 \text{ kPa} > \frac{V_q + G}{A_{ef}} = \frac{2708,98 + 244,65}{23,39} = 126,3 \text{ kPa}$$

vyhovuje

Posouzení základu na únosnost - dlouhodobá únosnost - odvodněné podmínky

$$R/A = c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c$$

$$+ q \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q$$

$$+ 0,5 \cdot \gamma \cdot B_{ef} \cdot N_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma}$$

$$R/A = 8,00 \cdot 12,79 \cdot 1,00 \cdot 1,52 \cdot 0,81$$

$$+ 11,10 \cdot 5,06 \cdot 1,00 \cdot 1,42 \cdot 0,85$$

$$+ 0,5 \cdot 18,50 \cdot 5,68 \cdot 2,57 \cdot 1,00 \cdot 0,59 \cdot 0,75$$

$$R/A = 252,9 \text{ kPa}$$

$$\frac{R/A}{\gamma_R} = \frac{252,88}{1,00} = 252,9 \text{ kPa} > \frac{V_q + G}{A_{ef}} = \frac{2708,98 + 244,65}{23,39} = 126,3 \text{ kPa}$$

vyhovuje

2.2 Návrh a posouzení základu do zeminy G3

Návrhový přístup 1

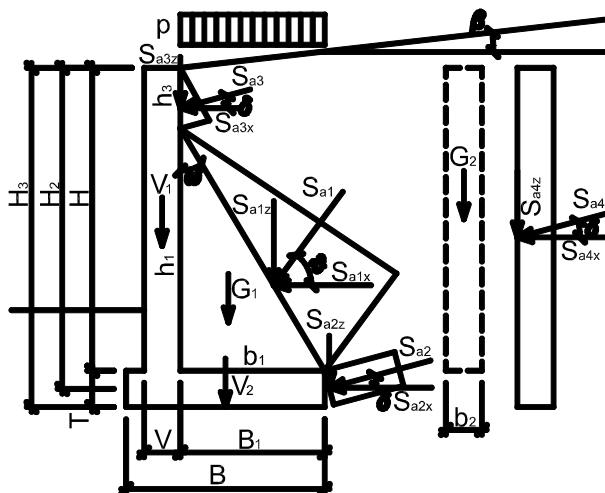
Kombinace 2

: A2 + M2 + R1

Zatížení základu od působení zemního tlaku

Návrh geometrie stěny

výška stěny	H =	3,38 m
tloušťka stěny	V =	0,68 m
šířka základu	B =	6,68 m
vyložení základu	B ₁ =	6,00 m
výška základu	T =	0,35 m
hloubka založení	D =	0,60 m
délka základu	L =	4,36 m
sklon terénu	β =	0°
sklon základu	α =	0°
výška	H ₂ =	3,56 m
výška	H ₃ =	3,73 m



Užitné zatížení na povrchu $p_d = 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,30 = 6,50 \text{ kN/m}^2$

Objemová tíha železobetonu $\gamma_{b,d,neg} = 24 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 24 \text{ kN/m}^3$

Parametry zásypu zemina S5 SC písek hlinitý nebo jílovitý

$$\varphi_{efd} = \frac{\varphi_{efn}}{\gamma_\varphi} = \frac{26^\circ}{1,25} = 20,80^\circ$$

úhel tření na rubu stěny

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot 20,80^\circ = 13,87^\circ$$

$$\gamma_{d,neg} = 18,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{d,poz} = 18,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

stanovení sklonu aktivního klínu $\omega = 32,00^\circ$

správně stanovený sklon

$$\text{sklon zemního tlaku na klín} \quad \theta = \varphi + \omega = 20,80^\circ + 32,00^\circ = 52,80^\circ$$

rozměry aktivního klínu zvýšení klínu vlivem sklonu terénu se zanedbává

$$\begin{aligned} b_1 &= H \cdot \tan \omega = 3,38 \cdot \tan 32,00^\circ = 2,11 \text{ m} & b_1 &= B_1 = 6,00 \text{ m} \\ \min b_1 &= 2,11 \text{ m} & h_1 &= b_1 / \tan \omega = 2,11 / \tan 32,00^\circ = 3,38 \text{ m} \\ b_2 &= B_1 - \min b_1 = 6,00 - 2,11 = 3,89 \text{ m} \\ h_3 &= H - h_1 = 3,38 - 3,38 = 0,00 \text{ m} \end{aligned}$$

součinitel aktivního zemního tlaku na aktivním klínu, kde

$$\delta = \varphi$$

$$K_{a1} = 0,79$$

součinitel aktivního zemního tlaku na rubu stěny, kde

$$\omega = 0,00^\circ$$

$$K_{a2} = 0,42$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na aktivním klínu

