

AUTORIZACE

ČÍSLO PARE

ČÍSLO ZMĚNY	DATUM ZMĚNY	POPIS/OBSAH ZMĚNY	PODPIS

## MODERNIZACE SILNICE II/322 KOJICE - OBCHVAT

název akce

### SO 202 MOST NAD POLNÍ CESTOU





stavební objekt

Pardubický kraj Komenského náměstí 125 532 11 Pardubice objednatel	. . . spolupráce
Kojice místo stavby	Pardubický kraj

**DÍK**

**DOPRAVNĚ INŽENÝRSKÁ KANCELÁŘ**  
 Bozděchova 1668, 500 02 Hradec Králové  
 tel : 495 219 036, 495 212 647, fax : 495 221 677  
 e-mail : dik@dik - hk.cz, http : www.dik-hk.cz

<b>STATICKÝ VÝPOČET</b>		
výkres	měřítko	PDPS stupeň

ING. M. BURIANEC kontroloval		ING. L. BURIANEC hlavní inženýr projektu		A017/20 číslo zakázky	<b>D.4.2</b> číslo přílohy
ING. M. BURIANEC zodpovědný projektant		ING. J. FELGR vedoucí projektant		7/2020 datum	

## OBSAH

1	Statické výpočty.....	3
1.1	Statické schéma nosných prvků .....	3
1.1.1	Popis nosné konstrukce mostu .....	3
1.1.2	Statická schémata nosných prvků.....	3
1.2	Použité materiály .....	3
1.3	Stanovení zatížení .....	3
1.4	Únosnost a posouzení nosných prvků.....	4
1.4.1	ŽB rám.....	4
1.4.2	Přechodová deska.....	4
1.4.3	Římsa .....	4
1.4.4	Zábradelní svodidlo, mostní svodidlo .....	4
1.4.5	Protihluková stěna.....	4
1.5	Zatěžovací zkoušky .....	4
1.6	Zatížitelnost hlavní konstrukce .....	4
1.7	Zbytková životnost mostu .....	5
2	Přehled použitých norem a předpisů, software .....	6
3	Příloha – schémata, zatížení, výpočty, posudky .....	8

# 1 STATICKÉ VÝPOČTY

## 1.1 Statické schema nosných prvků

Statické uspořádání nového mostu bude otevřený rám s příčlemi a dvěma stojkami založený na pilotách do poloskalního podloží.

Model konstrukce, zadání zatížení a výpočty vnitřních sil jsou v modelu SCIA Engineering.

### 1.1.1 Popis nosné konstrukce mostu

Nová nosná konstrukce je složena z pilot, z rámových stojek uložených na základovou spáru tvořenou podkladním betonem uloženým na základové spáře, na které je přes rámový roh napojena rámová desková příčel s náběhy. Celý volný povrch bude opatřen sjednocujícím nátěrem.

### 1.1.2 Statická schémata nosných prvků

Statická schémata viz kapitola 3.

## 1.2 Použité materiály

Veškeré nové betonové konstrukce budou mít parametry splňující požadavky na odolnost vůči agresivitě prostředí, navíc budou chráněny před přímým vlivem prostředí izolační ochranou, především hydroizolačním souvrstvím s ochranou izolace.

Konstrukční prvek	Třída betonu	Stupeň vlivu prostředí	Min. tl. krytí výztuže $c_{min,dur}$	Provzdušnění, odolnost CHRL, min. vodotěsnost mm, max. vodní součinitel	Třída konstrukce
Rám (příčle i stojky, křídla)	C 30/37	XF2, XC4, XD2	40	ano, ano, ano, 0,5	S4
Římsa, spára	C 30/37	XF4, XC4, XD3	45	ano, ano, ano, 0,45	S4
Pilot	C 25/30	XF1, XA1, XC2	100	ano, ano, ano, 0,55	S4
Drenážní beton	C16/20	-	-	-	-
Podkladní beton	C 16/20	-	-	-	-

## 1.3 Stanovení zatížení

Zatížení jsou stanovena dle platných norem pro zatížení, v aktuálním znění včetně všech oprav a změn.

ČSN 730037	Zemní tlak na stavební konstrukce (doporučené užití)
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí - část 1-1 – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou  
 ČSN EN 1991-1-7 Zatížení konstrukcí – část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení  
 ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou  
 Konkrétní hodnoty a uspořádání zatížení viz kapitola 4.

#### 1.4 Únosnost a posouzení nosných prvků

Únosnosti a posouzení všech nosných prvků jsou stanoveny podle platných norem a předpisů.

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí  
 ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady  
 ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby  
 ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – část 2: Ocelové mosty  
 ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla  
 ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí  
 Únosnost a posouzení uvažovaných nosných prvků

##### 1.4.1 ŽB rám

Prvky rámu jsou posuzovány pro kombinaci s maximálním dopravním zatížením.

##### 1.4.2 Přejížděvací deska

Není uvažována.

##### 1.4.3 Římsa

Římsa je navržena konstrukčně, není předmětem posouzení.

##### 1.4.4 Zábradelní svodidlo, mostní svodidlo

Zábradelní svodidlo a mostní svodidlo je navrženo typově dle typu komunikace a jejího dopravního zatížení, není předmětem posouzení.

##### 1.4.5 Protihluková stěna

Kotvení protihlukové stěny bude do zesílené římsy pomocí chemických kotev.

#### 1.5 Zatěžovací zkoušky

Nebude realizována statická zatěžovací zkouška.

#### 1.6 Zatížitelnost hlavní konstrukce

Platná norma pro určení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací je ČSN 73 6222.

Výsledná minimální zatížitelnost po dokončení stavby dle norem

Normální	$V_n$	=	79 t
Výhradní	$V_r$	=	157 t
Výjimečná	$V_e$	=	250 t

Na jednu nápravu  $V_{aj}$  = neuvedena

Využití pilotového základu je 88 %.

### 1.7 Zbytková životnost mostu

Důležitou informací pro posuzování ekonomiky provozu a případných zásahů do mostní konstrukce pro zlepšení stavu mostu je i určení zbytkové životnosti mostu.

Zbytková životnost mostu je za podmínky pravidelných prohlídek a údržby stanovena na hodnotu 100 let od uvedení mostu do provozu v roce předání mostu do provozu.

## 2 PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ, SOFTWARE

ČSN 01 3467	Výkresy mostů
ČSN 73 0037	Zemní tlak na stavební konstrukce, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic, včetně opravy 1, změny Z1 a změny Z2
ČSN 73 6110	Projektování místních komunikací, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 6200	Mosty – Terminologie a třídění
ČSN 73 6201	Projektování mostních objektů, včetně změny Z1
ČSN 73 6209	Zatěžovací zkoušky mostů, včetně změny Z1
ČSN 73 6214	Navrhování betonových mostních konstrukcí
ČSN 73 6222	Zatížitelnost mostů pozemních komunikací
ČSN 73 6242	Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací, včetně opravy 1
ČSN 73 6244	Přechody mostů pozemních komunikací
ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí, včetně oprav 1, 2, 3,4 a změn A1, Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, včetně opravy 1, změny Z1 a změny Z2
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, včetně opravy 1 a změny Z1, Z2, Z3, Z4, Z5
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, včetně opravy 1, 2, 3 a změny A1, Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1991-1-5	Zatížení konstrukcí – část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, včetně opravy 1, 2 a změny A, Z1
ČSN EN 1991-1-7	Zatížení konstrukcí – část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN EN 1991-2	Zatížení mostů dopravou, včetně opravy 1, změny Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí, včetně změn
ČSN EN 1992-2	Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady, včetně opravy 1 a změny Z1, Z2
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-2	Navrhování ocelových konstrukcí – část 2: Ocelové mosty, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla, včetně opravy 1 a změny Z1
TKP kapitola 1	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Všeobecně
TKP kapitola 3	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Odvodnění a chráničky pro inženýrské sítě
TKP kapitola 4	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Zemní práce
TKP kapitola 9	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Kryty z dlažeb a dílců
TKP kapitola 11	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Svodila, zábradlí a tlumiče nárazu
TKP kapitola 18	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Beton pro konstrukce

---

TKP kapitola 19	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Ocelové mosty a konstrukce
TKP kapitola 21	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Izolace proti vodě
ESA engineering 14	
Microsoft Office 2013	
GEO 5 Fine	

### **3 PŘÍLOHA – SCHÉMATA, ZATÍŽENÍ, VÝPOČTY, POSUDKY**



# HORNÍ PŘÍČEL RÁMU - polovina rozpětí

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$\begin{aligned}g_o &= 2,97 \text{ kN/m} & 135 \text{ mm (130 mm živice...22 a 5 mm izolace...22)} \\g_s &= 12,5 \text{ kN/m} & \text{ŽB (A = 0,5 m}^2 \text{ průřez...25)}\end{aligned}$$

$$\gamma_Q = 1,35$$

### ZATÍŽITELNOST N

$$\begin{aligned}L &= 10,2 \text{ m} \\ \gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

příčel rámu

$$\begin{aligned}L_d &= 0,8 \cdot L = 8,16 \text{ m} \\ f &= 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 13,1 \text{ Hz}\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST R

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_1 &= 1,25\end{aligned}$$

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$$\begin{aligned}\Delta\phi_{fat} &= 1,40 \\ \gamma_{fat} &= 1,00 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST E

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta &= 1,05\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

koefficient pro redukci hodnot modelu pro zatížitelnost únavovou FAT 1 (vychází z modelu pro ZAT N)

$I_{TNV24}$  (voz/den)

Tab.9.1-3 provoz: 500

P1 (velmi těžký)

dle tab.9.2

$$k_0 = 0,500$$

dle tab.9.3

rozkmít napětí od  $V_{nor} \cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{nor} = 14,27 \text{ MPa}$$

rozkmít napětí od LM1  $\cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{LM1} = 32,35 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} = 2,27 \text{ (sloupec tabulky 9.1)}$$

$$L_d = 8,16 \text{ m (řádek tabulky 9.1)}$$

$$n_{rok} = 24 \text{ počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1}$$

$$n_{ziv} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 = 1\,197 \text{ TNV pro jeden směr, životnost mostu}$$

VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,max}$ polovina rozpětí				VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,min}$ rámový roh			
ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
vlastní tíha	40,31	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	0	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	260,1	-25,6	0	LM 1	-114,48	-25,6	180,6
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	93,1	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	46,52	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	0,16	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	0,12	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	8,53	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	114,72	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat		-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	$\gamma_F$
stálé	50,98	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	402,29	-80	2,6	STLM1HT+	-186,68	-236,36	316,68	
STLM1HT-	249,84	0	-30	STLM1HT-	-376,14	-143,32	381,94	
LM 2	162,21	-23,4	0	LM 2	-96,89	-23,4	136,37	
LM 3	71,4	-8,98	0	LM 3	-55,46	-8,98	119,43	
LM 1 H	246,87	-30	0	LM 1 H	-218,89	-187,81	292,25	
teplota +	15	-56,28	25,065	teplota +	-45,495	-56,28	25,065	1,5
teplota -	-45	36,765	47,64	teplota -	-141,015	36,765	47,64	1,5

komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
stálé	37,76	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	271,8	-57,4	1,74	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	219,22	4,63	27,86	STLM1HT-	-220,67	4,63	243,51
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	93,1	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	46,52	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	0,16	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	0,12	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	8,53	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	114,72	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat	0	-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

	$M_d$ (kNm)	$M_{dr}$ (kNm)
únosnost průřezu / zbývající únosnost průřezu	551,28	551,28
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	50,98	500,30

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	5,97	<b>79</b>	500,30	0,0
zatížitelnost R	1667,68	<b>166</b>	500,305	0,0
zatížitelnost E	2647,12	<b>264</b>	500,305	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>79</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí	376,82	376,82
přepočtené na ohybový moment		
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	37,76	339,06

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	<b>6,07</b>	<b>80</b>	339,06	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>79</b>
zatížitelnost R	<b>166</b>
zatížitelnost E	<b>264</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 500 mm

b = 1000 mm

d<sub>s</sub> = 22 mm

A<sub>stl</sub> = 380,13 mm<sup>2</sup>

n<sub>s</sub> = 8

10xR20

a = 50 mm

d = 450 mm

beton :

C 30/37

charakteristická tlaková pevnost

f<sub>ck</sub> = 30,00 MPa

poměrné stlačení betonu

ε<sub>cu2</sub> = 2,00 ‰

exponent

n = 2

maximální poměrné stlačení betonu

ε<sub>cu2</sub> = 3,50 ‰

λ = 0,8

η = 1

poměrné stlačení betonu -bilineární

ε<sub>cu3</sub> = 1,75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

ε<sub>cu3</sub> = 3,50 ‰

E<sub>cm</sub> = 33 GPa

ocel :

B 500

E<sub>s</sub> = 200 GPa

f<sub>yk</sub> = 500 MPa

γ<sub>s</sub> = 1,15

ε<sub>uk</sub> = 75 ‰

ε<sub>ud</sub> = 0,9 · ε<sub>uk</sub> = 67,5 ‰

f<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / γ<sub>s</sub> = 434,8 MPa