$$\begin{aligned} S_{a1} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{d,neg} \cdot K_{a1} \cdot (H^2 - h_3^2) \\ S_{a1} &= \frac{1}{2} \cdot 18,50 \cdot 0,79 \cdot (3,38^2 - 0,00^2) = 83,05 \text{ kN/m} \\ S_{a1x} &= S_{a1} \cdot \cos \theta = 83,05 \cdot \cos 52,80^\circ = 50,21 \text{ kN/m} \\ S_{a1z} &= S_{a1} \cdot \sin \theta = 83,05 \cdot \sin 52,80^\circ = 66,15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na rubu základu

$$\begin{aligned} S_{a2} &= T \cdot \gamma_{d,neg} \cdot H_2 \cdot K_{a2} \\ S_{a2} &= 0,35 \cdot 18,50 \cdot 3,56 \cdot 0,42 = 9,77 \text{ kN/m} \\ S_{a2x} &= S_{a2} \cdot \cos \delta = 9,77 \cdot \cos 13,87^\circ = 9,49 \text{ kN/m} \\ S_{a2z} &= S_{a2} \cdot \sin \delta = 9,77 \cdot \sin 13,87^\circ = 2,34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku na bm úhlové stěny na rubu stěny

$$\begin{aligned} S_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{d,neg} \cdot h_3^2 \cdot K_{a2} \\ S_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot 18,50 \cdot 0,00^2 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m} \\ S_{a3x} &= S_{a3} \cdot \cos \delta = 0,00 \cdot \cos 13,87^\circ = 0,00 \text{ kN/m} \\ S_{a3z} &= S_{a3} \cdot \sin \delta = 0,00 \cdot \sin 13,87^\circ = 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Výslednice zemního tlaku od užitého zatížení na povrchu na bm úhlové stěny na rubu stěny

$$S_{a4} = p_d \cdot H_3 \cdot K_{a2} = 6,50 \cdot 3,73 \cdot 0,42 = 10,29 \text{ kN/m}$$

$$S_{a4x} = S_{a4} \cdot \cos \delta = 10,29 \cdot \cos 13,87^\circ = 9,99 \text{ kN/m}$$

$$S_{a4z} = S_{a4} \cdot \sin \delta = 10,29 \cdot \sin 13,87^\circ = 2,47 \text{ kN/m}$$

Vlastní tíhy zeminy

$$G_1 = 1/2 \cdot b_1 \cdot H \cdot \gamma_{d,poz} = 1/2 \cdot 2,11 \cdot 3,38 \cdot 18,50 = 66,03 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = b_2 \cdot H \cdot \gamma_{d,poz} = 3,89 \cdot 3,38 \cdot 18,50 = 243,11 \text{ kN/m}$$

Vlastní tíhy železobetonové konstrukce

odečtení tíhy ozubu

$$V_1 = V \cdot H \cdot \gamma_{b,d,neg} - \text{šířka} \cdot \text{výška} \cdot \gamma_{b,d,neg} = 0,68 \cdot 3,38 \cdot 24,00 - 0,48 \cdot 0,61 \cdot 24,00 = 48,13 \text{ kN/m}$$

$$V_2 = B \cdot T \cdot \gamma_{b,d,neg} = 6,68 \cdot 0,35 \cdot 24,00 = 56,11 \text{ kN/m}$$

Návrhové zatížení na běžný metr základu

	$M_{sa1x} = -50,21 \cdot 1,48 = -74,14 \text{ kN}$
$S_{a1z} = 66,15 \text{ kN}$	$M_{sa1z} = 66,15 \cdot 2,64 = 174,37 \text{ kN}$
$S_{a2z} = 2,34 \text{ kN}$	$M_{sa2x} = -9,49 \cdot 0,18 = -1,66 \text{ kN}$
$S_{a3z} = 0,00 \text{ kN}$	$M_{sa2z} = 2,34 \cdot 3,34 = 7,82 \text{ kN}$
$S_{a4z} = 2,47 \text{ kN}$	$M_{sa3x} = 0,00 \cdot 3,73 = 0,00 \text{ kN}$
$G_1 = 66,03 \text{ kN}$	$M_{sa3z} = 0,00 \cdot -2,66 = 0,00 \text{ kN}$
$G_2 = 243,11 \text{ kN}$	$M_{sa4x} = -9,99 \cdot 1,87 = -18,64 \text{ kN}$
$V_1 = 48,13 \text{ kN}$	$M_{sa4z} = 2,47 \cdot -2,66 = -6,56 \text{ kN}$
$V_2 = 56,11 \text{ kN}$	$M_{G1} = 66,03 \cdot 1,93 = 127,57 \text{ kN}$