ε<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / E = 2,5 ‰

poměrné přetvoření

ε<sub>c</sub> = 3,5

ε<sub>s</sub> = 5 ‰

α<sub>cc</sub> = 1,0

γ<sub>c</sub> = 1,5

f<sub>cd</sub> = α<sub>cc</sub> · f<sub>ck</sub> / γ<sub>c</sub> = 20,00 MPa

f<sub>ctef</sub> = 2,9 MPa

ω = E<sub>s</sub> / E<sub>cm</sub> = 6,061

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

MPa

MPa

## Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium III

neredukovaná část průřezu

h = 500 mm

b = 1000 mm

redukovaná část průřezu

statické hodnoty pro neredukovanou část průřezu

x = 82,6375287 mm

x<sub>t</sub> = x / 2 = 41,32 mm

A = x · b = 82,638 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 3,414 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu

x<sub>c</sub> = λ · x = 66,110 mm

x<sub>tc</sub> = x<sub>c</sub> / 2 = 33,06 mm

A<sub>cc</sub> = b · x<sub>c</sub> = 66,110 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 2,185 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 1322,20 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 65,56 kNm

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	M <sub>srd</sub> (kNm)
1	8	450	3 041,1	1 368,5	485,73
2	0	406	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			3 041,1	1 368,5	485,73

x<sub>lim</sub> = d · ε<sub>cu3</sub> / (ε<sub>yd</sub> + ε<sub>cu3</sub>) = 262,50 mm

z rovnováhy přetvoření

F<sub>sd</sub> = A<sub>st</sub> · f<sub>yd</sub> = 1322,20 kN

F<sub>sd</sub> - F<sub>c</sub> = 0,00 kN musí být rovno nule (rovnováha sil)

M<sub>Rd</sub> = M<sub>crd</sub> + M<sub>srd</sub> = 551,3 kNm > M<sub>Sd</sub> = 402,29 kNm

vyhovuje

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$A_c = 82\,638 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 2,60 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 2,60 \text{ kN}$$

*průřez bez smykové výztuže*

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 2578,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 199,9 \text{ kN}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,63 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 6,0821 \leq 0,02$$

$$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,40$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$$

$$V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 1,82 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 2578,6 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 1,82 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

*průřez se smykovou výztuží*

$$s = 300 \text{ mm}$$

vzdálenost třmínků

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

návrhová mez kluzu smykové výztuže

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,528$$

$$v_1 = v = 0,528$$

redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem

$$\alpha_{cw} = 0,3$$

$$z = d - S_c / A_c = 450,0 \text{ mm}$$

$$\theta = 43^\circ$$

musí být z intervalu 21,8°- 45°

$$\text{tg } \theta = 0,933$$

$$\text{cotg } \theta = 1,072$$

$$A_{sw} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$a_s = 50 \text{ mm}$$

$$n = 8$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 3496,6 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 1,82 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 711,0 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 1,82 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

*Omezení napětí - podélné trhliny*

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 14,4 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

*Omezení napětí - lineární dotvarování*

$$k_2 = 0,45$$

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

$$\sigma_{kr} = k_2 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa} < \sigma_{ch} = 14,4 \text{ MPa} \quad \text{dojde k nelineárnímu dotvarování}$$

*Omezení napětí - nepřijatelné trhliny a deformace*

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 195,1 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### Omezení trhlin dle čl.7.3

$$w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{dle tabulky 7.101N}$$

#### Minimální průřezové plochy výztuže

$$A_{s\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct}$$

$A_{ct}$  - plocha betonu v tažené části průřezu

$\sigma_s$  - absolutní hodnota nejvyššího napětí ve výztuži po vzniku trhlin

$f_{ctef}$  - průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$k$  - součinitel účinku nerovnoměrného rozdělení vnitřních napětí

$k_c$  - součinitel rozdělení napětí a ramene sil

$$k_c = 0,4 \cdot (1 - \sigma_c / (k_1 \cdot h / h^* \cdot f_{ctef})) \leq 1 \quad \text{- pro obdélníkové průřezy, stěny komor a T - průřezů}$$

$$k_c = 0,9 \cdot F_{cr} / (A_{ct} \cdot f_{ctef}) \geq 0,5 \quad \text{- pro přilehlé desky komor a T - průřezů}$$

$$\sigma_s = 15,35 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,101 \leq 1$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 1628,05 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 3,26 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

$N_{Ed}$  - osová síla v MS použitelnosti působící na uvažovanou část průřezu (tlak +)

$$h^* = 500 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,5$$

$F_{cr}$  - absolutní hodnota tahové síly před vznikem trhlin pomocí  $f_{ctef}$

dle čl. 6.8.2

$$\xi = 0,3$$

$$\xi_1 = (\xi \cdot \phi_s / \phi_p)^{0,5} = 1,173$$

$$\phi_s = 22 \text{ mm}$$

$$A_{ct} = 237\,500,0 \text{ mm}^2$$

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

$$\phi_p = 4,8 \text{ mm}$$

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 4512,4 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 12$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 168,95 \text{ MPa}$$

$$\phi_s^* = 25 \text{ mm} \quad \text{dle tab.7.2N}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$h_{cr} = 237,50 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 2,2 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### Výpočet šířky trhlin

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$w_k$  - šířka trhliny

$s_{r\max}$  - maximální vzdálenost trhlin

$\epsilon_{sm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže (pouze přídatné tahové přetvoření)

$\epsilon_{cm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlínami

$$f_{cteff} = 2,9 \text{ MPa}$$

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

$$\xi_1 = 1,173$$

$$A_p = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 3\,041,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{cef} = 2\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{cteff} / \rho_{per} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{per})) / E_s \geq 0,6 \cdot \sigma_s / E_s$$

$$k_t = 0,6 \quad \text{krátkodobé zatížení}$$

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 1,521$$

$$\sigma_s = 168,95 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,786 \geq 0,507$$

**vyhovuje**

dle čl.7.3.4

$$c = 39 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\phi = \phi_{eq} = (n_1 \cdot \phi_1^2 + n_2 \cdot \phi_2^2) / (n_1 \cdot \phi_1 + n_2 \cdot \phi_2) = 20,00$$

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 134,836$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,106 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

C 30/37 ▼

h = 500 mm

b = 1000 mm

h<sub>l</sub> = mm

d<sub>s</sub> = 22 mm

A<sub>s1</sub> = 380,13 mm<sup>2</sup>

n<sub>s</sub> = 8

a = 50 mm

d = 450 mm

## ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

## celý průřez pružně

beton : C 30/37

charakteristická tlaková pevnost f<sub>ck</sub> = 30,00 MPa

poměrné stlačení betonu ε<sub>c2</sub> = 2,00 ‰

exponent n = 2

maximální poměrné stlačení betonu ε<sub>cu2</sub> = 3,50 ‰

λ = 0,8

η = 1

poměrné stlačení betonu - bilineární ε<sub>c3</sub> = 1,75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární ε<sub>cu3</sub> = 3,50 ‰

E<sub>cm</sub> = 33 GPa

ocel : B 500

E<sub>s</sub> = 200 GPa

f<sub>yk</sub> = 500 MPa

γ<sub>s</sub> = 1,15

ε<sub>uk</sub> = 75 ‰

ε<sub>ud</sub> = 0,9 · ε<sub>uk</sub> = 67,5 ‰

f<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / γ<sub>s</sub> = 434,8 MPa

ε<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / E = 2,5 ‰

poměrné přetvoření ε<sub>c</sub> = 3,5 ‰

ε<sub>s</sub> = 5 ‰

α<sub>cc</sub> = 1,0 doporučená hodnota 1,0

γ<sub>c</sub> = 1,5 trvalá a dočasná návrhová situace

f<sub>cd</sub> = α<sub>cc</sub> · f<sub>ck</sub> / γ<sub>c</sub> = 20,00 MPa

ω = E<sub>s</sub> / E<sub>cm</sub> = 6,061

f<sub>ct</sub> = 2,9 MPa

γ = max(1,6 · h / 1000; 1) = 1,1

f<sub>ctd</sub> = γ · f<sub>ctm</sub> = 3,19 MPa

Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium I  
neredukovaný průřez

statické hodnoty pro neredukovaný průřez

x<sub>t</sub> = h / 2 = 250,00 mm

A = h · b = 500,000 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 125,000 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

S<sub>id</sub> = S + ω · S<sub>s</sub> = 133,29 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

A<sub>id</sub> = A + ω · A<sub>s</sub> = 518,43 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

z<sub>tid</sub> = S<sub>id</sub> / A<sub>id</sub> = 257,11 mm

e<sub>hi</sub> = z<sub>ti</sub> = 257,11 mm

e<sub>di</sub> = h - e<sub>hi</sub> = 242,89 mm

I = b · h<sup>3</sup> / 12 + A · (z<sub>tid</sub> - x<sub>t</sub>)<sup>2</sup> = 10 441,94 · 10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>

I<sub>s</sub> = A<sub>s</sub> · (z<sub>t</sub> - z<sub>tid</sub>)<sup>2</sup> = 113,15 · 10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>

I<sub>id</sub> = I + ω · I<sub>s</sub> = 11 127,68 · 10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>

W<sub>idh</sub> = I<sub>id</sub> / e<sub>hi</sub> = 43,28 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

W<sub>idd</sub> = I<sub>id</sub> / e<sub>di</sub> = 45,81 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

A<sub>ct</sub> = b · (h - x<sub>lim</sub>) = 237,5 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

x<sub>lim</sub> = d · ε<sub>cu3</sub> / (ε<sub>yd</sub> + ε<sub>cu3</sub>) = 262,50 mm z rovnováhy přetvoření

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )
1	8	450	3 041,1	1 368,5
2	0	406	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			3 041,1	1 368,5

M<sub>smaxI</sub> = W<sub>idd</sub> · f<sub>ctd</sub> = 146,1 kNm maximální moment pro stádium I

σ<sub>b</sub> = M<sub>smaxI</sub> / W<sub>idh</sub> = 3,38 MPa

σ<sub>d</sub> = M<sub>smaxI</sub> / W<sub>idd</sub> = 3,19 MPa

σ<sub>ds</sub> = σ<sub>d</sub> · ω · (z<sub>t</sub> - z<sub>tid</sub>) / e<sub>di</sub> = 15,35 MPa

**Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium II**  
neredukovaný průřez

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

statické hodnoty pro stádium II

$$x = 226,902521 \text{ mm}$$

$$x_1 = x / 2 = 113,45 \text{ mm}$$

$$A = x \cdot b = 226,903 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 25,742 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 34,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 245,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$z_{tid} = S_{id} / A_{id} = 138,73 \text{ mm}$$

$$e_{hi} = z_{tid} = 138,73 \text{ mm}$$

$$e_{di} = h - e_{hi} = 361,27 \text{ mm}$$

$$I = b \cdot x^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_1)^2 = 1\,118,55 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_1 - z_{tid})^2 = 294,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 2\,904,30 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 20,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 8,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 167,5 \text{ kNm}$$

maximální moment pro stádium II

maximální napětí pro stádium II

$$\sigma_h = M_{smaxII} / W_{idh} = 8,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smaxII} / W_{idd} = 20,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 108,78 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 330,81 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 907,61 \text{ kN}$$

$$r_s = d - z_{tid} = 311,27 \text{ mm}$$

$$r_c = x / 2 = 113,45 \text{ mm}$$

$$0 = M_c - M_s = F_c \cdot r_c - F_s \cdot r_s = 0,00 \text{ Nm}$$

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení ZAT N

$$M_{smax} = 277,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 6,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 6,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 31,68 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 96,34 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 728,59 \text{ kN}$$

hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 1

$$M_{smax} = 8,5 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 0,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 1,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 4,57 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 13,90 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 101,87 \text{ kN}$$

hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 3

$$M_{smax} = 93,1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 4,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 11,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 60,47 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 183,90 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 504,55 \text{ kN}$$

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1

$$M_{smax} = 260,1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 12,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 32,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 168,95 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 513,77 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 1409,59 \text{ kN}$$

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení V<sub>hor</sub>

$$M_{smax} = 114,7 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 5,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 14,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 74,52 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 226,61 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 621,72 \text{ kN}$$

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1 a stálého zatížení

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$M_{smax} = 300,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 14,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 37,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 195,13 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 593,40 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 1628,05 \text{ kN}$$



## ÚNAVA

$$\begin{aligned}A_s &= 3,041 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\\xi &= 0,3 \text{ dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\\phi_s &= 12 \text{ mm nejvyšší použitý průměr betonářské výztuže} \\\phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm průměr předpínací výztuže} \\\eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\\eta &= 1,00\end{aligned}$$