celková svislá síla V_q **484,35 kN**

$$M_{G2} = 243,11 \cdot -0,72 = -174,08 \text{ kN}$$

$$M_{V1} = 48,13 \cdot -3,00 = -144,40 \text{ kN}$$

celkový moment k ose základu M_q **-109,72 kNm**

$$S_{a1x} = 50,21 \text{ kN}$$

$$S_{a2x} = 9,49 \text{ kN}$$

$$S_{a3x} = 0,00 \text{ kN}$$

$$S_{a4x} = 9,99 \text{ kN}$$

celková vodor. síla H_q **69,69 kN**

Návrhové zatížení základu

délka základu

$$V_A = 484,35 \cdot 4,36 = 2111,77 \text{ kN}$$

$$H_{x;A} = 69,69 \cdot 4,36 = 303,85 \text{ kN}$$

$$H_{y;A} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{x;A} = 109,72 \cdot 4,36 = 478,36 \text{ kNm}$$

$$M_{y;A} = 0,00 \text{ kNm}$$

Zatížení základu od příčných stěn

Návrhové zatížení základu

	počet stěn	plocha jedné stěny	tl. stěny	návrhová obj. tíha	
$V_B =$	2	6,00	3,38	0,35	24,00 = 340,70 kN
$H_{x;B} =$	0,00 kN				
$H_{y;B} =$	0,00 kN				
$M_{x;B} =$	340,70	(3,00 - 3,34)			= -115,84 kNm
$M_{y;B} =$	0,00 kNm				

Zatížení základu od lávky

$$R_x = (11,45 + 10,50 + 4,57 + 4,84 + 8,69) \cdot 1,50 = 60,08 \text{ kN}$$

$$R_y = 34,78 \cdot 1,50 = 52,17 \text{ kN}$$

$$R_z = (34,80 + 33,64 + 32,98 + 34,78 + 34,80) \cdot 1,50 = 256,50 \text{ kN}$$

Návrhové zatížení základu

$$V_C = 256,50 \text{ kN}$$

$$H_{x;C} = 60,08 \text{ kN}$$

$$H_{y;C} = 52,17 \text{ kN}$$

$$M_{x;C} = 60,08 \cdot 3,12 + 256,50 \cdot 3,14 = 991,56 \text{ kNm}$$

$$M_{y;C} = 52,17 \cdot 3,12 = 162,77 \text{ kNm}$$

Zatížení základu od proudu vody

Návrhové zatížení základu

$$V_D = 0,00 \text{ kN}$$

$$H_{x;D} = 0,00 \text{ kN}$$

$$H_{y;D} = 2,16 \cdot 6,68 \cdot 3,73 \cdot 1,50 = 80,73 \text{ kN}$$

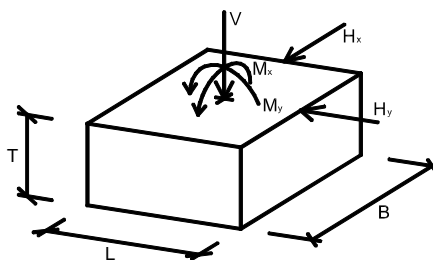
$$M_{x;D} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{y;D} = 80,73 \cdot 2,04 = 164,69 \text{ kNm}$$

Návrh a posouzení základu

Zatížení		zemí tlak		příčné stěny		lávka		proud vody		návrhové zatížení
V	=	2111,77	+	340,70	+	256,50	+	0,00	=	2708,98 kN
H _x	=	303,85	+	0,00	+	60,08	+	0,00	=	363,93 kN
H _y	=	0,00	+	0,00	+	52,17	+	80,73	=	132,90 kN
M _x	=	478,36	+	-115,84	+	991,56	+	0,00	=	1354,08 kNm
M _y	=	0,00	+	0,00	+	162,77	+	164,69	=	327,46 kNm

Návrh základu	šířka základu	$B = 6,68 \text{ m}$
	délka základu	$L = 4,36 \text{ m}$
	výška základu	$T = 0,35 \text{ m}$
	hloubka založení	$D = 0,60 \text{ m}$
	plocha základu	$A = 29,12 \text{ m}^2$
	tiha základu	$G = 244,65 \text{ kN}$
	sklon základu	$\alpha = 0^\circ$