### Ověření pro betonářskou a předpínací ocel - dle Palmgren - Minerova pravidla

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{Fat}} &= 1,00 \text{ dle tab.6.3N EN 1992-1-1} \\\Delta\sigma &= \text{MPa rozkmit zatížení} \quad k_1 = 5 \text{ dle tab.6.4N EN 1992-1-1} \\\Delta\sigma_{\text{Rsk}} &= 162,5 \text{ MPa odolnost pro } N^* \text{ cyklů} \quad k_2 = 9 \\\gamma_{\text{Sfat}} &= 1 \\\Delta\sigma_{\text{Rsfat}} &= \Delta\sigma_{\text{Rsk}} / \gamma_{\text{Sfat}} = 162,5 \text{ MPa odolnost pro } N^* \text{ cyklů}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n(\Delta\sigma) &= \text{použitý počet cyklů s rozkmitem } \Delta\sigma \\N(\Delta\sigma) &= \text{počet cyklů rozkmitu } \Delta\sigma, \text{ který vyvolá únavové porušení}\end{aligned}$$

$$D_{\text{Ed}} = n(\Delta\sigma) / N(\Delta\sigma) < 1 \quad \text{součinitel únavového poškození}$$

log N	log $\Delta\sigma_{\text{Rsk}}$
0	2,25
1	2,25
6	2,21
15	1,21

$$\begin{aligned}\sigma_{0,2} = \sigma_{\text{yd}} &= 1\,760 \text{ kp/cm}^2 \\\sigma_{0,2} = \sigma_{\text{yd}} &= 180 \text{ MPa} \quad \text{zaručená smluvní mez kluzu} \\\log \sigma_{0,2} = \log \sigma_{\text{yd}} &= 2,25\end{aligned}$$

dle zatížení únava model 3

FAT 3	$\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log $\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log N	N ( $10^9$ )	n ( $10^6$ )
1	60,5	1,8	10	7	0,120

$$D_{\text{Ed}} = 0,000 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

### Dle ČSN EN 1992-2 příloha NN - zjednodušený postup pro výztuž

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{\text{sequ}} &= \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únavou 3 násobit} \\&\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\&\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\\Delta\sigma_{\text{sec}} &= 60,47 \text{ rozkmit napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\\lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\\lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuji účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\\lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\\lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\\lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\\phi_{\text{fat}} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\\lambda_s &= \phi_{\text{fat}} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\\lambda_s &= 4,067 \quad k_2 = 9 \text{ dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\&\quad Q = 0,82 \text{ dle tab NN.1 EN 1992-2} \\\Delta\sigma_s = k_1 &= 70 \text{ MPa} \quad N_{\text{obs}} = 50\,000 \\\lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{\text{obs}} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\N_{\text{years}} &= 100 \text{ návrhová životnost mostu} \\\lambda_{s3} &= (N_{\text{years}} / 100)^{1/k_2} = 1,000\end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{\text{sequ}} = \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s = 245,96 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	246,0	2,4	1	0,000	0,120

$$D_{\text{Ed}} = 12\,000,000 > 1 \quad \text{nevyhovuje v zjednodušeném postupu dle modelu FAT 3}$$

# Ověření betonu namáhaného tlakem nebo smykem

Dle Minerova pravidla  $\Sigma (n_i / N_i) \leq 1$   
pro  $i = 1$  až  $m$

$m$  - počet intervalů s konstantní amplitudou

$n_i$  - skutečný počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " $i$ "

$N_i$  - maximální počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " $i$ "

$$N_i = 10 \cdot e^{\exp(14 \cdot (1 - E_{cdmaxi} / (1 - R_i))^{0.5})}$$

$$R_i = E_{cdmini} / E_{cdmaxi}$$

$$E_{cdmini} = \sigma_{cdmini} / f_{cdfat}$$

$$E_{cdmaxi} = \sigma_{cdmaxi} / f_{cdfat}$$

- poměr napětí

$\sigma_{cdmini}$ ,  $\sigma_{cdmaxi}$  - dolní a horní napětí v zatěžovacím cyklu

$E_{cdmaxi}$ ,  $E_{cdmini}$  - minimální a maximální úroveň tlakového napětí

$$f_{cdfat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 14,96$$

MPa - návrhová hodnota únavové pevnosti betonu

$$k_1 = 0,85$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^{\exp(s \cdot (1 - (28 / t_0)^{0.5}))} = 1,000$$

- součinitel pevnosti betonu při jeho prvním zatížení

$$s = 0,25$$

- koeficient druhu cementu (0,20 - třída R, 0,25 - třída N, 0,38 - třída S)

$$t_0 = 28$$

- stáří betonu ve dnech, na začátku cyklického zatěžování

$$f_{cd} = 20,00$$

MPa

$$f_{ck} = 30,00$$

MPa

zatížitelnost	$\sigma_{cd1}$	$\sigma_{cd3}$
min	1,93	1,93
max	14,35	6,37
$R_i$	0,134	0,302
$E_{cdmini}$	0,13	0,13
$E_{cdmaxi}$	0,96	0,43
$N_i$	6,489	9534,770
$n_i$	0,001	0,120
$n_i / N_i$	0,000	0,000

0,000

< 1

vyhovuje na únavu model FAT 3

0,000

< 1

vyhovuje na únavu zatížitelnost FAT1

# HORNÍ PŘÍČEL RÁMU - rámový roh

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$\begin{aligned}g_o &= 2,97 \text{ kN/m} & 135 \text{ mm (130 mm živice...22 a 5 mm izolace...22)} \\g_s &= 22,5 \text{ kN/m} & \text{ŽB (A = 0,9 m}^2 \text{ průřez...25)}\end{aligned}$$

$$\gamma_Q = 1,35$$

### ZATÍŽITELNOST N

$$\begin{aligned}L &= 10,2 \text{ m} \\ \gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

příčel rámu

$$\begin{aligned}L_d &= 0,8 \cdot L = 8,16 \text{ m} \\ f &= 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 13,1 \text{ Hz}\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST R

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_1 &= 1,25\end{aligned}$$

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$$\begin{aligned}\Delta\phi_{fat} &= 1,40 \\ \gamma_{fat} &= 1,00 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST E

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta &= 1,05\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

koefficient pro redukci hodnot modelu pro zatížitelnost únavovou FAT 1 (vychází z modelu pro ZAT N)

$I_{TNV24}$  (voz/den)

Tab.9.1-3 provoz: 500

P1 (velmi těžký)

dle tab.9.2

$k_0 = 0,500$

dle tab.9.3

rozkmít napětí od  $V_{nor} \cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{nor} = 7,13 \text{ MPa}$$

rozkmít napětí od LM1  $\cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{LM1} = 16,71 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} = 2,34 \text{ (sloupec tabulky 9.1)}$$

$$L_d = 8,16 \text{ m (řádek tabulky 9.1)}$$

$$n_{rok} = 24 \text{ počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1}$$

$$n_{živ} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 = 1\,197 \text{ TNV pro jeden směr, životnost mostu}$$

VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,max}$ polovina rozpětí				VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,min}$ rámový roh			
ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
vlastní tíha	-13,98	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	-44,32	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	-494	-25,6	0	LM 1	-114,48	-25,6	180,6
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	-164,46	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-91,55	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,49	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,37	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-16	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-210,85	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat		-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	$\gamma_F$
stálé	-239,39	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	-913,1	-80	450	STLM1HT+	-186,68	-236,36	316,68	
STLM1HT-	249,84	0	-30	STLM1HT-	-376,14	-143,32	381,94	
LM 2	162,21	-23,4	0	LM 2	-96,89	-23,4	136,37	
LM 3	71,4	-8,98	0	LM 3	-55,46	-8,98	119,43	
LM 1 H	246,87	-30	0	LM 1 H	-218,89	-187,81	292,25	
teplota +	15	-56,28	25,065	teplota +	-45,495	-56,28	25,065	1,5
teplota -	-45	36,765	47,64	teplota -	-141,015	36,765	47,64	1,5

komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
stálé	-177,33	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	-559,89	-26,36	267,07	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	-541,3	4,63	31,76	STLM1HT-	-220,67	4,63	243,51
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	-164,46	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-91,55	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,49	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,37	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-16	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-210,85	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat	0	-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

	$M_d$ (kNm)	$M_{dr}$ (kNm)
únosnost průřezu / zbývající únosnost průřezu	1797,93	1797,93
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	239,39	1558,54

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	9,46	<b>126</b>	1558,54	0,0
zatížitelnost R	1696,37	<b>169</b>	1558,544	0,0
zatížitelnost E	2674,46	<b>267</b>	1558,544	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>126</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí	1812,43	1812,43
přepočtené na ohybový moment		
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	177,33	1635,10

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	<b>14,88</b>	<b>198</b>	1635,10	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>126</b>
zatížitelnost R	<b>169</b>
zatížitelnost E	<b>267</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 900 mm

b = 2000 mm

d<sub>s</sub> = 20 mm

A<sub>sl</sub> = 314,16 mm<sup>2</sup>

n<sub>s</sub> = 16

10xR20

a = 50 mm

d = 850 mm

beton :

C 30/37

charakteristická tlaková pevnost

f<sub>ck</sub> = 30,00 MPa

poměrné stlačení betonu

ε<sub>ck</sub> = 2,00 ‰

exponent

n = 2

maximální poměrné stlačení betonu

ε<sub>cu2</sub> = 3,50 ‰

λ = 0,8

η = 1

poměrné stlačení betonu -bilineární

ε<sub>ck</sub> = 1,75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

ε<sub>cu3</sub> = 3,50 ‰

E<sub>cm</sub> = 33 GPa

ocel :

B 500

E<sub>s</sub> = 200 GPa

f<sub>yk</sub> = 500 MPa

γ<sub>s</sub> = 1,15

ε<sub>uk</sub> = 75 ‰

ε<sub>ud</sub> = 0,9 · ε<sub>uk</sub> = 67,5 ‰

f<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / γ<sub>s</sub> = 434,8 MPa

ε<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / E = 2,5 ‰

poměrné přetvoření

ε<sub>c</sub> = 3,5

ε<sub>s</sub> = 5 ‰

α<sub>cc</sub> = 1,0

γ<sub>c</sub> = 1,5

f<sub>cd</sub> = α<sub>cc</sub> · f<sub>ck</sub> / γ<sub>c</sub> = 20,00 MPa

f<sub>ctef</sub> = 2,9 MPa

ω = E<sub>s</sub> / E<sub>cm</sub> = 6,061

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

MPa

MPa

## Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium III

neredukovaná část průřezu

h = 900 mm

b = 2000 mm

redukovaná část průřezu

statické hodnoty pro neredukovanou část průřezu

x = 68,2954783 mm

x<sub>t</sub> = x / 2 = 34,15 mm

A = x · b = 136,591 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 4,664 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu

x<sub>c</sub> = λ · x = 54,636 mm

x<sub>tc</sub> = x<sub>c</sub> / 2 = 27,32 mm

A<sub>cc</sub> = b · x<sub>c</sub> = 109,273 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 2,985 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 2185,46 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 89,55 kNm

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	M <sub>srd</sub> (kNm)
1	16	850	5 026,5	4 272,6	1708,38
2	0	810	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			5 026,5	4 272,6	1708,38

x<sub>lim</sub> = d · ε<sub>cu3</sub> / (ε<sub>yd</sub> + ε<sub>cu3</sub>) = 495,83 mm z rovnováhy přetvoření

F<sub>sd</sub> = A<sub>st</sub> · f<sub>yd</sub> = 2185,46 kN

F<sub>sd</sub> - F<sub>c</sub> = 0,00 kN musí být rovno nule (rovnováha sil)

M<sub>Rd</sub> = M<sub>crd</sub> + M<sub>srd</sub> = 1797,9 kNm > M<sub>Sd</sub> = 913,10 kNm *vyhovuje*

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$A_c = 136\,591 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 450,00 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 450,00 \text{ kN}$$

*průřez bez smykové výztuže*

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 6454,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 615,9 \text{ kN}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,47 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2,7925 \leq 0,02$$

$$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,34$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$$

$$V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 315,00 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 6454,9 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 315,00 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

*průřez se smykovou výztuží*

$$s = 300 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost třmínek}$$

$$f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa} \quad \text{návrhová mez kluzu smykové výztuže}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,528$$

$$v_1 = v = 0,528 \quad \text{redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem}$$

$$\alpha_{cw} = 0,3$$

$$z = d - S_c / A_c = 850,0 \text{ mm}$$

$$\theta = 43^\circ \quad \text{musí být z intervalu } 21,8^\circ - 45^\circ$$

$$\text{tg } \theta = 0,933$$

$$\text{cotg } \theta = 1,072$$

$$A_{sw} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$a_s = 50 \text{ mm}$$

$$n = 16$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 13209,9 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 315,00 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 2686,2 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 315,00 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

*Omezení napětí - podélné trhliny*

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 5,5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

*Omezení napětí - lineární dotvarování*

$$k_2 = 0,45$$

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

$$\sigma_{kr} = k_2 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 5,5 \text{ MPa} \quad \text{nedojde k nelineárnímu dotvarování}$$