Excentricita základu - Posouzení základu na ztrátu celkové stability

$$e_x = \frac{M_x}{V} = \frac{1354,08}{2708,98} = 0,50 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_y}{V} = \frac{327,46}{2708,98} = 0,12 \text{ m}$$

$$\left(\frac{e_x}{B}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{L}\right)^2 < \left(\frac{1}{3}\right)^2$$

$$\left(\frac{0,50}{6,68}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{4,36}\right)^2 = 0 < 1/9$$

vyhovuje

Efektivní plocha

$$B_{ef} = B - 2 \cdot e_x = 6,68 - 2 \cdot 0,50 = 5,68 \text{ m}$$

$$L_{ef} = L - 2 \cdot e_y = 4,36 - 2 \cdot 0,12 = 4,12 \text{ m}$$

$$A_{ef} = B_{ef} \cdot L_{ef} = 5,68 \cdot 4,12 = 23,39 \text{ m}^2$$

Parametry základové půdy

zemina

G3

G-F

štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy

$$\varphi_{ud} = \frac{\varphi_{un}}{\gamma_{\varphi}} = \frac{0^{\circ}}{1,25} = 0^{\circ}$$

$$\varphi_{efd} = \frac{\varphi_{efn}}{\gamma_{\varphi}} = \frac{30^{\circ}}{1,25} = 24^{\circ}$$

$$\gamma = 19,0 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{ud} = \frac{c_u}{\gamma_c} = \frac{0 \text{ kPa}}{1,25} = 0 \text{ kPa}$$

$$c_{efd} = \frac{c_{ef}}{\gamma_c} = \frac{0 \text{ kPa}}{1,25} = 0 \text{ kPa}$$

Kontrola stability proti posunutí

výslednice vodorovného zatížení

$$H_q = (H_{q;x}^2 + H_{q;y}^2)^{0,5}$$

$$H_q = (363,93^2 + 132,90^2)^{0,5} = 387,43 \text{ kN}$$

únosnost základové spáry proti posunutí

$$(V_q + \gamma) \cdot \gamma_{poz} \cdot \tan \varphi$$

$$(2708,98 / 1,30) \cdot 0,90 \cdot \tan 24,00^{\circ} = 835,00 \text{ kN}$$

$$c \cdot A_{ef}$$

$$0,00 \cdot 23,39 = 0,00 \text{ kN}$$

$$835,00 \text{ kN}$$

>

$$H_q = 387,43 \text{ kN}$$

vyhovuje

Posouzení základu na únosnost - dlouhodobá únosnost - odvozené podmínky

$$R/A = c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c$$

$$+ q \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q$$

$$+ 0,5 \cdot \gamma \cdot B_{ef} \cdot N_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma}$$

$$R/A = 0,00 \cdot 19,32 \cdot 1,00 \cdot 1,63 \cdot 0,80$$

$$+ 11,40 \cdot 9,60 \cdot 1,00 \cdot 1,56 \cdot 0,82$$

$$+ 0,5 \cdot 19,00 \cdot 5,68 \cdot 7,66 \cdot 1,00 \cdot 0,59 \cdot 0,71$$

$$R/A = 311,6 \text{ kPa}$$

$$\frac{R/A}{\gamma_R} = \frac{311,57}{1,00} = 311,6 \text{ kPa} > \frac{V_q + G}{A_{ef}} = \frac{2708,98 + 244,65}{23,39} = 126,3 \text{ kPa}$$

vyhovuje

2.3 Návrh a posouzení železobetonového průřezu

Vnitřní síly a deformace od zemního tlaku v klidu pro dimenzování konstrukce

součinitel zemního tlaku v klidu

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 21^\circ = 0,64$$

Zatížení

zatěžovací šířka

γ

$$q_1 \text{ užité zatížení na povrchu} \quad 5,00 \cdot 0,64 \cdot 1,00 = 3,22 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 4,84 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 3,22 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 4,84 \text{ kN/m}$$

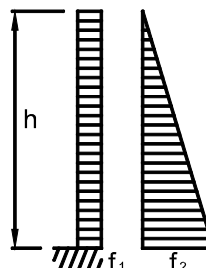
$$g_1 \text{ zemina} \quad 18,50 \cdot 3,38 \cdot 0,64 \cdot 1,00 = 40,33 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 54,44 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 40,33 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 54,44 \text{ kN/m}$$