*Omezení napětí - nepříjemné trhliny a deformace*

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 105,1 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### Omezení trhlin dle čl.7.3

$$w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{dle tabulky 7.101N}$$

#### Minimální průřezové plochy výztuže

$$A_{s\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct}$$

$A_{ct}$  - plocha betonu v tažené části průřezu

$\sigma_s$  - absolutní hodnota nejvyššího napětí ve výztuži po vzniku trhlin

$f_{ctef}$  - průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$k$  - součinitel účinku nerovnoměrného rozdělení vnitřních napětí

$k_c$  - součinitel rozdělení napětí a ramene sil

$$k_c = 0,4 \cdot (1 - \sigma_c / (k_1 \cdot h / h^* \cdot f_{ctef})) \leq 1 \quad \text{- pro obdélníkové průřezy, stěny komor a T - průřezů}$$

$$k_c = 0,9 \cdot F_{cr} / (A_{ct} \cdot f_{ctef}) \geq 0,5 \quad \text{- pro přilehlé desky komor a T - průřezů}$$

$$\sigma_s = 15,59 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,301 \leq 1$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$b = 2000 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 1934,62 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 1,07 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

$N_{Ed}$  - osová síla v MS použitelnosti působící na uvažovanou část průřezu (tlak +)

$$h^* = 900 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,5$$

$F_{cr}$  - absolutní hodnota tahové síly před vznikem trhlin pomocí  $f_{ctef}$

dle čl. 6.8.2

$$\xi = 0,3$$

$$\xi_1 = (\xi \cdot \phi_s / \phi_p)^{0,5} = 1,118$$

$$\phi_s = 20 \text{ mm}$$

$$A_{ct} = 808\,333,3 \text{ mm}^2$$

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

$$\phi_p = 4,8 \text{ mm}$$

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 45274,4 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 145$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 94,01 \text{ MPa}$$

$$\phi_s^* = 25 \text{ mm}$$

dle tab.7.2N

$$d = 850 \text{ mm}$$

$$h_{cr} = 404,17 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 6,5 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### Výpočet šířky trhlin

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$w_k$  - šířka trhliny

$s_{r\max}$  - maximální vzdálenost trhlin

$\epsilon_{sm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže (pouze přídatné tahové přetvoření)

$\epsilon_{cm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlami

$$f_{cteff} = 2,9 \text{ MPa}$$

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

$$\xi_1 = 1,118$$

$$A_p = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 5\,026,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{cef} = 2\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{cteff} / \rho_{per} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{per})) / E_s \geq 0,6 \cdot \sigma_s / E_s$$

$$k_t = 0,6 \quad \text{krátkodobé zatížení}$$

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 2,513$$

$$\sigma_s = 94,01 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,414 \geq 0,282$$

vyhovuje

dle čl.7.3.4

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

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\phi = \phi_{eq} = (n_1 \cdot \phi_1^2 + n_2 \cdot \phi_2^2) / (n_1 \cdot \phi_1 + n_2 \cdot \phi_2) = 20,00$$

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 137,353$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,057 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$



C 30/37 ▼

h = 900 mm  
b = 2000 mm  
h<sub>1</sub> = mm

d<sub>s</sub> = 20 mm  
A<sub>st</sub> = 314,16 mm<sup>2</sup>  
n<sub>s</sub> = 16

a = 50 mm  
d = 850 mm

## ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

## celý průřez pružně

beton : C 30/37

charakteristická tlaková pevnost  $f_{ck} = 30,00$  MPa  
poměrné stlačení betonu  $\epsilon_{c2} = 2,00$  ‰  
exponent  $n = 2$   
maximální poměrné stlačení betonu  $\epsilon_{cu2} = 3,50$  ‰

$\lambda = 0,8$   
 $\eta = 1$

poměrné stlačení betonu -bilineární

$\epsilon_{c3} = 1,75$  ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

$\epsilon_{cu3} = 3,50$  ‰  
 $E_{cm} = 33$  GPa

ocel : B 500

$E_s = 200$  GPa  
 $f_{yk} = 500$  MPa  
 $\gamma_s = 1,15$

$\epsilon_{uk} = 75$  ‰

$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5$  ‰

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8$  MPa

$\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 2,5$  ‰

poměrné přetvoření

$\epsilon_c = 3,5$  ‰

$\epsilon_s = 5$  ‰

$\alpha_{cc} = 1,0$

$\gamma_c = 1,5$

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 20,00$  MPa

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

$\omega = E_s / E_{cm} = 6,061$

$f_{ct} = 2,9$  MPa  
 $\gamma = \max(1,6 - h / 1000; 1) = 1$

$f_{ctd} = \gamma \cdot f_{ctm} = 2,9$  MPa

Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium I  
neredukovaný průřez

statické hodnoty pro neredukovaný průřez

$x_t = h / 2 = 450,00$  mm  
 $A = h \cdot b = 1\,800,000$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $S = A \cdot x_t = 810,000$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 835,89$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 1830,46$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $z_{id} = S_{id} / A_{id} = 456,66$  mm  
 $e_{hi} = z_{ti} = 456,66$  mm  
 $e_{di} = h - e_{hi} = 443,34$  mm

$I = b \cdot h^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_t)^2 = 121\,579,77$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $I_s = A_s \cdot (z_t - z_{tid})^2 = 777,70$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 126\,293,11$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 276,56$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 284,87$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

$A_{ct} = b \cdot (h - x_{lim}) = 808,3$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 495,83$  mm

z rovnováhy přetvoření

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )
1	16	850	5 026,5	4 272,6
2	0	810	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			5 026,5	4 272,6

$M_{smaxI} = W_{idd} \cdot f_{ctd} = 826,1$  kNm maximální moment pro stádium I

$\sigma_h = M_{smaxI} / W_{idh} = 2,99$  MPa

$\sigma_d = M_{smaxI} / W_{idd} = 2,90$  MPa

$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 15,59$  MPa

### Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium II

neredukovaný průřez

$$\begin{aligned} h &= 900 \text{ mm} \\ b &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### statické hodnoty pro stádium II

$$\begin{aligned} x &= 352,703144 \text{ mm} & I &= b \cdot x^3 / 12 + A_s \cdot (z_{tid} - x)^2 = 7\,861,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ x_t &= x / 2 = 176,35 \text{ mm} & I_s &= \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_t - z_{tid})^2 = 2096,11 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A &= x \cdot b = 705,406 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & I_{id} &= I + \omega \cdot I_s = 20\,565,01 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ S &= A \cdot x_t = 124,400 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idh} &= I_{id} / e_{hi} = 100,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S_{id} &= S + \omega \cdot S_s = 150,29 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idd} &= I_{id} / e_{di} = 29,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ A_{id} &= A + \omega \cdot A_s = 735,87 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ z_{tid} &= S_{id} / A_{id} = 204,24 \text{ mm} \\ e_{hi} &= z_{tid} = 204,24 \text{ mm} \\ e_{di} &= h - e_{hi} = 695,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 805,5 \text{ kNm} \quad \text{maximální moment pro stádium II}$$

#### maximální napětí pro stádium II

$$\begin{aligned} \sigma_h &= M_{smaxII} / W_{idh} = 8,00 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 770,56 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smaxII} / W_{idd} = 27,25 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 2821,63 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 153,30 \text{ MPa} & r_s &= d - z_{tid} = 645,76 \text{ mm} \\ & & r_c &= x / 2 = 176,35 \text{ mm} \\ 0 &= M_c - M_s = F_c \cdot r_c - F_s \cdot r_s = 0,00 \text{ Nm} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení ZAT N

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 865,9 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 3,13 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 85,94 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 3,04 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1104,25 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 17,10 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 1

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 16,0 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 0,16 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 12,63 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 0,54 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 71,51 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 2,51 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 3

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 164,5 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 1,63 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 157,32 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 5,56 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 576,08 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 31,30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 494,0 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 4,91 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 472,56 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 16,71 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1730,40 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 94,01 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení V<sub>noc</sub>

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 210,9 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 2,09 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 201,70 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 7,13 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 738,57 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 40,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1 a stálého zatížení

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 552,3 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 5,49 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 528,33 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 18,69 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1934,62 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_t - z_{tid}) / e_{di} = 105,11 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## ÚNAVA

$$\begin{aligned}
 A_s &= 5,027 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\
 \xi &= 0,3 \quad \text{dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\
 \phi_s &= 12 \text{ mm} \quad \text{největší použitý průměr betonářské výztuže} \\
 \phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm} \quad \text{průměr předpínací výztuže} \\
 \eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\
 \eta &= 1,00
 \end{aligned}$$

Ověření pro betonářskou a předpínací ocel - dle Palmgren - Minerova pravidla

$$\begin{aligned}
 \gamma_{fat} &= 1,00 \quad \text{dle tab.6.3N EN 1992-1-1} \\
 \Delta\sigma &= \text{MPa} \quad \text{rozkmít zatížení} \quad k_1 = 5 \quad \text{dle tab.6.4N EN 1992-1-1} \\
 \Delta\sigma_{Rsk} &= 162,5 \text{ MPa} \quad \text{odolnost pro } N^* \text{ cyklů} \quad k_2 = 9 \\
 \gamma_{Sfat} &= 1 \\
 \Delta\sigma_{Rsfat} &= \Delta\sigma_{Rsk} / \gamma_{Sfat} = 162,5 \text{ MPa} \quad \text{odolnost pro } N^* \text{ cyklů}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n(\Delta\sigma) &= \text{použitý počet cyklů s rozkmítem } \Delta\sigma \\
 N(\Delta\sigma) &= \text{počet cyklů rozkmítu } \Delta\sigma, \text{ který vyvolí únavové porušení}
 \end{aligned}$$

$$D_{Ed} = n(\Delta\sigma) / N(\Delta\sigma) < 1 \quad \text{součinitel únavového poškození}$$

log N	log $\Delta\sigma_{Rsk}$
0	2,25
1	2,25
6	2,21
15	1,21

$$\begin{aligned}
 \sigma_{0,2} &= \sigma_{yd} = 1 \text{ 760} \text{ kp/cm}^2 \\
 \sigma_{0,2} &= \sigma_{yd} = 180 \text{ MPa} \quad \text{zaručená smluvní mez kluzu} \\
 \log \sigma_{0,2} &= \log \sigma_{yd} = 2,25
 \end{aligned}$$

dle zatížení únava model 3

FAT 3	$\Delta\sigma_{rs}$	log $\Delta\sigma_{rs}$	log N	N (10 <sup>9</sup> )	n (10 <sup>6</sup> )
1	31,3	1,5	12	2742	0,120

$$D_{Ed} = 0,000 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Dle ČSN EN 1992-2 příloha NN - zjednodušený postup pro výztuž

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma_{sequ} &= \Delta\sigma_{sec} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únavou 3 násobit} \\
 &\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\
 &\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\
 \Delta\sigma_{sec} &= 31,30 \text{ rozkmít napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\
 \lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\
 \lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuující účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\
 \lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\
 \lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\
 \lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\
 \phi_{fat} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\
 \lambda_s &= \phi_{fat} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\
 \lambda_s &= 4,067 \\
 k_2 &= 9 \quad \text{dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\
 Q &= 0,82 \quad \text{dle tab NN.1 EN 1992-2} \\
 N_{obs} &= 50 \text{ 000} \\
 \lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{obs} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\
 N_{Years} &= 100 \quad \text{návrhová životnost mostu} \\
 \lambda_{s3} &= (N_{Years} / 100)^{1/k_2} = 1,000
 \end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{sequ} = \Delta\sigma_{sec} \cdot \lambda_s = 127,30 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	127,3	2,1	7	9,001	0,120

$$D_{Ed} = 0,013 < 1 \quad \text{vyhovuje v zjednodušeném postupu dle modelu FAT 3}$$

# Ověření betonu namáhaného tlakem nebo smykem

Die Minerova pravidla  $\Sigma (n_i / N_i) \leq 1$   
pro  $i = 1$  až  $m$

$m$  - počet intervalů s konstantní amplitudou

$n_i$  - skutečný počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu "i"

$N_i$  - maximální počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu "i"

$$N_i = 10 \cdot e^{\exp(14 \cdot (1 - E_{cdmaxi} / (1 - R_i))^{0.5})}$$

$$R_i = E_{cdmini} / E_{cdmaxi}$$

$$E_{cdmini} = \sigma_{cdmini} / f_{cdfat}$$

$$E_{cdmaxi} = \sigma_{cdmaxi} / f_{cdfat}$$

- poměr napětí

$\sigma_{cdmini}$ ,  $\sigma_{cdmaxi}$  - dolní a horní napětí v zatěžovacím cyklu

$E_{cdmaxi}$ ,  $E_{cdmini}$  - minimální a maximální úroveň tlakového napětí

$$f_{cdfat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 14,96$$

MPa - návrhová hodnota únavové pevnosti betonu

$$k_1 = 0,85$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^{\exp(s \cdot (1 - (28 / t_0)^{0.5}))} = 1,000$$

- součinitel pevnosti betonu při jeho prvním zatížení

$$s = 0,25$$

- koeficient druhu cementu (0,20 - třída R, 0,25 - třída N, 0,38 - třída S)

$$t_0 = 28$$

- stáří betonu ve dnech, na začátku cyklického zatěžování

$$f_{cd} = 20,00$$

MPa

$$f_{ck} = 30,00$$

MPa

zatížitelnost	$\sigma_{cd1}$	$\sigma_{cd3}$
min	0,58	0,58
max	5,49	2,21
$R_i$	0,106	0,262
$E_{cdmini}$	0,04	0,04
$E_{cdmaxi}$	0,37	0,15
$N_i$	52791,822	#####
$n_i$	0,001	0,120
$n_i / N_i$	0,000	0,000

0,000

< 1

vyhovuje na únavu model FAT 3

0,000

< 1

vyhovuje na únavu zatížitelnost FAT1

# STOJKA RÁMU - rámový roh

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$\begin{aligned}g_o &= 2,97 \text{ kN/m} & 135 \text{ mm (130 mm živice...22 a 5 mm izolace...22)} \\g_s &= 22,5 \text{ kN/m} & \text{ŽB (A = 0,9 m}^2 \text{ průřez...25)}\end{aligned}$$

$$\gamma_Q = 1,35$$

### ZATÍŽITELNOST N

$$\begin{aligned}L &= 4,2 \text{ m} \\ \gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

příčel rámu

$$\begin{aligned}L_d &= 0,8 \cdot L = 3,36 \text{ m} \\ f &= 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 29,6 \text{ Hz}\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST R

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta_1 &= 1,25\end{aligned}$$

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$$\begin{aligned}\Delta\phi_{fat} &= 1,40 \\ \gamma_{fat} &= 1,00 \\ \delta_2 &= 1,2\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST E

$$\begin{aligned}\gamma_Q &= 1,5 \\ \delta &= 1,05\end{aligned}$$

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

koefficient pro redukci hodnot modelu pro zatížitelnost únavovou FAT 1 (vychází z modelu pro ZAT N)

$I_{TNV24}$  (voz/den)

$$\begin{aligned}\text{Tab.9.1-3} \quad \text{provoz:} &= 500 & \text{P1 (velmi těžký)} & \text{dle tab.9.2} \\ k_0 &= 0,500 & & \text{dle tab.9.3}\end{aligned}$$

rozkmít napětí od  $V_{nor} \cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{nor} = 7,68 \text{ MPa}$$

rozkmít napětí od LM1  $\cdot \delta$

$$\Delta\sigma_{LM1} = 17,99 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} = 2,34 \quad (\text{sloupec tabulky 9.1})$$

$$L_d = 3,36 \text{ m (řádek tabulky 9.1)}$$

$$n_{rok} = 35 \quad \text{počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1}$$

$$n_{živ} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 = 1\,760 \quad \text{TNV pro jeden směr, životnost mostu}$$

VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,max}$ polovina rozpětí				VNITŘNÍ SÍLY - $M_{y,min}$ rámový roh			
ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	ZS	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
vlastní tíha	-140,87	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	-50,39	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	-531,6	-25,6	0	LM 1	-114,48	-25,6	180,6
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	-176,94	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-98,49	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,52	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,39	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-17,22	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-227,01	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat	0	-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSU	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	$\gamma_F$
stálé	-258,2	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	-982,14	-80	346,51	STLM1HT+	-186,68	-236,36	316,68	
STLM1HT-	249,84	0	-30	STLM1HT-	-376,14	-143,32	381,94	
LM 2	162,21	-23,4	0	LM 2	-96,89	-23,4	136,37	
LM 3	71,4	-8,98	0	LM 3	-55,46	-8,98	119,43	
LM 1 H	246,87	-30	0	LM 1 H	-218,89	-187,81	292,25	
teplota +	15	-56,28	25,065	teplota +	-45,495	-56,28	25,065	1,5
teplota -	-45	36,765	47,64	teplota -	-141,015	36,765	47,64	1,5

komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]	komb MSP	$M_y$ [kNm]	N [kN]	$V_z$ [kN]
stálé	-191,26	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	636,65	-57,4	324,8	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	-538,28	4,63	31,76	STLM1HT-	-220,67	4,63	243,51
LM 2	108,14	-15,6	0	LM 2	-64,59	-15,6	90,91
LM 3	47,6	-5,98	0	LM 3	-36,97	-5,98	79,62
LM 1 H	0	0	14,23	LM 1 H	-31,32	-14,23	14,23
teplota +	10	-37,52	16,71	teplota +	-30,33	-37,52	16,71
teplota -	-30	24,51	31,76	teplota -	-94,01	24,51	31,76
FAT 3	-176,94	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-98,49	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,52	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,39	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-17,22	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-227,01	-8,25	0	ZAT Vnor	-36,01	-8,25	54,76
ZAT Vfat	0	-0,78	0	ZAT Vfat	-3,54	-0,78	5,6

### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

	$M_d$ (kNm)	$M_{dr}$ (kNm)
únosnost průřezu / zbývající únosnost průřezu	1797,93	1797,93
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	258,20	1539,73

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	8,69	<b>115</b>	1539,73	0,0
zatížitelnost R	1579,21	<b>157</b>	1539,734	0,0
zatížitelnost E	2506,69	<b>250</b>	1539,734	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>115</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí přepočtené na ohybový moment	1812,43	1812,43
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	191,26	1621,17

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	13,72	<b>182</b>	1621,17	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>115</b>
zatížitelnost R	<b>157</b>
zatížitelnost E	<b>250</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 900 mm

b = 2000 mm

d<sub>s</sub> = 20 mm

A<sub>sl</sub> = 314,16 mm<sup>2</sup>

n<sub>s</sub> = 16

a = 50 mm

d = 850 mm

beton :

C 30/37

charakteristická tlaková pevnost

f<sub>ck</sub> = 30,00 MPa

poměrné stlačení betonu

ε<sub>ck</sub> = 2,00 ‰

exponent

n = 2

maximální poměrné stlačení betonu

ε<sub>cu2</sub> = 3,50 ‰

λ = 0,8

η = 1

poměrné stlačení betonu -bilineární

ε<sub>ck</sub> = 1,75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

ε<sub>cu3</sub> = 3,50 ‰

E<sub>cm</sub> = 33 GPa

ocel :

B 500

E<sub>s</sub> = 200 GPa

f<sub>yk</sub> = 500 MPa

γ<sub>s</sub> = 1,15

ε<sub>uk</sub> = 75 ‰

ε<sub>ud</sub> = 0,9 · ε<sub>uk</sub> = 67,5 ‰

f<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / γ<sub>s</sub> = 434,8 MPa

ε<sub>yd</sub> = f<sub>yk</sub> / E = 2,5 ‰

poměrné přetvoření

ε<sub>c</sub> = 3,5

ε<sub>s</sub> = 5 ‰

α<sub>cc</sub> = 1,0

γ<sub>c</sub> = 1,5

f<sub>cd</sub> = α<sub>cc</sub> · f<sub>ck</sub> / γ<sub>c</sub> = 20,00 MPa

f<sub>ctef</sub> = 2,9 MPa

ω = E<sub>s</sub> / E<sub>cm</sub> = 6,061

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

MPa

MPa

## Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium III

neredukovaná část průřezu

h = 900 mm

b = 2000 mm

redukovaná část průřezu

statické hodnoty pro neredukovanou část průřezu

x = 68,2954783 mm

x<sub>t</sub> = x / 2 = 34,15 mm

A = x · b = 136,591 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 4,664 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu

x<sub>c</sub> = λ · x = 54,636 mm

x<sub>tc</sub> = x<sub>c</sub> / 2 = 27,32 mm

A<sub>cc</sub> = b · x<sub>c</sub> = 109,273 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 2,985 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 2185,46 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 89,55 kNm

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )	M <sub>srd</sub> (kNm)
1	16	850	5 026,5	4 272,6	1708,38
2	0	810	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			5 026,5	4 272,6	1708,38

x<sub>lim</sub> = d · ε<sub>cu3</sub> / ( ε<sub>yd</sub> + ε<sub>cu3</sub> ) = 495,83 mm z rovnováhy přetvoření

F<sub>sd</sub> = A<sub>st</sub> · f<sub>yd</sub> = 2185,46 kN

F<sub>sd</sub> - F<sub>c</sub> = 0,00 kN musí být rovno nule (rovnováha sil)

M<sub>Rd</sub> = M<sub>crd</sub> + M<sub>srd</sub> = 1797,9 kNm > M<sub>Sd</sub> = 982,14 kNm *vyhovuje*



$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$A_c = 136\,591 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 346,51 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 346,51 \text{ kN}$$

průřez bez smykové výztuže

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 6454,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 615,9 \text{ kN}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,47 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2,7925 \leq 0,02$$

$$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,34$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$$

$$V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 242,56 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 6454,9 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 242,56 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

průřez se smykovou výztuží

$$s = 300 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost třmínek}$$

$$f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa} \quad \text{návrhová mez kluzu smykové výztuže}$$

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,528$$

$$v_1 = v = 0,528 \quad \text{redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem}$$

$$\alpha_{cw} = 0,3$$

$$z = d - S_c / A_c = 850,0 \text{ mm}$$

$$\theta = 43^\circ \quad \text{musí být z intervalu } 21,8^\circ - 45^\circ$$

$$\text{tg } \theta = 0,933$$

$$\text{cotg } \theta = 1,072$$

$$A_{sw} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$a_s = 50 \text{ mm}$$

$$n = 16$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 13209,9 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 242,56 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 2686,2 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 242,56 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

Omezení napětí - podélné trhliny

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 7,2 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Omezení napětí - lineární dotvarování

$$k_2 = 0,45$$

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

$$\sigma_{kr} = k_2 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 7,2 \text{ MPa} \quad \text{nedojde k nelineárnímu dotvarování}$$

Omezení napětí - nepříjemné trhliny a deformace

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 137,6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### Omezení trhlin dle čl.7.3

$$w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{dle tabulky 7.101N}$$

#### Minimální průřezové plochy výztuže

$$A_{s\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct}$$

$A_{ct}$  - plocha betonu v tažené části průřezu

$\sigma_s$  - absolutní hodnota nejvyššího napětí ve výztuži po vzniku trhlin

$f_{ctef}$  - průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$k$  - součinitel účinku nerovnoměrného rozdělení vnitřních napětí

$k_c$  - součinitel rozdělení napětí a ramene sil

$$k_c = 0,4 \cdot (1 - \sigma_c / (k_1 \cdot h / h^* \cdot f_{ctef})) \leq 1 \quad \text{- pro obdélníkové průřezy, stěny komor a T - průřezů}$$

$$k_c = 0,9 \cdot F_{cr} / (A_{ct} \cdot f_{ctef}) \geq 0,5 \quad \text{- pro přilehlé desky komor a T - průřezů}$$

$$\sigma_s = 15,59 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,271 \leq 1$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 1,41 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

$N_{Ed}$  - osová síla v MS použitelnosti působící na uvažovanou část průřezu (tlak +)

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$b = 2000 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 2532,06 \text{ kN}$$

$$h^* = 900 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,5$$

$F_{cr}$  - absolutní hodnota tahové síly před vznikem trhlin pomocí  $f_{ctef}$

dle čl. 6.8.2

$$\xi = 0,3$$

$$\xi_1 = (\xi \cdot \phi_s / \phi_p)^{0,5} = 1,118$$

$$\phi_s = 20 \text{ mm}$$

$$A_{ct} = 808\,333,3 \text{ mm}^2$$

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

$$\phi_p = 4,8 \text{ mm}$$

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 40686,3 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 130$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 101,17 \text{ MPa}$$

$$\phi_s^* = 25 \text{ mm}$$

dle tab.7.2N

$$d = 850 \text{ mm}$$

$$h_{cr} = 404,17 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 5,8 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### Výpočet šířky trhlin

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$w_k$  - šířka trhliny

$s_{r\max}$  - maximální vzdálenost trhlin

$\epsilon_{sm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření výztuže (pouze přídatné tahové přetvoření)

$\epsilon_{cm}$  - průměrná hodnota poměrného přetvoření betonu mezi trhlami

$$f_{cteff} = 2,9 \text{ MPa}$$

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

$$\xi_1 = 1,118$$

$$A_p = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 5\,026,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{cef} = 2\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{cteff} / \rho_{per} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{per})) / E_s \geq 0,6 \cdot \sigma_s / E_s$$

$$k_t = 0,6 \quad \text{krátkodobé zatížení}$$

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 2,513$$

$$\sigma_s = 101,17 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,450 \geq 0,304$$

vyhovuje

dle čl.7.3.4

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

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\phi = \phi_{eq} = (n_1 \cdot \phi_1^2 + n_2 \cdot \phi_2^2) / (n_1 \cdot \phi_1 + n_2 \cdot \phi_2) = 20,00$$

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 137,353$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,062 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

C 30/37 ▼

h = 900 mm  
b = 2000 mm  
h<sub>1</sub> = mm

d<sub>s</sub> = 20 mm  
A<sub>s1</sub> = 314,16 mm<sup>2</sup>  
n<sub>s</sub> = 16

a = 50 mm  
d = 850 mm

## ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

## celý průřez pružně

beton : C 30/37

charakteristická tlaková pevnost  $f_{ck} = 30,00$  MPa  
poměrné stlačení betonu  $\epsilon_{c2} = 2,00$  ‰  
exponent  $n = 2$   
maximální poměrné stlačení betonu  $\epsilon_{cu2} = 3,50$  ‰  
 $\lambda = 0,8$   
 $\eta = 1$   
poměrné stlačení betonu - bilineární  $\epsilon_{c3} = 1,75$  ‰  
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární  $\epsilon_{cu3} = 3,50$  ‰  
 $E_{cm} = 33$  GPa

ocel : B 500

$E_s = 200$  GPa  
 $f_{yk} = 500$  MPa  
 $\gamma_s = 1,15$   
 $\epsilon_{uk} = 75$  ‰  
 $\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5$  ‰  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8$  MPa  
 $\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 2,5$  ‰

poměrné přetvoření  $\epsilon_c = 3,5$  ‰  
 $\epsilon_s = 5$  ‰  
 $\alpha_{cc} = 1,0$  doporučená hodnota 1,0  
 $\gamma_c = 1,5$  trvalá a dočasná návrhová situace  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 20,00$  MPa

$$\omega = E_s / E_{cm} = 6,061$$

$$f_{ct} = 2,9 \text{ MPa}$$
$$\gamma = \max(1,6 - h / 1000; 1) = 1$$
$$f_{ctd} = \gamma \cdot f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium I  
neredukovaný průřez

statické hodnoty pro neredukovaný průřez

$$x_t = h / 2 = 450,00 \text{ mm}$$
$$A = h \cdot b = 1\,800,000 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$
$$S = A \cdot x_t = 810,000 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
$$S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 835,89 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
$$A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 1830,46 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$
$$z_{tid} = S_{id} / A_{id} = 456,66 \text{ mm}$$
$$e_{hi} = z_{ti} = 456,66 \text{ mm}$$
$$e_{di} = h - e_{hi} = 443,34 \text{ mm}$$

$$I = b \cdot h^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_t)^2 = 121\,579,77 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$
$$I_s = A_s \cdot (z_i - z_{tid})^2 = 777,70 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$
$$I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 126\,293,11 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$
$$W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 276,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
$$W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 284,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_{ct} = b \cdot (h - x_{lim}) = 808,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$
$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 495,83 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - betonářská ocel

i	n	z <sub>i</sub> [mm]	A <sub>i</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (.10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> )
1	16	850	5 026,5	4 272,6
2	0	810	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			5 026,5	4 272,6

$$M_{smaxI} = W_{idd} \cdot f_{ctd} = 826,1 \text{ kNm} \quad \text{maximální moment pro stádium I}$$

$$\sigma_b = M_{smaxI} / W_{idh} = 2,99 \text{ MPa}$$
$$\sigma_d = M_{smaxI} / W_{idd} = 2,90 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 15,59 \text{ MPa}$$

### Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium II

neredukovaný průřez

$$\begin{aligned} h &= 900 \text{ mm} \\ b &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### statické hodnoty pro stádium II

$$\begin{aligned} x &= 352,703144 \text{ mm} & I &= b \cdot x^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x)^2 = 7\,861,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ x_t &= x / 2 = 176,35 \text{ mm} & I_s &= \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_i - z_{tid})^2 = 2096,11 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A &= x \cdot b = 705,406 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & I_{id} &= I + \omega \cdot I_s = 20\,565,01 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ S &= A \cdot x_t = 124,400 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idh} &= I_{id} / e_{hi} = 100,69 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S_{id} &= S + \omega \cdot S_s = 150,29 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idd} &= I_{id} / e_{di} = 29,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ A_{id} &= A + \omega \cdot A_s = 735,87 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ z_{tid} &= S_{id} / A_{id} = 204,24 \text{ mm} \\ e_{hi} &= z_{tid} = 204,24 \text{ mm} \\ e_{di} &= h - e_{hi} = 695,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 805,5 \text{ kNm} \quad \text{maximální moment pro stádium II}$$

#### maximální napětí pro stádium II

$$\begin{aligned} \sigma_h &= M_{smaxII} / W_{idh} = 8,00 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 770,56 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smaxII} / W_{idd} = 27,25 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 2821,63 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 153,30 \text{ MPa} & r_s &= d - z_{tid} = 645,76 \text{ mm} \\ & & r_c &= x / 2 = 176,35 \text{ mm} \\ & & 0 &= M_c - M_s = F_c \cdot r_c - F_s \cdot r_s = 0,00 \text{ Nm} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení ZAT N

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 855,4 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 3,09 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 84,90 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 3,00 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1090,92 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 16,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 1

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 17,2 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 0,17 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 13,59 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 0,58 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 76,96 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 2,70 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 3

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 176,9 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 1,76 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 169,26 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 5,99 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 619,79 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 33,67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 531,6 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 5,28 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 508,53 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 17,99 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1862,11 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 101,17 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení V<sub>hor</sub>

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 227,0 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 2,25 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 217,16 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 7,68 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 795,18 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 43,20 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1 a stálého zatížení

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 722,9 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 7,18 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 691,48 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 24,46 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 2532,06 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 137,57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## ÚNAVA

$$\begin{aligned}A_s &= 5,027 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\\xi &= 0,3 \text{ dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\\phi_s &= 12 \text{ mm nejvyšší použitý průměr betonářské výztuže} \\\phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm průměr předpínací výztuže} \\\eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\\eta &= 1,00\end{aligned}$$

### Ověření pro betonářskou a předpínací ocel - dle Palmgren - Minerova pravidla

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{Fat}} &= 1,00 \text{ dle tab.6.3N EN 1992-1-1} \\\Delta\sigma &= \text{MPa rozkmit zatížení} \quad k_1 = 5 \text{ dle tab.6.4N EN 1992-1-1} \\\Delta\sigma_{\text{Rsk}} &= 162,5 \text{ MPa odolnost pro } N^* \text{ cyklů} \quad k_2 = 9 \\\gamma_{\text{Sfat}} &= 1 \\\Delta\sigma_{\text{Rsfat}} &= \Delta\sigma_{\text{Rsk}} / \gamma_{\text{Sfat}} = 162,5 \text{ MPa odolnost pro } N^* \text{ cyklů} \\\eta(\Delta\sigma) &= \text{použitý počet cyklů s rozkmitem } \Delta\sigma \\N(\Delta\sigma) &= \text{počet cyklů rozkmitu } \Delta\sigma, \text{ který vyvolá únavové porušení}\end{aligned}$$

$$D_{\text{Ed}} = \eta(\Delta\sigma) / N(\Delta\sigma) < 1 \quad \text{součinitel únavového poškození}$$

log N	log $\Delta\sigma_{\text{Rsk}}$
0	2,25
1	2,25
6	2,21
15	1,21

$$\begin{aligned}\sigma_{0,2} = \sigma_{\text{yd}} &= 1 \text{ 760} \text{ kp/cm}^2 \\\sigma_{0,2} = \sigma_{\text{yd}} &= 180 \text{ MPa} \quad \text{zaručená smluvní mez kluzu} \\\log \sigma_{0,2} = \log \sigma_{\text{yd}} &= 2,25\end{aligned}$$

### dle zatížení únava model 3

FAT 3	$\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log $\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log N	N (10 <sup>9</sup> )	n (10 <sup>6</sup> )
1	33,7	1,5	12	1419	0,120

$$D_{\text{Ed}} = 0,000 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

### Dle ČSN EN 1992-2 příloha NN - zjednodušený postup pro výztuž

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{\text{sequ}} &= \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únavou 3 násobit} \\&\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\&\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\\Delta\sigma_{\text{sec}} &= 33,67 \text{ rozkmit napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\\lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\\lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuji účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\\lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\\lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\\lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\\phi_{\text{fat}} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\\lambda_s &= \phi_{\text{fat}} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\\lambda_s &= 4,067 \quad k_2 = 9 \text{ dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\\Delta\sigma_s = k_1 &= 70 \text{ MPa} \quad Q = 0,82 \text{ dle tab NN.1 EN 1992-2} \quad N_{\text{obs}} = 50 \text{ 000} \\\lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{\text{obs}} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\\lambda_{s3} &= (N_{\text{years}} / 100)^{1/k_2} = 1,000 \quad \text{návrhová životnost mostu} \quad N_{\text{years}} = 100\end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{\text{sequ}} = \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s = 136,96 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	137,0	2,1	7	4,660	0,120

$$D_{\text{Ed}} = 0,026 < 1 \quad \text{vyhovuje v zjednodušeném postupu dle modelu FAT 3}$$

# Ověření betonu namáhaného tlakem nebo smykem

Dle Minerova pravidla  $\Sigma (n_i / N_i) \leq 1$   
pro  $i = 1$  až  $m$

$m$  - počet intervalů s konstantní amplitudou

$n_i$  - skutečný počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " $i$ "

$N_i$  - maximální počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " $i$ "

$$N_i = 10 \cdot e^{\exp(14 \cdot (1 - E_{cdmaxi} / (1 - R_i))^{0.5})}$$

$$R_i = E_{cdmini} / E_{cdmaxi}$$

$$E_{cdmini} = \sigma_{cdmini} / f_{cdfat}$$

$$E_{cdmaxi} = \sigma_{cdmaxi} / f_{cdfat}$$

- poměr napětí

$\sigma_{cdmini}$ ,  $\sigma_{cdmaxi}$  - dolní a horní napětí v zatěžovacím cyklu

$E_{cdmaxi}$ ,  $E_{cdmini}$  - minimální a maximální úroveň tlakového napětí

$$f_{cdfat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 14,96$$

MPa - návrhová hodnota únavové pevnosti betonu

$$k_1 = 0,85$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^{\exp(s \cdot (1 - (28 / t_0)^{0.5}))} = 1,000$$

- součinitel pevnosti betonu při jeho prvním zatížení

$$s = 0,25$$

- koeficient druhu cementu (0,20 - třída R, 0,25 - třída N, 0,38 - třída S)

$$t_0 = 28$$

- stáří betonu ve dnech, na začátku cyklického zatěžování

$$f_{cd} = 20,00$$

MPa

$$f_{ck} = 30,00$$

MPa

zatížitelnost	$\sigma_{cd1}$	$\sigma_{cd3}$
min	1,90	1,90
max	7,18	3,66
$R_i$	0,265	0,519
$E_{cdmini}$	0,13	0,13
$E_{cdmaxi}$	0,48	0,24
$N_i$	4758,633	86261,055
$n_i$	0,002	0,120
$n_i / N_i$	0,000	0,000

0,000

< 1

vyhovuje na únavu model FAT 3

0,000

< 1

vyhovuje na únavu zatížitelnost FAT1

## Posouzení skupiny pilot

### Vstupní data

#### Projekt

Akce : Kojice SO 202

Datum : 18.06.2020

#### Nastavení

Standardní - mezní stavy

#### Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)

Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :  $\gamma_{M0} = 1,00$

#### Parametry zemín

##### R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$

Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 80,00 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,25$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

Typ zeminy : soudržná

##### R5 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 24,50^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 26,00 \text{ kPa}$

Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 20,00 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Typ zeminy : soudržná

##### R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 32,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$

Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 50,00 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

Typ zeminy : soudržná

##### Třída S3, středně ulehlá

Objemová tíha :  $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 29,50^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$

Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 16,00 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 19,50 \text{ kN/m}^3$

Typ zeminy : soudržná

##### Třída F4, konzistence měkká

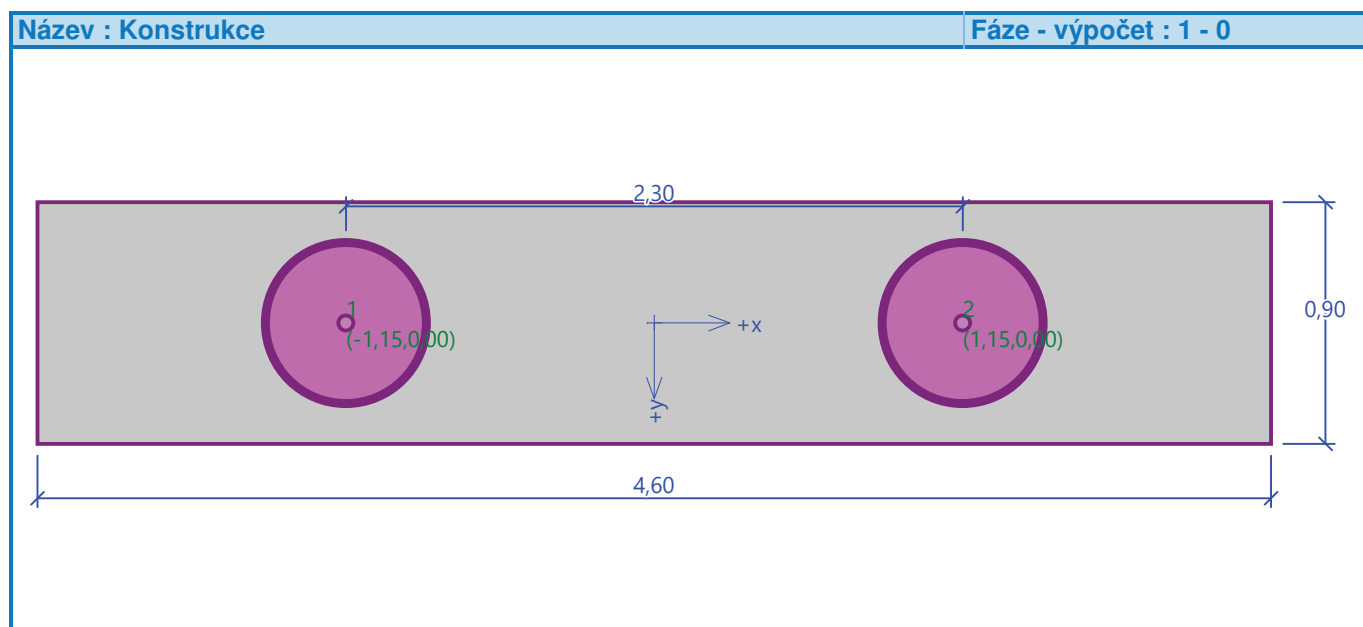
Objemová tíha :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 22,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$   
 Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 2,50 \text{ MPa}$   
 Poissonovo číslo :  $\nu = 0,35$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$   
 Typ zeminy : soudržná

### Konstrukce

Šířka základové desky  $b_x = 4,60 \text{ m}$   
 $b_y = 0,90 \text{ m}$   
 Průměr piloty  $d = 0,60 \text{ m}$   
 Počet pilot  $n_x = 2$   
 $n_y = 1$   
 Osová vzdálenost  $s_x = 2,30 \text{ m}$   
 $s_y = 1,80 \text{ m}$



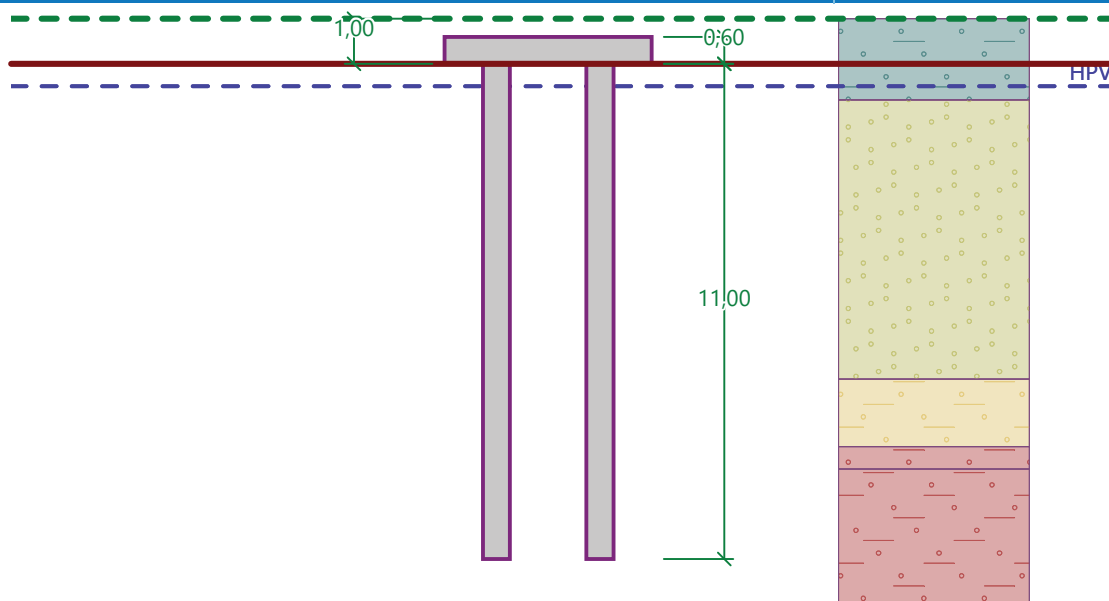
### Geometrie

Hloubka založení  $h_z = 1,00 \text{ m}$   
 Vysazení piloty  $h = 0,00 \text{ m}$   
 Tloušťka základové desky  $t = 0,60 \text{ m}$   
 Délka pilot  $l = 11,00 \text{ m}$



## Název : Geometrie

## Fáze - výpočet : 1 - 0



## Materiál konstrukce

Objemová tíha  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

## Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

$$f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G = 12917,00 \text{ MPa}$$

## Ocel podélná : B500

Mez kluzu

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

## Ocel příčná : B500

Mez kluzu

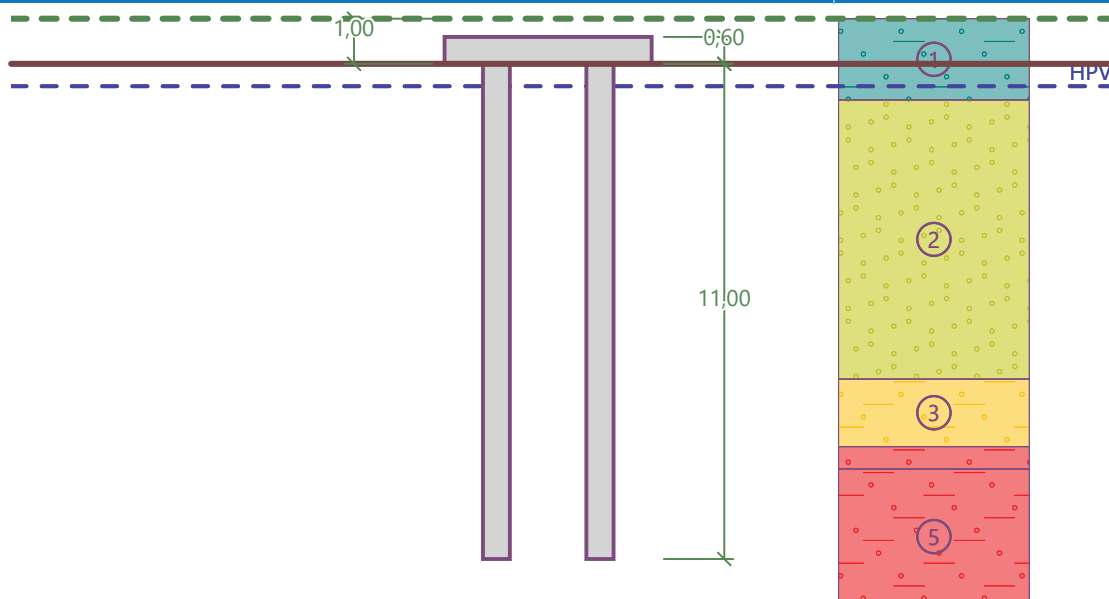
$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

## Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,80	0,00 .. 1,80	Třída F4, konzistence měkká	
2	6,20	1,80 .. 8,00	Třída S3, středně ulehlá	
3	1,50	8,00 .. 9,50	R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$	
4	0,50	9,50 .. 10,00	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$	
5	-	10,00 .. ∞	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$	

## Název : Profil a přiřazení

Fáze - výpočet : 1 - 0



## Zatížení

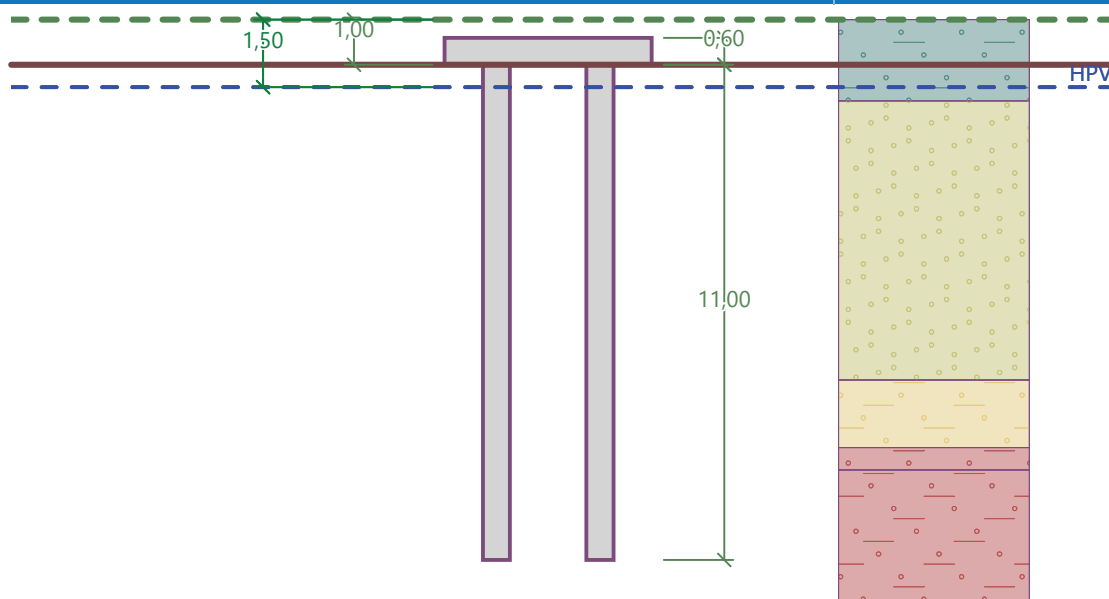
Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	Ano		Svislé max-návrhové	Návrhové	1370,00	0,02	0,00	0,00	156,00	0,00
2	Ano		Vodorovné max	Návrhové	1280,00	0,06	0,00	0,00	138,00	0,00
3	Ano		Svislé max-návrhové - provozní	Užitné	978,57	0,01	0,00	0,00	111,43	0,00
4	Ano		Vodorovné max - provozní	Užitné	914,29	0,04	0,00	0,00	98,57	0,00

## Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 1,50 m od původního terénu.

## Název : HPV + podloží

Fáze - výpočet : 1 - 0



**Celkové nastavení výpočtu**

Typ výpočtu : pružinová metoda

Uložení pilot v patě : piloty vetknuté do nestlačitelného podloží

Připojení pilot k desce : tuhé

Modul reakce podloží : podle ČSN 73 1004

**Výsledky výpočtu****Maximální vnitřní síly (všechna zatížení)**

Maximální tlaková síla = -785,10 kN  
 Minimální tlaková síla = -485,71 kN  
 Maximální moment = 136,17 kNm  
 Maximální posouvající síla = 78,00 kN

**Maximální deformace (jen užitná zatížení)**

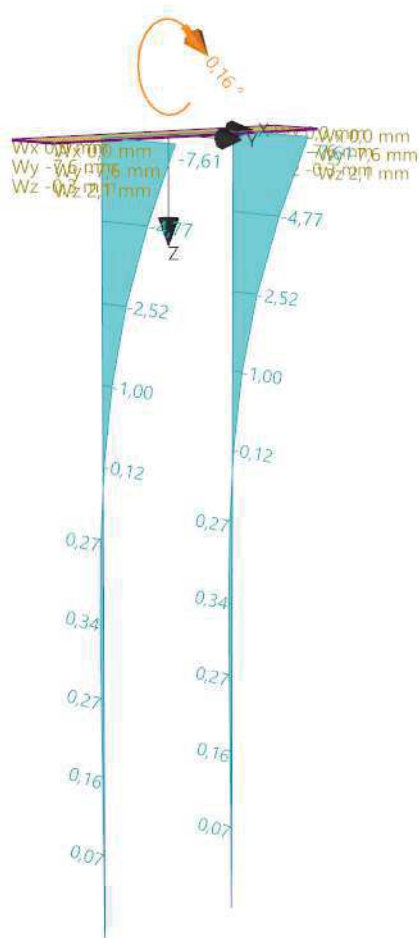
Maximální sednutí = 1,7 mm  
 Maximální vodorovný posun desky = 6,1 mm  
 Maximální natočení desky = 1,3E-01 °

**Maximální vnitřní síly (všechna zatížení)**

Zatížení : 1	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	M <sub>max</sub> [kNm]	Q <sub>max</sub> [kN]
pilota 1 - 1	-785,10	-713,57	136,17	78,00
pilota 1 - 2	-785,10	-713,57	136,17	78,00
Zatížení : 2	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	M <sub>max</sub> [kNm]	Q <sub>max</sub> [kN]
pilota 1 - 1	-740,10	-668,57	120,48	69,00
pilota 1 - 2	-740,10	-668,57	120,48	69,00
Zatížení : 3	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	M <sub>max</sub> [kNm]	Q <sub>max</sub> [kN]
pilota 1 - 1	-589,39	-517,85	97,27	55,71
pilota 1 - 2	-589,39	-517,85	97,27	55,71
Zatížení : 4	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	M <sub>max</sub> [kNm]	Q <sub>max</sub> [kN]
pilota 1 - 1	-557,24	-485,71	86,06	49,29
pilota 1 - 2	-557,24	-485,71	86,06	49,29

Název : Výpočet

Fáze - výpočet : 1 - -1



## Posouzení čís. 1

### Vstupní data pro dimenzaci piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivější kombinace.  
Výztuž navržena pro všechny piloty ve skupině.

### Posouzení na tlak a ohyb

Vyztužení - 9 ks profil 16,0 mm; krytí 100,0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,640 \% > 0,500 \% = \rho_{\min}$

Zatížení :  $N_{Ed} = -485,71$  kN (tlak) ;  $M_{Ed} = 136,17$  kNm

Únosnost :  $N_{Rd} = -1081,84$  kN;  $M_{Rd} = 303,31$  kNm

**Navržená výztuž piloty VYHOVUJE**

### Posouzení na smyk

Smyková výztuž - 2 ks profil 12,0 mm; vzdálenost 300,0 mm

$A_{sw} = 754,0$  mm<sup>2</sup>

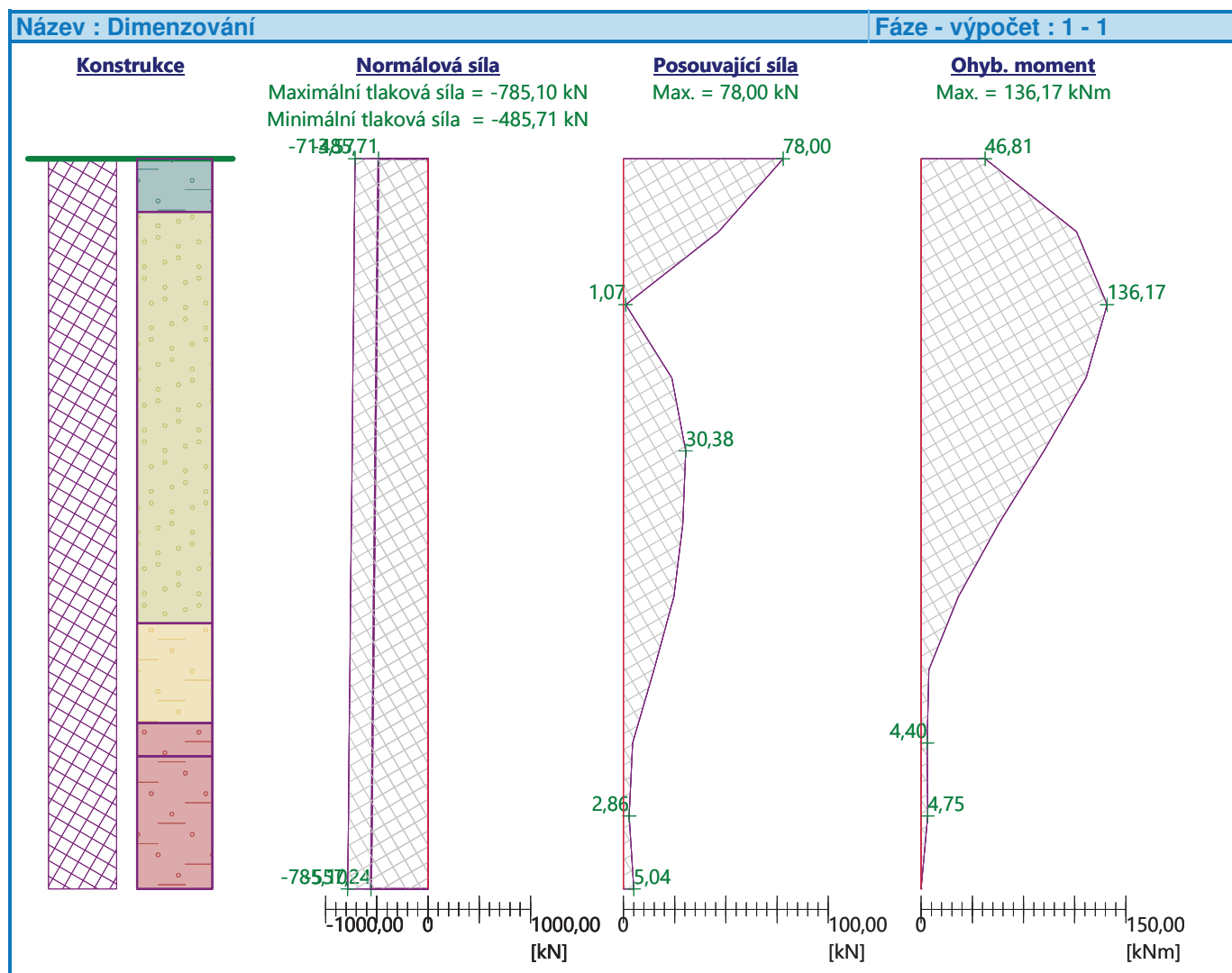
Posouvající síla na mezi únosnosti:  $V_{Rd} = 354,04$  kN  $> 78,00$  kN =  $V_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

pouze konstrukční smyková výztuž

**Průběhy vnitřních sil po konstrukci**

Hloubka [m]	Posouvající síla Q [kN]	Ohyb. moment M [kNm]	Normálová síla N [kN] (tah)	Normálová síla N [kN] (tlak)
0.00	78.00	46.81	-485.71	-713.57
1.10	46.48	113.93	-492.86	-720.72
2.20	1.07	136.17	-500.02	-727.87
3.30	23.61	120.75	-507.17	-735.03
4.40	30.38	89.99	-514.32	-742.18
5.50	28.97	56.88	-521.48	-749.33
6.60	24.67	27.28	-528.63	-756.49
7.70	14.86	5.76	-535.78	-763.64
8.80	4.51	4.40	-542.94	-770.79
9.90	2.86	4.75	-550.09	-777.95
11.00	5.04	0.00	-557.24	-785.10



## Posouzení piloty

### Vstupní data

#### Nastavení

Standardní - mezní stavy

#### Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)  
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní  
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)  
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :  $\gamma_{M0} = 1,00$   
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)  
 Dílčí součinitel vlastností dřeva :  $\gamma_M = 1,30$   
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) :  $k_{mod} = 0,50$   
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) :  $k_{cr} = 0,67$






#### Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky : NAVFAC DM 7.2  
 Zatěžovací křivka : lineární (Poulos)  
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor  
 Metodika posouzení : mezní stavy






Součinitele redukce parametrů zemin			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_{m\phi} =$	1,25	[-]
Součinitel redukce soudržnosti :	$\gamma_{mc} =$	1,40	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy zeminy :	$\gamma_{m\gamma} =$	1,00	[-]






Součinitele redukce únosnosti			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,00	[-]
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,00	[-]
Součinitel redukce celkové svislé únosnosti :	$\gamma_t =$	1,10	[-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,50	[-]

#### Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\nu$ [-]
1	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		19,50	0,25
2	R5 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		22,00	0,30
3	R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		19,50	0,30
4	Třída S3, středně ulehlá		17,50	0,30
5	Třída F4, konzistence měkká		18,50	0,35

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		-	80,00	21,50	-	-
2	R5 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		-	20,00	22,00	-	-
3	R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		-	50,00	21,50	-	-
4	Třída S3, středně ulehlá		-	16,00	19,50	-	-
5	Třída F4, konzistence měkká		-	2,50	20,00	-	-

Číslo	Název	Vzorek	$\phi_{ef}$ [°]	$\delta$ [°]	K [-]	$c_u$ [kPa]	$\alpha$ [-]
1	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		36,00	18,00	1,00	-	-
2	R5 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		24,50	18,00	1,00	-	-
3	R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$		32,00	16,00	1,00	-	-
4	Třída S3, středně ulehlá		-	-	-	0,00	0,70
5	Třída F4, konzistence měkká		-	-	-	30,00	0,70

### Parametry zemín

#### R4 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,25$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 80,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$   
Třecí úhel na plášti piloty :  $\delta = 18,00^\circ$   
Součinitel bočního tlaku :  $K = 1,00$   
zeminy :

#### R5 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 20,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$   
Třecí úhel na plášti piloty :  $\delta = 18,00^\circ$   
Součinitel bočního tlaku :  $K = 1,00$   
zeminy :

#### R6 Třída F4, konzistence tvrdá, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 50,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$   
Třecí úhel na plášti piloty :  $\delta = 16,00^\circ$

Součinitel bočního tlaku zeminy :  $K = 1,00$

#### **Třída S3, středně ulehlá**

Objemová tíha :  $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$   
 Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$   
 Modul přetvárnosti :  $E_{\text{def}} = 16,00 \text{ MPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 19,50 \text{ kN/m}^3$   
 Soudržnost zeminy :  $c_u = 0,00 \text{ kPa}$   
 Součinitel adheze :  $\alpha = 0,70$   
 Součinitel bočního tlaku zeminy :  $K = 1,00$

#### **Třída F4, konzistence měkká**

Objemová tíha :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$   
 Poissonovo číslo :  $\nu = 0,35$   
 Modul přetvárnosti :  $E_{\text{def}} = 2,50 \text{ MPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 20,00 \text{ kN/m}^3$   
 Soudržnost zeminy :  $c_u = 30,00 \text{ kPa}$   
 Součinitel adheze :  $\alpha = 0,70$   
 Součinitel bočního tlaku zeminy :  $K = 1,00$

### **Geometrie**

Profil piloty: kruhová

#### **Rozměry**

Průměr  $d = 0,60 \text{ m}$

Délka  $l = 11,00 \text{ m}$

#### **Spočtené průřezové charakteristiky**

Plocha  $A = 2,83\text{E-}01 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti  $I = 6,36\text{E-}03 \text{ m}^4$

#### **Umístění**

Vysazení  $h = 0,00 \text{ m}$

Hloubka upraveného terénu  $h_z = 0,00 \text{ m}$

Typ technologie: Vrtané piloty

### **Materiál konstrukce**

Objemová tíha  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

#### **Beton : C 25/30**

Válcová pevnost v tlaku  $f_{\text{ck}} = 25,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu  $f_{\text{ctm}} = 2,60 \text{ MPa}$

Modul pružnosti  $E_{\text{cm}} = 31000,00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku  $G = 12917,00 \text{ MPa}$

#### **Ocel podélná : B500**

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

#### **Ocel příčná: B500**

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



## Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,80	0,00 .. 0,80	Třída F4, konzistence měkká	
2	6,20	0,80 .. 7,00	Třída S3, středně ulehlá	
3	1,50	7,00 .. 8,50	R6 Třída F4, konzistence tvrdá, Sr > 0,8	
4	0,50	8,50 .. 9,00	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, Sr > 0,8	
5	-	9,00 .. ∞	R4 Třída F4, konzistence tvrdá, Sr > 0,8	

## Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]
	nové	změna							
1	Ano		ZS 1	Návrhové	785,10	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		ZS 2	Návrhové	668,57	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Ano		ZS 3	Užitné	589,39	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Ano		ZS 4	Užitné	485,71	0,00	0,00	0,00	0,00

## Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 0,50 m od původního terénu.

## Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

## Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

## Svislá únos. čís.1 - Plovoucí pilota

## Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 30,00$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 2,83E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c <sub>ud</sub> [kPa]	α [°]	K [°]	δ [°]	σ <sub>or</sub> [kPa]	R <sub>si</sub> [kN]
0,00	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,50	21,43	0,70	-	-	4,62	14,14
0,50	-	-	-	-	-	-	-
0,60	0,10	21,43	0,70	-	-	9,75	2,83
0,60	-	-	-	-	-	-	-
0,80	0,20	21,43	0,70	-	-	10,25	5,65

Hloubka [m]	Mocnost [m]	$c_{ud}$ [kPa]	$\alpha$ [-]	K [-]	$\delta$ [°]	$\sigma_{or}$ [kPa]	$R_{si}$ [kN]
0,80	-	-	-	-	-	-	-
7,00	6,20	0,00	0,70	-	-	10,25	0,00
7,00	-	-	-	-	-	-	-
8,50	1,50	-	-	1,00	12,80	10,25	6,58
8,50	-	-	-	-	-	-	-
9,00	0,50	-	-	1,00	14,40	10,25	2,48
9,00	-	-	-	-	-	-	-
11,00	2,00	-	-	1,00	14,40	10,25	9,92

### Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Účinnost skupiny pilot  $\eta_g = 1,00$

Součinitel výpočtu kritické hloubky  $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (ZS 1)

Únosnost piloty na plášti  $R_s = 41,61 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě  $R_b = 993,70 \text{ kN}$

Únosnost piloty  $R_c = 941,19 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla  $V_d = 826,95 \text{ kN}$

$R_c = 941,19 \text{ kN} > 826,95 \text{ kN} = V_d$

**Svislá únosnost piloty VYHOVUJE**