Schéma konstrukce

výška konstrukce

$$h = 3,38 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce

$$M = \frac{1}{2} \cdot f_1 \cdot h^2$$

$$M = \frac{1}{6} \cdot f_2 \cdot h^2$$

$$M_q = \frac{1}{2} \cdot 3,22 \cdot 3,38^2 = 18,42 \text{ kNm} \quad 1,50 = 27,63 \text{ kNm}$$

$$M_g = \frac{1}{6} \cdot 40,33 \cdot 3,38^2 = 76,78 \text{ kNm} \quad 1,35 = 103,66 \text{ kNm}$$

$$\text{celkový moment} \quad M_f = 95,20 \text{ kNm} \quad 1,38 \quad 131,28 \text{ kNm}$$

$$V = f_1 \cdot h$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot f_2 \cdot h$$

$$V_q = 3,22 \cdot 3,38 = 10,90 \text{ kN} \quad 1,50 = 16,35 \text{ kN}$$

$$V_g = \frac{1}{2} \cdot 40,33 \cdot 3,38 = 68,15 \text{ kN} \quad 1,35 = 92,00 \text{ kN}$$

$$\text{posouvající síla} \quad V_a = 79,05 \text{ kN} \quad 1,37 \quad 108,35 \text{ kN}$$

Pružné deformace s uvažovaným pootočením v podpoře

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E \cdot I} \cdot (2 \cdot h)^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{76,78}{32,00} \cdot 6,76^2 = 3,2 \text{ mm}$$

$$w_g = 3,2 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E \cdot I} \cdot (2 \cdot h)^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{18,42}{32,00} \cdot 6,76^2 = 0,8 \text{ mm}$$

$$w_q = 0,8 \text{ mm}$$

$$w_f = 4,0 \text{ mm}$$

Zatížení

$$M_d = 131,28 \text{ kNm}$$

$$V_d = 108,35 \text{ kN}$$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

Beton

$$C30/37$$

$$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$$

$$I_c = 0,003573 \text{ m}^4$$

$$f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,50$$

$$A_c = 0,350 \text{ m}^2$$

$$\eta = 1,00$$

$$\lambda = 0,80$$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž

$$B500 \text{ B}$$

$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

Počet ks na b

$$6,67 \text{ ks}$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200,00 \text{ GPa}$$

Průměr výztuže

$$\varnothing 16$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,17$$

$$\xi_{bal,1} = 0,62$$

Krytí výztuže

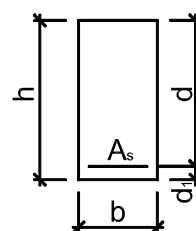
$$c = 40 \text{ mm}$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s,prov} = 1340 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_1 = 48 \text{ mm}$$

$$d = 302 \text{ mm}$$



Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 393 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 1340 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 14000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 1340 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 167,51 \text{ kNm} > M_d = 131,28 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{40,33 + 0,50 \cdot 3,22}{40,33 + 3,22} = 0,96$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,96 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,96 \cdot 95,20 = 91,68 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistálé kombinace

$$w_{elqp} = 0,96 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,96 \cdot 3,96 = 3,8 \text{ mm}$$

Výška konstrukce

$$l = 3,38 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

$$t_{0,s} = 5$$

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 80\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$$t (25 \text{ let}) = 9125$$

Začátek dotvarování (dny)

$$t_{0,c} = 28$$

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2,00 \text{ m}$$

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 1,57 \cdot 0,97 = 1,52$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 2,17 \cdot 0,97 = 2,10$$

Celkové poměrné smršťování

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0,000216 + 0,000050 = 0,0002658$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

Ohybová tuhost betonového průřezu bez výztuže z výpočetního modelu bez uvažování dotvarování

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 0,003573 = 114,33 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 12,69 \cdot 0,0038942 = 49,43 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 67,31 \text{ kNm}$$

<

$$M_{kqp} = 91,68 \text{ kNm}$$

trhliny se očekávají

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním

$$B = \frac{E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi)}{1 - 0,73} + \frac{E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi}{0,73} = \frac{49,43 \cdot (1 - 0,73)}{0,73} + \frac{15,11 \cdot 0,73}{0,73} = 24,36 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 3,8 \cdot \frac{67,31}{91,68} = 2,8 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 2,8 \cdot \frac{114,33}{49,43} = 6,5 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 3,8 - 2,8 = 1,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 1,01 \cdot \frac{114,33}{24,36} = 4,8 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 6,5 + 4,8 = 11,2 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00078 \cdot 3,38^2 = 0,8 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 200 = 3,38 / 200$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 11,2 + 0,8$$

$$w_{cel} = 12,0 \text{ mm}$$

<

$$w_{lim} = 16,9 \text{ mm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot x = 91,68 \cdot 0,0938 / 0,001191$$

$$\sigma_c = 7,22 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot (d - x) = 15,76 \cdot 91,68 \cdot 0,208 / 0,001191$$

$$\sigma_s = 252,62 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 61,94 \text{ kNm} < M_k = 95,20 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,27 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje