

AUTORIZACE

ČÍSLO PARE

ČÍSLO ZMĚNY	DATUM ZMĚNY	POPIS/OBSAH ZMĚNY	PODPIS

## MODERNIZACE SILNICE II/322 CHVALETICE - KOJICE

název akce

### SO 204 MOST EV. Č. 322-09

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	<i>M. Burianec</i>	ING. L. BURIANEC hlavní inženýr projektu	<i>L. Burianec</i>	A017/20 číslo zakázky	<b>D.4.2</b> číslo přílohy
ING. M. BURIANEC zodpovědný projektant	<i>M. Burianec</i>	ING. J. FELGR vedoucí projektant	<i>J. Felgr</i>	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 .....	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 stávajícího mostu bude uzavřený rám s příčlemi a dvěma stojkami.

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

### 1.1.1 Popis nosné konstrukce mostu

Nová nosná konstrukce je složena z dolní příčle uložené na základovou spáru tvořenou podkladním betonem uloženým v písčité vrstvě, do dolní příčle vetknutých rámových stojek, 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
práh	C 25/30	XF3, XA1, XC4	30	ano, ano, ano, 0,5	S4
Spádový, výplňový beton	C 16/20	XF1, XA1, XC2	-	-	-
Drenážní beton	C16/20	XF1, XA1, XC2	-	-	-
Podkladní beton	C 12/15	X0	-	-	-

## 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

Dopravně inženýrská kancelář, s.r.o., Bozděchova 1668, 500 02 Hradec Králové

Ing. Jan Felgr, 733 130 113, [felgr@dik-hk.cz](mailto:felgr@dik-hk.cz)

- 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 Přečhodová deska

Není uvažována.

##### 1.4.3 Římsa

Římsa je navržena konstrukčně, není předmětem posouzení.

##### 1.4.4 Zábradelní svodidlo

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

#### 1.5 Zatěžovací zkoušky

Nebude realizována statická zatěžovací zkouška dle požadavku objednatele.

#### 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	$V_n$	=	103 t
Výhradní	$V_r$	=	259 t
Výjimečná	$V_e$	=	397 t
Na jednu nápravu	$V_{aj}$	=	neuvedena

Využití únosnosti základové půdy je 91 %.

## **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	

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



# HORNÍ PŘÍČEL RÁMU - polovina rozpětí

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$g_o =$	3,64 kN/m	130 mm (120 mm živice...22 a 10 mm izolace...22)
$g_s =$	12,5 kN/m	ŽB ( $A = 0,5 \text{ m}^2$ průřez...25)
$g_{sz} =$	30 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk $h=2,6 \text{ m}$ ...20)
$g_{sz2} =$	12 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk $h=0,6 \text{ m}$ ...20)
$\gamma_Q =$	<b>1,35</b>	

### ZATÍŽITELNOST N

$L =$	<b>4</b>	m
$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>	
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>	

příčel rámu	
$L_d = 0,8 \cdot L =$	<b>3,2</b> m
$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} =$	<b>31,0</b> Hz

### ZATÍŽITELNOST R

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta_1 =$	<b>1,25</b>

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$\Delta\phi_{fat} =$	<b>1,40</b>
$\gamma_{fat} =$	<b>1,00</b>
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>

### ZATÍŽITELNOST E

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta =$	<b>1,05</b>

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

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

Tab.9.1-3	$I_{TNV24}$ (voz/den)		
provoz:	<b>500</b>	<b>P1 (velmi těžký)</b>	dle tab.9.2
		$k_0 =$ <b>0,500</b>	dle tab.9.3

rozkmít napětí od $V_{nor} \cdot \delta$	$\Delta\sigma_{nor} =$	<b>11,04</b>	MPa
rozkmít napětí od LM1 $\cdot \delta$	$\Delta\sigma_{LM1} =$	<b>23,33</b>	MPa
	$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} =$	<b>2,11</b>	(sloupec tabulky 9.1)
	$L_d =$	<b>3,2</b>	m (řádek tabulky 9.1)

$n_{rok} =$	<b>36</b>	počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1
$n_{ziv} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 =$	<b>1 800</b>	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	4,76	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	2,24	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	72,8	-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	27,11	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	12,74	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	0,04	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	0,03	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	2,41	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	34,44	-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	9,45	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	109,52	-80	36,46	STLM1HT+	-186,68	-236,36	316,68	
STLM1HT-	180	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	7	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	73,71	-57,4	24,4	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	49,8	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	27,11	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	12,74	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	0,04	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	0,03	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	2,41	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	34,44	-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	243,33	243,33
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	9,45	233,88

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	10,20	<b>135</b>	233,88	0,0
zatížitelnost R	3118,41	<b>311</b>	233,881	0,0
zatížitelnost E	4949,85	<b>494</b>	233,881	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>135</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí	138,31	138,31
přepočtené na ohybový moment		
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	7,00	131,31

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	<b>8,59</b>	<b>114</b>	131,31	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>114</b>
zatížitelnost R	<b>311</b>
zatížitelnost E	<b>494</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 300 mm

b = 1000 mm

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

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

n<sub>s</sub> = 8

a = 50 mm

d = 250 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 = 300 mm

b = 1000 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 = 68,295 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 2,332 · 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> = 54,636 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 1,493 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 1092,73 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 44,78 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	250	2 513,3	628,3	198,55
2	0	210	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			2 513,3	628,3	198,55

x<sub>lim</sub> = d · ε<sub>cu3</sub> / (ε<sub>yd</sub> + ε<sub>cu3</sub>) = 145,83 mm z rovnováhy přetvoření

F<sub>sd</sub> = A<sub>st</sub> · f<sub>yd</sub> = 1092,73 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> = 243,3 kNm > M<sub>Sd</sub> = 109,52 kNm **vyhovuje**

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

$$A_c = 68\,295 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 36,46 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 36,46 \text{ kN}$$

*průřez bez smykové výztuže*

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 1915,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 140,8 \text{ kN}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,82 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 8,3776 \leq 0,02$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,47$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$V_{Sdkr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 25,52 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 1915,5 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 25,52 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

*průřez se smykovou výztuží*

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

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

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

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

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

$$z = d - S_c / A_c = 250,0 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

$$n = 8$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 1942,5 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 25,52 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 395,0 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 25,52 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

*Omezení napětí - podélné trhliny*

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 10,4 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

*Omezení napětí - lineární dotvarování*

$$k_2 = 0,45$$

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

$$\sigma_{kr} = k_2 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa} > 10,4 \text{ MPa} \quad \text{nedojde k nelineárnímu dotvarování}$$

*Omezení napětí - nepříjemné trhliny a deformace*

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 118,7 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### 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

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

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

$$\sigma_s = 14,98 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,182 \leq 1$$

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

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

$$N_{Ed} = 711,25 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 2,37 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

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

$$h^* = 300 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,5$$

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

dle čl. 6.8.2

$$\xi = 0,3$$

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

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

$$A_{ct} = 154 \, 166,7 \text{ mm}^2$$

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

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

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 5432,1 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 18$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 108,24 \text{ MPa}$$

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

dle tab.7.2N

$$d = 250 \text{ mm}$$

$$h_{cr} = 154,17 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 3,9 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### 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

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

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

$$\xi_1 = 1,118$$

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

$$A_s = 2 \, 513,3 \text{ mm}^2$$

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

$$\alpha_e = 6,06$$

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

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

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 1,257$$

$$\sigma_s = 108,24 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,482 \geq 0,325$$

vyhovuje

dle čl.7.3.4

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

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

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

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 138,706$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,067 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

C 30/37 ▼

h = 300 mm  
b = 1000 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> = 8

a = 50 mm  
d = 250 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

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

$f_{ct} = 2,9$  MPa  
 $\gamma = \max(1,6 - h / 1000; 1) = 1,3$   
 $f_{ctd} = \gamma \cdot f_{ctm} = 3,77$  MPa

Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium I  
neredukovaný průřez

statické hodnoty pro neredukovaný průřez

$x_t = h / 2 = 150,00$  mm  
 $A = h \cdot b = 300,000$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $S = A \cdot x_t = 45,000$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 48,81$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 315,23$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $z_{tid} = S_{id} / A_{id} = 154,83$  mm  
 $e_{hi} = z_{ti} = 154,83$  mm  
 $e_{di} = h - e_{hi} = 145,17$  mm

$I = b \cdot h^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_t)^2 = 2\,257,00$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $I_s = A_s \cdot (z_i - z_{tid})^2 = 22,76$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 2\,394,96$  .10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
 $W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 15,47$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
 $W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 16,50$  .10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

$A_{ct} = b \cdot (h - x_{lim}) = 154,2$  .10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
 $x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 145,83$  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	8	250	2 513,3	628,3
2	0	210	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			2 513,3	628,3

$M_{smaxI} = W_{idd} \cdot f_{ctd} = 62,2$  kNm maximální moment pro stádium I

$\sigma_b = M_{smaxI} / W_{idh} = 4,02$  MPa  
 $\sigma_d = M_{smaxI} / W_{idd} = 3,77$  MPa  
 $\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 14,98$  MPa

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

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

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

statické hodnoty pro stádium II

$$x = 136,972986 \text{ mm}$$

$$x_1 = x / 2 = 68,49 \text{ mm}$$

$$A = x \cdot b = 136,973 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S = A \cdot x_1 = 9,381 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 13,19 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 152,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$z_{tid} = S_{id} / A_{id} = 86,65 \text{ mm}$$

$$e_{hi} = z_{tid} = 86,65 \text{ mm}$$

$$e_{di} = h - e_{hi} = 213,35 \text{ mm}$$

$$I = b \cdot x^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_1)^2 = 259,35 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_1 - z_{tid})^2 = 67,07 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 665,83 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 7,68 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 3,12 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 61,5 \text{ kNm} \quad \text{maximální moment pro stádium II}$$

maximální napětí pro stádium II

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

$$\sigma_d = M_{smaxII} / W_{idd} = 19,70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 91,40 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 229,71 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 547,89 \text{ kN}$$

$$r_s = d - z_{tid} = 163,35 \text{ mm}$$

$$r_c = x / 2 = 68,49 \text{ mm}$$

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

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení ZAT N

$$M_{smax} = 129,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 8,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 7,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 36,55 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 91,85 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 575,29 \text{ kN}$$

hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 1

$$M_{smax} = 2,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 0,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 2,96 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 7,43 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 47,05 \text{ kN}$$

hodnoty pro maximální moment rozkmitu napětí FAT model 3

$$M_{smax} = 27,1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 3,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 8,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 40,31 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 101,31 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 241,63 \text{ kN}$$

hodnoty pro moment rozkmitu napětí od modelu zatížení LM1

$$M_{smax} = 72,8 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 9,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 23,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 108,24 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 272,04 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 648,86 \text{ kN}$$

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

$$M_{smax} = 34,4 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 4,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 11,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 51,21 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 128,70 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 306,96 \text{ kN}$$

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

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$M_{smax} = 79,8 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = M_{smax} / W_{idh} = 10,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = M_{smax} / W_{idd} = 25,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_1 - z_{tid}) / e_{di} = 118,65 \text{ MPa}$$

$$F_s = \sigma_{ds} \cdot A_s = 298,20 \text{ kN}$$

$$F_c = \sigma_h / 2 \cdot A = 711,25 \text{ kN}$$



## ÚNAVA

$$\begin{aligned}A_s &= 2,513 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\\xi &= 0,3 \quad \text{dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\\phi_s &= 12 \text{ mm} \quad \text{největší použitý průměr betonářské výztuže} \\\phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm} \quad \text{průměr předpínací výztuže} \\\eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\\eta &= 1,00\end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

dle zatížení únava model 3

FAT 3	$\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log $\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log N	N ( $10^9$ )	n ( $10^6$ )
1	40,3	1,6	11	281	0,120

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

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

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{\text{sequ}} &= \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únavou 3 násobit} \\ &\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\ &\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\\Delta\sigma_{\text{sec}} &= 40,31 \text{ rozkmit napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\\lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\\lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuující účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\\lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\\lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\\lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\\phi_{\text{fat}} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\\lambda_s &= \phi_{\text{fat}} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\\lambda_s &= 4,067 \quad k_2 = 9 \quad \text{dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\ &\quad Q = 0,82 \quad \text{dle tab NN.1 EN 1992-2} \\\Delta\sigma_s &= k_1 = 70 \text{ MPa} \quad N_{\text{obs}} = 50 \text{ 000} \\\lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{\text{obs}} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\ N_{\text{years}} &= 100 \quad \text{návrhová životnost mostu} \\\lambda_{s3} &= (N_{\text{years}} / 100)^{1/k_2} = 1,000\end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{\text{sequ}} = \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s = 163,95 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	163,9	2,2	1	0,000	0,120

$$D_{\text{Ed}} = 7 \text{ 622,742} > 1 \quad \text{nevyhovuje v zjednodušeném postupu dle modelu FAT 3}$$

# 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	0,91	0,91
max	10,39	4,44
$R_i$	0,088	0,205
$E_{cdmini}$	0,06	0,06
$E_{cdmaxi}$	0,69	0,30
$N_i$	457,982	113754,696
$n_i$	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

# HORNÍ PŘÍČEL RÁMU - rámový roh

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$g_o =$	3,64 kN/m	130 mm (120 mm živice...22 a 10 mm izolace...22)
$g_s =$	12,5 kN/m	ŽB ( $A = 0,5 \text{ m}^2$ průřez...25)
$g_{sz} =$	30 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk $h=2,6 \text{ m}$ ...20)
$g_{sz2} =$	12 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk $h=0,6 \text{ m}$ ...20)
$\gamma_Q =$	<b>1,35</b>	

### ZATÍŽITELNOST N

$L =$	<b>4</b>	m
$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>	
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>	

příčel rámu	
$L_d = 0,8 \cdot L =$	<b>3,2</b> m
$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} =$	<b>31,0</b> Hz

### ZATÍŽITELNOST R

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta_1 =$	<b>1,25</b>

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$\Delta\phi_{fat} =$	<b>1,40</b>
$\gamma_{fat} =$	<b>1,00</b>
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>

### ZATÍŽITELNOST E

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta =$	<b>1,05</b>

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

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

Tab.9.1-3	$I_{TNV24}$ (voz/den)	
provoz:	<b>500</b>	<b>P1 (velmi těžký)</b>
	$k_0 =$	<b>0,500</b>
		dle tab.9.2
		dle tab.9.3

rozkmit napětí od $V_{nor} \cdot \delta$	$\Delta\sigma_{nor} =$	<b>6,13</b>	MPa
rozkmit napětí od $LM1 \cdot \delta$	$\Delta\sigma_{LM1} =$	<b>16,27</b>	MPa
	$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} =$	<b>2,65</b>	(sloupec tabulky 9.1)
	$L_d =$	<b>3,2</b>	m (řádek tabulky 9.1)

$n_{rok} =$	<b>36</b>	počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1
$n_{ziv} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 =$	<b>1 800</b>	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	-12,62	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	-5,57	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	-172,5	-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	-61,75	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-30,32	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,09	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,06	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-5,53	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-65	-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	-24,5565	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	-291,55	-80	299,4	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	-18,19	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	-196,19	-26,36	202,38	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	-220,69	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	-61,75	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-30,32	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,09	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,06	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-5,53	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-65	-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	704,01	704,01
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	24,56	679,45

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	12,45	<b>165</b>	679,45	0,0
zatížitelnost R	4026,38	<b>402</b>	679,452	0,0
zatížitelnost E	7189,97	<b>718</b>	679,452	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>165</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí	602,91	602,91
přepočtené na ohybový moment		
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	18,19	584,72

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	<b>16,07</b>	<b>214</b>	584,72	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>165</b>
zatížitelnost R	<b>402</b>
zatížitelnost E	<b>718</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 500 mm

b = 2000 mm

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

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

n<sub>s</sub> = 12

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>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 = 500 mm

b = 2000 mm

redukovaná část průřezu

statické hodnoty pro neredukovanou část průřezu

x = 51,2216087 mm

x<sub>i</sub> = x / 2 = 25,61 mm

A = x · b = 102,443 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>i</sub> = 2,624 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu

x<sub>c</sub> = λ · x = 40,977 mm

x<sub>tc</sub> = x<sub>c</sub> / 2 = 20,49 mm

A<sub>cc</sub> = b · x<sub>c</sub> = 81,955 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 1,679 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 1639,09 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 50,37 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	12	450	3 769,9	1 696,5	653,63
2	0	410	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			3 769,9	1 696,5	653,63

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> = 1639,09 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> = 704,0 kNm > M<sub>Sd</sub> = 291,55 kNm

vyhovuje

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

$$A_c = 102\,443 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 299,40 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 299,40 \text{ kN}$$

*průřez bez smykové výztuže*

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 4397,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 399,8 \text{ kN}$$

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

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 3,7699 \leq 0,02$$

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

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

$$k_l = 0,15$$

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

$$V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 209,58 \text{ kN}$$


---


$$V_{Rdc} = 4397,2 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 209,58 \text{ kN}$$

*vyhovuje, není třeba smyková výztuž*

*průřez se smykovou výztuží*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{sw} = 7500 \text{ mm}^2$$

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

$$n = 12$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 5245,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 1422,1 \text{ kN}$$


---


$$V_{Rds} = 5245,0 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 209,58 \text{ kN}$$


---


$$V_{Rdmax} = 1422,1 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 209,58 \text{ kN}$$

*smyková výztuž vyhovuje*

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

#### *Omezení napětí - podélné trhliny*

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 5,7 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

#### *Omezení napětí - lineární dotvarování*

$$k_2 = 0,45$$

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

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

#### *Omezení napětí - nepříjemné trhliny a deformace*

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 94,7 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### 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

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

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

$$\sigma_s = 15,40 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,294 \leq 1$$

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

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

$$N_{Ed} = 1157,66 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 1,16 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

$N_{Ed}$  - 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

$$\xi = 0,3$$

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

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

$$A_{ct} = 475\,000,0 \text{ mm}^2$$

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

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

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 26263,6 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 84$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 85,64 \text{ MPa}$$

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

dle tab.7.2N

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

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

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 6,3 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### 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

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

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

$$\xi_1 = 1,118$$

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

$$A_s = 3\,769,9 \text{ mm}^2$$

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

$$\alpha_e = 6,06$$

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

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

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 1,885$$

$$\sigma_s = 85,64 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,371 \geq 0,257$$

vyhovuje

dle čl.7.3.4

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

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

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

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 137,804$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,051 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$



## ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

## celý průřez pružně

C 30/37 ▼

h = 500 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> = 12

a = 50 mm  
d = 450 mm

**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

$\omega = E_s / E_{cm} = 6,061$   
 $f_{ct} = 2,9$  MPa  
 $\gamma = \max(1,6 - h / 1000; 1) = 1,1$   
 $f_{ctd} = \gamma \cdot f_{ctm} = 3,19$  MPa

*Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium I*  
neredukovaný průřez

statické hodnoty pro neredukovaný průřez

$x_t = h / 2 = 250,00$  mm  
 $A = h \cdot b = 1\,000,000 \cdot 10^3$  mm<sup>2</sup>  
 $S = A \cdot x_t = 250,000 \cdot 10^6$  mm<sup>3</sup>  
 $S_{id} = S + \omega \cdot S_s = 260,28 \cdot 10^6$  mm<sup>3</sup>  
 $A_{id} = A + \omega \cdot A_s = 1022,85 \cdot 10^3$  mm<sup>2</sup>  
 $z_{id} = S_{id} / A_{id} = 254,47$  mm  
 $e_{hi} = z_{ti} = 254,47$  mm  
 $e_{di} = h - e_{hi} = 245,53$  mm  
 $I = b \cdot h^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_t)^2 = 20\,853,29 \cdot 10^6$  mm<sup>4</sup>  
 $I_s = A_s \cdot (z_t - z_{tid})^2 = 144,13 \cdot 10^6$  mm<sup>4</sup>  
 $I_{id} = I + \omega \cdot I_s = 21\,726,84 \cdot 10^6$  mm<sup>4</sup>  
 $W_{idh} = I_{id} / e_{hi} = 85,38 \cdot 10^6$  mm<sup>3</sup>  
 $W_{idd} = I_{id} / e_{di} = 88,49 \cdot 10^6$  mm<sup>3</sup>  
 $A_{ct} = b \cdot (h - x_{lim}) = 475,0 \cdot 10^3$  mm<sup>2</sup>  
 $x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 262,50$  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	12	450	3 769,9	1 696,5
2	0	410	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			3 769,9	1 696,5

$M_{smaxI} = W_{idd} \cdot f_{ctd} = 282,3$  kNm maximální moment pro stádium I

$\sigma_h = M_{smaxI} / W_{idh} = 3,31$  MPa  
 $\sigma_d = M_{smaxI} / W_{idd} = 3,19$  MPa  
 $\sigma_{ds} = \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 15,40$  MPa

### Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium II

neredukovaný průřez

$$\begin{aligned} h &= 500 \text{ mm} \\ b &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### statické hodnoty pro stádium II

$$\begin{aligned} x &= 203,345377 \text{ mm} & I &= b \cdot x^3 / 12 + A_s \cdot (z_{tid} - x_i)^2 = 1\,540,98 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ x_i &= x / 2 = 101,67 \text{ mm} & I_s &= \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_i - z_{tid})^2 = 410,05 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A &= x \cdot b = 406,691 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & I_{id} &= I + \omega \cdot I_s = 4\,026,14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ S &= A \cdot x_i = 41,349 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idh} &= I_{id} / e_{hi} = 33,50 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S_{id} &= S + \omega \cdot S_s = 51,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idd} &= I_{id} / e_{di} = 10,60 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ A_{id} &= A + \omega \cdot A_s = 429,54 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ z_{tid} &= S_{id} / A_{id} = 120,20 \text{ mm} \\ e_{hi} &= z_{tid} = 120,20 \text{ mm} \\ e_{di} &= h - e_{hi} = 379,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 268,0 \text{ kNm} \quad \text{maximální moment pro stádium II}$$

#### maximální napětí pro stádium II

$$\begin{aligned} \sigma_h &= M_{smaxII} / W_{idh} = 8,00 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 501,51 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smaxII} / W_{idd} = 25,28 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1626,76 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 133,03 \text{ MPa} & r_s &= d - z_{tid} = 329,80 \text{ mm} \\ & & r_c &= x / 2 = 101,67 \text{ mm} \\ 0 &= M_c - M_s = F_c \cdot r_c - F_s \cdot r_s = 0,00 \text{ Nm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 377,5 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 4,42 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 84,63 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 4,27 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 898,99 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 22,45 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 5,5 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 0,17 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 8,54 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 0,52 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 41,27 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 2,26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 61,8 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 1,84 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 115,57 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 5,83 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 374,88 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 30,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 172,5 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 5,15 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 322,85 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 16,27 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1047,23 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 85,64 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 65,0 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 1,94 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 121,65 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 6,13 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 394,61 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 32,27 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 190,7 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 5,69 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 356,89 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 17,99 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1157,66 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 94,67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## ÚNAVA

$$\begin{aligned}
 A_s &= 3,770 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\
 \xi &= 0,3 \quad \text{dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\
 \phi_s &= 12 \text{ mm} \quad \text{největší použitý průměr betonářské výztuže} \\
 \phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm} \quad \text{průměr předpínací výztuže} \\
 \eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\
 \eta &= 1,00
 \end{aligned}$$

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 ( $10^9$ )	n ( $10^6$ )
1	30,7	1,5	13	3304	0,120

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

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

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma_{sequ} &= \Delta\sigma_{sec} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únavou 3 násobit} \\
 &\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\
 &\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\
 \Delta\sigma_{sec} &= 30,66 \text{ rozkmít napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\
 \lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\
 \lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuji účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\
 \lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\
 \lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\
 \lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\
 \phi_{fat} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\
 \lambda_s &= \phi_{fat} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\
 \lambda_s &= 4,067 \\
 k_2 &= 9 \quad \text{dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\
 Q &= 0,82 \quad \text{dle tab NN.1 EN 1992-2} \\
 \Delta\sigma_s = k_1 &= 70 \text{ MPa} \quad N_{obs} = 50 \text{ 000} \\
 \lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{obs} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\
 N_{Years} &= 100 \quad \text{návrhová životnost mostu} \\
 \lambda_{s3} &= (N_{Years} / 100)^{1/k_2} = 1,000
 \end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{sequ} = \Delta\sigma_{sec} \cdot \lambda_s = 124,68 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	124,7	2,1	7	10,848	0,120

$$D_{Ed} = 0,011 < 1 \quad \text{vyhovuje v zjednodušeném postupu dle modelu FAT 3}$$

# 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	0,54	0,54
max	5,69	2,39
$R_i$	0,095	0,228
$E_{cdmini}$	0,04	0,04
$E_{cdmaxi}$	0,38	0,16
$N_i$	44360,786	946166,834
$n_i$	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

# STOJKA RÁMU - rámový roh

## ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$g_o =$	3,64 kN/m	130 mm (120 mm živice...22 a 10 mm izolace...22)
$g_s =$	12,5 kN/m	ŽB (A = 0,5 m <sup>2</sup> průřez...25)
$g_{sz} =$	30 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk h=2,6 m...20)
$g_{sz2} =$	12 kN/m	tíha zeminy na základ (hutněný štěrk h=0,6 m...20)
$\gamma_Q =$	<b>1,35</b>	

### ZATÍŽITELNOST N

L =	<b>2</b>	m
$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>	
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>	

příčel rámu	
$L_d = 0,8 \cdot L =$	<b>2</b> m
$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} =$	<b>47,8</b> Hz

### ZATÍŽITELNOST R

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta_1 =$	<b>1,25</b>

### ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

$\Delta\phi_{fat} =$	<b>1,40</b>
$\gamma_{fat} =$	<b>1,00</b>
$\delta_2 =$	<b>1,2</b>

### ZATÍŽITELNOST E

$\gamma_Q =$	<b>1,5</b>
$\delta =$	<b>1,05</b>

### ZATÍŽITELNOST ÚNAVA

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

Tab.9.1-3	provoz:	<b>500</b>	<b>P1 (velmi těžký)</b>	dle tab.9.2
			<b>0,500</b>	dle tab.9.3

rozkmít napětí od $V_{nor} \cdot \delta$	$\Delta\sigma_{nor} =$	<b>9,87</b>	MPa
rozkmít napětí od LM1 $\cdot \delta$	$\Delta\sigma_{LM1} =$	<b>26,33</b>	MPa
	$\Delta\sigma_{LM1} / \Delta\sigma_{nor} =$	<b>2,67</b>	(sloupec tabulky 9.1)
	$L_d =$	<b>2</b>	m (řádek tabulky 9.1)

$n_{rok} =$	<b>44</b>	počet cyklů v jednotkách voz dle tab.9.1
$n_{ziv} = n_{rok} \cdot 100 \cdot 0,5 =$	<b>2 200</b>	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	-12,14	6,48	0	vlastní tíha	-7,64	6,48	21,58
ostatní stálé	-5,75	-0,76	0	ostatní stálé	-4,54	-0,76	9,57
LM 1	-179,5	-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	-64,15	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-31,45	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,09	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,07	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-5,74	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-67,31	-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	-24,1515	7,72	0	stálé	-16,44	7,72	42,06	
STLM1HT+	-308,86	-80	150,7	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	-17,89	5,72	0	stálé	-12,18	5,72	31,15
STLM1HT+	-207,69	-57,4	100	STLM1HT+	-156,99	-57,4	228,46
STLM1HT-	-227,39	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	-64,15	-8,31	0	FAT 3	-36,29	-8,31	55,07
ZAT N	-31,45	-4,44	0	ZAT N	-20,11	-4,44	32,28
ZAT R	-0,09	-0,01	0	ZAT R	-0,06	-0,01	0,13
ZAT E	-0,07	-0,01	0	ZAT E	-0,04	-0,01	0,09
ZAT FAT 1	-5,74	-0,73	0	ZAT FAT 1	-3,24	-0,73	5,09
ZAT Vnor	-67,31	-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	461,88	461,88
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	24,15	437,72

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	7,73	<b>103</b>	437,72	0,0
zatížitelnost R	2593,92	<b>259</b>	437,725	0,0
zatížitelnost E	3970,29	<b>397</b>	437,725	0,0

### MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	<b>103</b>

### MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

	$M_k$ (kNm)	$M_{kr}$ (kNm)
napětí limitní (podélné trhliny) / zbývající napětí	345,37	345,37
přepočtené na ohybový moment		
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	17,89	327,48

	násobek	zatížitelnost		$M_{kr}$ (kNm)
zatížitelnost N	<b>8,68</b>	<b>115</b>	327,48	0,00

### VÝSLEDNÁ ZATÍŽITELNOST

zatížitelnost N	<b>103</b>
zatížitelnost R	<b>259</b>
zatížitelnost E	<b>397</b>

# ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU

C 30/37 ▼

h = 500 mm

b = 1000 mm

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

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

n<sub>s</sub> = 8

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>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 = 500 mm

b = 1000 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 = 68,295 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S = A · x<sub>t</sub> = 2,332 · 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> = 54,636 · 10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>

S<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · x<sub>tc</sub> = 1,493 · 10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>

F<sub>c</sub> = A<sub>cc</sub> · η · f<sub>cd</sub> = 1092,73 kN

M<sub>cRd</sub> = F<sub>c</sub> · (x - x<sub>tc</sub>) = 44,78 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	2 513,3	1 131,0	417,10
2	0	410	0,0	0,0	0,00
3	0	0	0,0	0,0	0,00
			2 513,3	1 131,0	417,10

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> = 1092,73 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> = 461,9 kNm > M<sub>Sd</sub> = 308,86 kNm

vyhovuje



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

$$A_c = 68\,295 \text{ mm}^2$$

$$V_{Sdc} = 150,70 \text{ kN}$$

$$V_{Sdc1} = 150,70 \text{ kN}$$

*průřez bez smykové výztuže*

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 2419,9 \text{ kN}$$

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

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

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 5,0265 \leq 0,02$$

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

$$V_{Sdkr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 105,49 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 2419,9 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 105,49 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

*průřez se smykovou výztuží*

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

vzdálenost tržmínek

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

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°

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

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

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

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

$$n = 8$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 3496,6 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 105,49 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 711,0 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 105,49 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

## POUŽITELNOST PRŮŘEZU ŽB DESKY

### Omezení napětí dle čl.7.2

*Omezení napětí - podélné tržliny*

$$k_1 = 0,6$$

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

$$\sigma_{kr} = k_1 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 10,3 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

*Omezení napětí - lineární dotvarování*

$$k_2 = 0,45$$

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

$$\sigma_{kr} = k_2 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa} > 10,3 \text{ MPa} \quad \text{nedojde k nelineárnímu dotvarování}$$

*Omezení napětí - nepříjemné tržliny a deformace*

$$k_3 = 0,8$$

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

$$\sigma_{kr} = k_3 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ch} = 151,7 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

### 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

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

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

$$\sigma_s = 15,37 \text{ MPa}$$

$$\text{OBD} \quad k_c = 0,194 \leq 1$$

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

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

$$N_{Ed} = 1118,52 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = N_{Ed} / b \cdot h = 2,24 \text{ MPa}$$

$$k = 1$$

$N_{Ed}$  - 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

$$\xi = 0,3$$

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

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

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

plocha betonu v tažené části průřezu před vznikem trhlin

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

$$A_{s\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ctef} \cdot A_{ct} / \sigma_s = 8704,9 \text{ mm}^2$$

$$n_{\min} = A_{s\min} / (\pi \cdot d^2 / 4) = 28$$

#### Maximální průměr prutu

$$\sigma_{sc} = 137,97 \text{ MPa}$$

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

dle tab.7.2N

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

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

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot (f_{ctef} / 2,9) \cdot k_c \cdot h_{cr} / 2 / (h - d) = 4,2 \text{ mm} \quad \text{pro ohybové namáhání}$$

#### 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

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

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

$$\xi_1 = 1,118$$

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

$$A_s = 2\,513,3 \text{ mm}^2$$

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

$$\alpha_e = 6,06$$

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

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

$$\rho_{per} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{cef} = 1,257$$

$$\sigma_s = 137,97 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,630 \geq 0,414$$

vyhovuje

dle čl.7.3.4

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

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

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

$$n_1 = 8$$

$$\phi_1 = 20$$

$$n_2 = 0$$

$$\phi_2 = 0$$

$$s_{r\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{per} = 138,706$$

$$w_k = s_{r\max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,087 \text{ mm} < w_{\max} = 0,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**ÚNOSNOST ŽB PRŮŘEZU**

**celý průřez pružně**

C 30/37

h = 500 mm  
b = 1000 mm  
h<sub>l</sub> = mm

d<sub>s</sub> = 20 mm  
A<sub>s1</sub> = 314,16 mm<sup>2</sup>  
n<sub>s</sub> = 8

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>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  
γ = max(1,6 · h / 1000; 1) = 1,1  
f<sub>ct</sub> = 2,9 MPa  
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> = 131,85 ·10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
A<sub>id</sub> = A + ω · A<sub>s</sub> = 515,23 ·10<sup>3</sup> mm<sup>2</sup>  
z<sub>tid</sub> = S<sub>id</sub> / A<sub>id</sub> = 255,91 mm  
e<sub>hi</sub> = z<sub>ti</sub> = 255,91 mm  
e<sub>di</sub> = h - e<sub>hi</sub> = 244,09 mm  
I = b · h<sup>3</sup> / 12 + A · (z<sub>tid</sub> - x<sub>t</sub>)<sup>2</sup> = 10 434,15 ·10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
I<sub>s</sub> = A<sub>s</sub> · (z<sub>i</sub> - z<sub>tid</sub>)<sup>2</sup> = 94,67 ·10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
I<sub>id</sub> = I + ω · I<sub>s</sub> = 11 007,93 ·10<sup>6</sup> mm<sup>4</sup>  
W<sub>idh</sub> = I<sub>id</sub> / e<sub>hi</sub> = 43,01 ·10<sup>6</sup> mm<sup>3</sup>  
W<sub>idd</sub> = I<sub>id</sub> / e<sub>di</sub> = 45,10 ·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	2 513,3	1 131,0
2	0	410	0,0	0,0
3	0	0	0,0	0,0
			2 513,3	1 131,0

M<sub>smaxI</sub> = W<sub>idd</sub> · f<sub>ctd</sub> = 143,9 kNm maximální moment pro stádium I  
σ<sub>b</sub> = M<sub>smaxI</sub> / W<sub>idh</sub> = 3,34 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>i</sub> - z<sub>tid</sub>) / e<sub>di</sub> = 15,37 MPa

### Statické hodnoty obdélníkového průřezu - stádium II

neredukovaný průřez

$$\begin{aligned} h &= 500 \text{ mm} \\ b &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### statické hodnoty pro stádium II

$$\begin{aligned} x &= 217,451627 \text{ mm} & I &= b \cdot x^3 / 12 + A \cdot (z_{tid} - x_t)^2 = 965,38 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ x_t &= x / 2 = 108,73 \text{ mm} & I_s &= \pi \cdot d^4 / 64 + A_s \cdot (z_i - z_{tid})^2 = 255,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A &= x \cdot b = 217,452 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 & I_{id} &= I + \omega \cdot I_s = 2\,514,81 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ S &= A \cdot x_t = 23,643 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idh} &= I_{id} / e_{hi} = 19,19 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ S_{id} &= S + \omega \cdot S_s = 30,50 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 & W_{idd} &= I_{id} / e_{di} = 6,82 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ A_{id} &= A + \omega \cdot A_s = 232,68 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ z_{tid} &= S_{id} / A_{id} = 131,07 \text{ mm} \\ e_{hi} &= z_{tid} = 131,07 \text{ mm} \\ e_{di} &= h - e_{hi} = 368,93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{smaxII} = W_{idh} \cdot 0,4 \cdot f_{cd} = 153,5 \text{ kNm}$$

maximální moment pro stádium II

#### maximální napětí pro stádium II

$$\begin{aligned} \sigma_h &= M_{smaxII} / W_{idh} = 8,00 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 296,52 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smaxII} / W_{idd} = 22,52 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 869,81 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 117,98 \text{ MPa} & r_s &= d - z_{tid} = 318,93 \text{ mm} \\ & & r_c &= x / 2 = 108,73 \text{ mm} \\ 0 &= M_c - M_s = F_c \cdot r_c - F_s \cdot r_s = 0,00 \text{ Nm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 243,2 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 5,65 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 71,00 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 5,39 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 614,68 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 28,25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 5,7 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 0,30 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 9,15 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 0,84 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 74,79 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 3,64 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 64,2 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 3,34 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 123,92 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 9,41 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 363,51 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 49,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 179,5 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 9,36 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 346,75 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 26,33 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1017,15 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 137,97 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 67,3 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 3,51 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 130,03 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 9,87 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 381,42 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 51,74 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

jen porovnávací hodnota pro zjištění zatížitelnosti únavy a MSP

$$\begin{aligned} M_{smax} &= 197,4 \text{ kNm} \\ \sigma_h &= M_{smax} / W_{idh} = 10,29 \text{ MPa} & F_s &= \sigma_{ds} \cdot A_s = 381,31 \text{ kN} \\ \sigma_d &= M_{smax} / W_{idd} = 28,96 \text{ MPa} & F_c &= \sigma_h / 2 \cdot A = 1118,52 \text{ kN} \\ \sigma_{ds} &= \sigma_d \cdot \omega \cdot (z_i - z_{tid}) / e_{di} = 151,72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## ÚNAVA

$$\begin{aligned}A_s &= 2,513 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\A_p &= 0,00 \text{ mm}^2 \\\xi &= 0,3 \text{ dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\\phi_s &= 12 \text{ mm největší použitý průměr betonářské výztuže} \\\phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0,5} = 0,00 \text{ mm průměr předpínací výztuže} \\\eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0,5}) \\\eta &= 1,00\end{aligned}$$

### 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

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

dle zatížení únava model 3

FAT 3	$\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log $\Delta\sigma_{\text{rs}}$	log N	N ( $10^9$ )	n ( $10^6$ )
1	49,3	1,7	11	46	0,120

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

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

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{\text{sequ}} &= \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s \quad \text{síly od modelu zatížení únava 3 násobit} \\ &\quad 1,4 \text{ pro posouzení v jiných oblastech} \\ &\quad 1,75 \text{ pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů} \\\Delta\sigma_{\text{sec}} &= 49,31 \text{ rozkmit napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3} \\\lambda_s &= \text{součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)} \\\lambda_{s1} &= 1,15 \text{ druh konstrukčního prvku a poškozuji účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu} \\\lambda_{s2} &= \text{intenzita dopravy} \\\lambda_{s3} &= \text{návrhová provozní životnost mostu} \\\lambda_{s4} &= 1 \text{ při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu} \\\phi_{\text{fat}} &= 1,4 \text{ dynamický součinitel - drsnost povrchu vozovky} \quad 1,2 - \text{dobrá kvalita; } 1,4 - \text{střední kvalita} \\\lambda_s &= \phi_{\text{fat}} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\\lambda_s &= 4,067 \quad k_2 = 9 \text{ dle tab 6.4N EN 1992-1-1} \\ &\quad Q = 0,82 \text{ dle tab NN.1 EN 1992-2} \\\Delta\sigma_s = k_1 &= 70 \text{ MPa} \quad N_{\text{obs}} = 50 \text{ 000} \\\lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{\text{obs}} / 2)^{1/k_2} = 2,526 \\ N_{\text{years}} &= 100 \text{ návrhová životnost mostu} \\\lambda_{s3} &= (N_{\text{years}} / 100)^{1/k_2} = 1,000\end{aligned}$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{\text{sequ}} = \Delta\sigma_{\text{sec}} \cdot \lambda_s = 200,54 \text{ MPa}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	200,5	2,3	1	0,000	0,120

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

# 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	0,93	0,93
max	10,29	4,28
$R_i$	0,091	0,218
$E_{cdmini}$	0,06	0,06
$E_{cdmaxi}$	0,69	0,29
$N_i$	495,928	130164,486
$n_i$	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

## Únosnost a sedání základu pod základovou konstrukcí

### Zatížení

G	1592,44
$R_{zd}$ (kN)	1 392,9
$R_{xd}$ (kN)	0,0
$R_{yd}$ (kN)	170,0
$M_{xd}$ (kNm)	49,3
e (m)	1,179
$\sigma$	213,2
b=	7
d=	2
$\delta$ =	0,0569

### Základ mostu

$\phi$ =	33 °		
$\phi_d = \phi/\gamma_{m\phi}$ =	29 °	$\gamma_{m\phi}$ =	1,138
c =	0 kPa	$\gamma_{mc}$ =	2
$c_d = c/\gamma_{mc}$ =	0 kPa		
$N_c = 2+\pi$ =	5,14	c - soudržnost	
$N_d = e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(45+\phi/2)$ =	16,3	$N_c, N_d, N_b$ - součinitele únosnosti závislé na úhlu vnitřního tření $\phi$	
$N_b = 1.5 \cdot (e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(45+\phi/2) - 1) \cdot \tan \phi$ =	12,7	$s_c, s_d, s_b$ - součinitele vlivu tvaru základu	
$s_c = 1+0,2 \cdot b/l$ =	1,057143	$d_c, d_d, d_b$ - součinitele vlivu hloubky založení	
$s_d = 1+b/l \cdot \sin \phi$ =	1,14	$i_c, i_d, i_b$ - součinitele vlivu šikmého zatížení	
$s_b = 1-0,3 \cdot b/l$ =	0,914286	$\gamma_c, \gamma_d, \gamma_b$ - součinitele vlivu šikmosti terénu	
$d_c = 1+0,1 \cdot (d/b)^{0,5}$ =	1,07	$b_c, b_d, b_b$ - součinitele vlivu sklonu základové spáry	
$d_d = 1+0,1 \cdot (d/b \cdot \sin(2 \cdot \phi))^{0,5}$ =	1,07	$\gamma_1, \gamma_2$ - objemová tíha zeminy nad a pod základovou sparou	
$d_b$ =	1	d - hloubka založení	
$i_c = (1-\tan \delta)^2$ =	0,889	b - šířka základu	
$i_d = (1-\tan \delta)^2$ =	0,889	l - délka základu	
$i_b = (1-\tan \delta)^2$ =	0,889		
$g_c = g_d - (1 - g_d)/(N_d - 1)$ =	1,000	$\gamma_w$ =	10 kN.m <sup>-3</sup>
$g_d = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$ =	1,000	$\gamma_b$ =	25 kN.m <sup>-3</sup>
$g_b = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$ =	1,000	pro G3	smyková plocha
$b_c = (1 - b_d)/(N_d - 1)$ =	0,000	$z_s = 2 \cdot b$ =	14 m hloubka
$b_d = e^{-2,7 \cdot \arccos \tan \phi}$ =	1,000	$a_s = 6 \cdot b$ =	42 m dosah
$b_b = e^{-2,7 \cdot \arccos \tan \phi}$ =	1,000	$\gamma$ =	19 kN.m <sup>-3</sup>
$\gamma_1 = \gamma$ =	19,00 kN.m <sup>-2</sup>	$\gamma_{su} = \gamma_d - (1 - n) \cdot \gamma_w$ =	13 kN.m <sup>-3</sup>
$\gamma_m = \gamma_{su} + d_w/z_s \cdot (\gamma - \gamma_{su})$ =	13,47 kN.m <sup>-2</sup>	d =	1,1 m
$\gamma_2 = \gamma_m$ =	13,47 kN.m <sup>-3</sup>	$d_w$ =	1,1 m
hloubka založení d =	1 m	$\gamma_F$ =	1,35
délka základu b =	7 m	n =	0,4 pórovitost
šířka základu l =	2 m	$b_{eff} = b - 2 \cdot e$ =	0,000 m
$\delta$ =	3,26 ° odklon sil od svislé	v =	0,25
$\beta$ =	0 °	$\beta = 2 \cdot v^2/(1 - v)$ =	0,167
$\alpha$ =	0 °	$E_{def}$ =	60 MPa
t =	0,4 m	$E_{oed} = E_{def}/\beta$ =	360,0 MPa
$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot b_{eff} / 2 \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$			
$R_{dc}$ =	0,00 kPa		
$R_{dd}$ =	236,1 kPa		
$R_{db}$ =	0,0 kPa		
$R_d = R_{dc} + R_{dd} + R_{db}$ =	236,1 kPa	L/b =	3,5
$V_k = (R_{zd} + G)/\gamma_F$ =	2 624,2 kN	z/b =	0,5
$R_d$ =	236,1 kPa > $R_{Sd}$ = 213,2 kPa	$\sigma_z/f$ =	0,55 dle tab.
	<u>vyhovuje</u>	$\sigma_z$ =	117,3 kPa
		$\sigma_{ds} = V_k/b/L$ =	187,45 kN.m <sup>-2</sup>
		$\sigma_{or} = \gamma_1 \cdot d$ =	19 kN.m <sup>-2</sup>
		$\sigma_{oi} = \sigma_{ds} - \sigma_{or}$ =	168,45 kN.m <sup>-2</sup>
		$l_{ch}(z)$ =	0,3 dle tab.
		$\sigma_{zi} = \sigma_{oi} \cdot l_{ch}(z)$ =	50,53 kN.m <sup>-2</sup>
		s = $(\sigma_{zi} - m \cdot \sigma_{or}) \cdot h/E_{oed}$ =	0,31 mm < $s_{lim}$ = 30 mm
			<u>vyhovuje</u>
			parametr strukturní pevnosti

## Únosnost a sedání základu v základové spáře

### Zatížení

G	1592,44
$R_{zd}$ (kN)	1 392,9
$R_{xd}$ (kN)	0,0
$R_{yd}$ (kN)	170,0
$M_{xd}$ (kNm)	49,3
e (m)	1,179
$\sigma$	124,4
b=	8
d=	3
$\delta$ =	0,0569

### Základ mostu

$\phi$ =	27 °		
$\phi_d = \phi/\gamma_{m\phi}$ =	23 °	$\gamma_{m\phi}$ =	1,174
c =	5 kPa	$\gamma_{mc}$ =	2
$c_d = c/\gamma_{mc}$ =	2,5 kPa		
$N_c = 2 + \pi$ =	5,14	c - soudržnost	
$N_d = e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi/2)$ =	8,6	$N_c, N_d, N_b$ - součinitele únosnosti závislé na úhlu vnitřního tření $\phi$	
$N_b = 1,5 \cdot (e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi/2) - 1) \cdot \tan \phi$ =	4,8	$s_c, s_d, s_b$ - součinitele vlivu tvaru základu	
$s_c = 1 + 0,2 \cdot b/l$ =	1,075	$d_c, d_d, d_b$ - součinitele vlivu hloubky založení	
$s_d = 1 + b/l \cdot \sin \phi$ =	1,15	$i_c, i_d, i_b$ - součinitele vlivu šikmého zatížení	
$s_b = 1 - 0,3 \cdot b/l$ =	0,8875	$\gamma_c, \gamma_d, \gamma_b$ - součinitele vlivu šikmosti terénu	
$d_c = 1 + 0,1 \cdot (d/b)^{0,5}$ =	1,07	$b_c, b_d, b_b$ - součinitele vlivu sklonu základové spáry	
$d_d = 1 + 0,1 \cdot (d/b \cdot \sin(2 \cdot \phi))^{0,5}$ =	1,06	$\gamma_1, \gamma_2$ - objemová tíha zeminy nad a pod základovou sparou	
$d_b$ =	1	d - hloubka založení	
$i_c = (1 - \tan \delta)^2$ =	0,889	b - šířka základu	
$i_d = (1 - \tan \delta)^2$ =	0,889	l - délka základu	
$i_b = (1 - \tan \delta)^2$ =	0,889		
$g_c = g_d - (1 - g_d)/(N_d - 1)$ =	1,000	$\gamma_w$ =	10 kN.m <sup>-3</sup>
$g_d = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$ =	1,000	$\gamma_b$ =	25 kN.m <sup>-3</sup>
$g_b = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$ =	1,000	pro G3	smyková plocha
$b_c = (1 - b_d)/(N_d - 1)$ =	0,000	$z_s = 2 \cdot b$ =	16 m hloubka
$b_d = e^{-2,7 \cdot \arctan \tan \phi}$ =	1,000	$a_s = 6 \cdot b$ =	48 m dosah
$b_b = e^{-2,7 \cdot \arctan \tan \phi}$ =	1,000	$\gamma$ =	18,5 kN.m <sup>-3</sup>
$\gamma_1 = \gamma$ =	18,50 kN.m <sup>-2</sup>	$\gamma_{su} = \gamma_d - (1 - n) \cdot \gamma_w$ =	12,5 kN.m <sup>-3</sup>
$\gamma_m = \gamma_{su} + d_w/z_s \cdot (\gamma - \gamma_{su})$ =	12,88 kN.m <sup>-2</sup>	d =	1 m
$\gamma_2 = \gamma_m$ =	12,88 kN.m <sup>-3</sup>	$d_w$ =	1 m
hloubka založení d =	1,5 m	$\gamma_F$ =	1,35
délka základu b =	8 m	n =	0,4 pórovitost
šířka základu l =	3 m	$b_{eff} = b - 2 \cdot e$ =	0,000 m
$\delta$ =	3,26 ° odklon sil od svislé	v =	0,35
$\beta$ =	0 °	$\beta = 2 \cdot v^2 / (1 - v)$ =	0,377
$\alpha$ =	0 °	$E_{def}$ =	6 MPa
t =	0,4 m	$E_{oed} = E_{def} / \beta$ =	15,9 MPa
$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot b_{eff} / 2 \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$			
$R_{dc}$ =	13,16 kPa		
$R_{dd}$ =	179,2 kPa		
$R_{db}$ =	0,0 kPa		
$R_d = R_{dc} + R_{dd} + R_{db}$ =	192,3 kPa	L/b =	2,666667
$V_k = (R_{zd} + G) / \gamma_F$ =	2 624,2 kN	z/b =	0,5
$R_d$ =	192,3 kPa > $R_{sd}$ = 124,4 kPa	$\sigma_z / f$ =	0,53 dle tab.
<u>vyhovuje</u>		$\sigma_z$ =	65,9 kPa
$\sigma_{ds} = V_k / b \cdot L$ =	109,34 kN.m <sup>-2</sup>		
$\sigma_{or} = \gamma_1 \cdot d$ =	27,75 kN.m <sup>-2</sup>		
$\sigma_{oi} = \sigma_{ds} - \sigma_{or}$ =	81,59 kN.m <sup>-2</sup>		
$l_{ch}(z)$ =	0,3 dle tab.	parametr strukturní pevnosti	
$\sigma_{zi} = \sigma_{oi} \cdot l_{ch}(z)$ =	24,48 kN.m <sup>-2</sup>		
$s = (\sigma_{zi} - m \cdot \sigma_{or}) \cdot h / E_{oed}$ =	5,43 mm < $s_{lim}$ = 30 mm		
	<u>vyhovuje</u>		



**Posouzení pažící konstrukce****Vstupní data****Projekt**

Akce : Kojice obchvat  
 Část : zajištění kolejového lože - náspu  
 Vypracoval : Ing. Jan Felgr  
 Datum : 12.11.2020

**Nastavení**

Standardní - EN 1997 - DA2

**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) :  $k_{cr} = 0,67$

**Výpočet tlaků**

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)  
 Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)  
 Metoda výpočtu : závislé tlaky  
 Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe  
 Modul reakce podloží : standardní  
 Redukovat modul reakce podloží pro záporové pažení  
 Sednutí terénu : parabolická metoda  
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997  
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Dočasná návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

Součinitele redukce odporu (R)			
Dočasná návrhová situace			
Součinitel redukce stability kotvy :	$\gamma_{Ris} =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce zemního odporu :	$\gamma_{Re} =$	1,40 [-]	

**Kotvy**

Metodika posouzení : mezní stavy

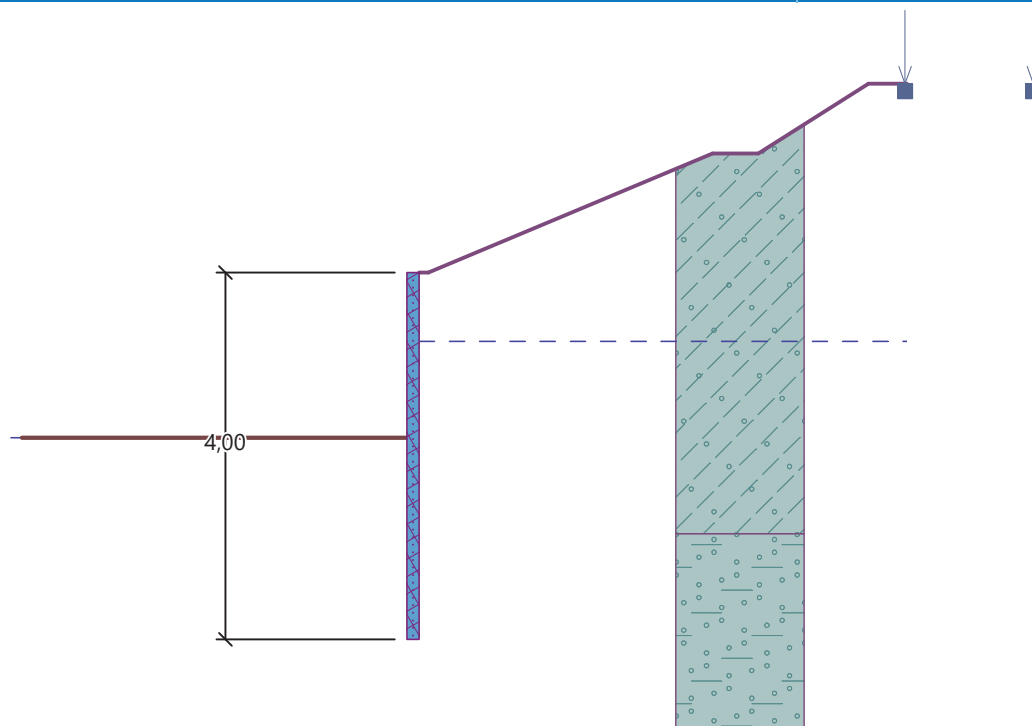
Součinitele redukce			
Součinitel spolehlivosti oceli :	$\gamma_s =$	1,35 [-]	
Součinitel redukce na vytržení ze zeminy :	$\gamma_e =$	1,35 [-]	
Součinitel redukce na vytržení ze zálivky :	$\gamma_c =$	1,35 [-]	

**Geometrie konstrukce**

Délka konstrukce = 4,00 m

Název průřezu : Štětovnice : AS 500-9.5

Plocha průřezu	$A = 1,63E-02 \text{ m}^2/\text{m}$
Moment setrvačnosti	$I = 3,40E-06 \text{ m}^4/\text{m}$
Modul pružnosti	$E = 210000,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000,00 \text{ MPa}$
Průřezový modul	$W = 7,400E-05 \text{ m}^3/\text{m}$
Plastický průřezový modul	$W_{pl} = 1,779E-04 \text{ m}^3/\text{m}$

**Název : Geometrie****Fáze - výpočet : 1 - 0****Materiál konstrukce****Ocel konstrukční: EN 10025 : Fe 360**

Mez kluzu	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E = 210000,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000,00 \text{ MPa}$

**Modul reakce podloží**

Modul reakce podloží počítán podle teorie Schmitt.

**Základní parametry zemín**

Číslo	Název	Vzorek	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		26,50	16,00	18,00	8,00	13,00
2	Třída S5		27,00	8,00	18,50	8,50	13,00

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

## Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží (Schmitt)

Číslo	Název	Vzorek	$\nu$ [-]	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		0,35	16,00	-
2	Třída S5		0,35	12,50	-

## Parametry zemin



Třída F3, konzistence pevná,  $S_r > 0,8$ 

Objemová tíha :  $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$   
 Napjatost : efektivní  
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 26,50^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 16,00 \text{ kPa}$   
 Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 13,00^\circ$   
 Zemina : nesoudržná  
 Edometrický modul :  $E_{oed} = 16,00 \text{ MPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

## Třída S5

Objemová tíha :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$   
 Napjatost : efektivní  
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$   
 Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 13,00^\circ$   
 Zemina : nesoudržná  
 Edometrický modul :  $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$

## Geologický profil a přiřazení zemin

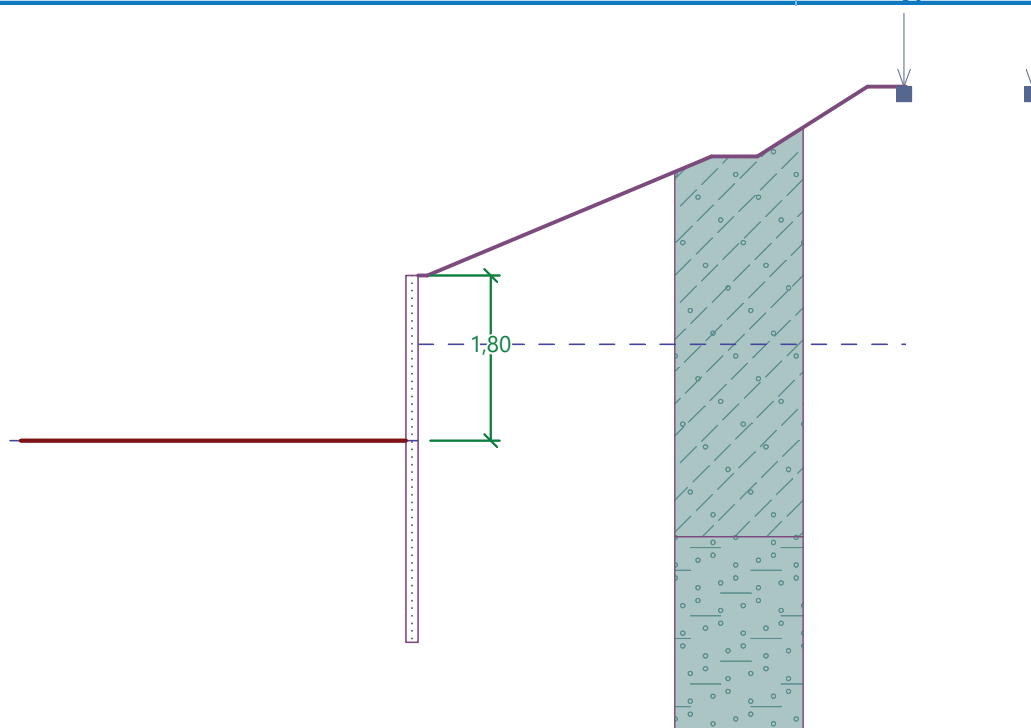
Číslo	Mocnost vrstvy $t$ [m]	Hloubka $z$ [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,85	0,00 .. 2,85	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$	
2	-	2,85 .. $\infty$	Třída S5	

## Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 1,80 m.

## Název : Hloubení

Fáze - výpočet : 1 - 0



## Tvar terénu

Číslo	Souřadnice x [m]	Hloubka z [m]
1	0,00	0,00
2	0,10	0,00
3	3,20	-1,30
4	3,70	-1,30
5	4,90	-2,06
6	5,90	-2,06

Počátek [0,0] je v umístěn v pravém horním rohu konstrukce.  
Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

## Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 0,75 m  
Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 1,80 m  
Podloží u paty konstrukce je nepropustné.

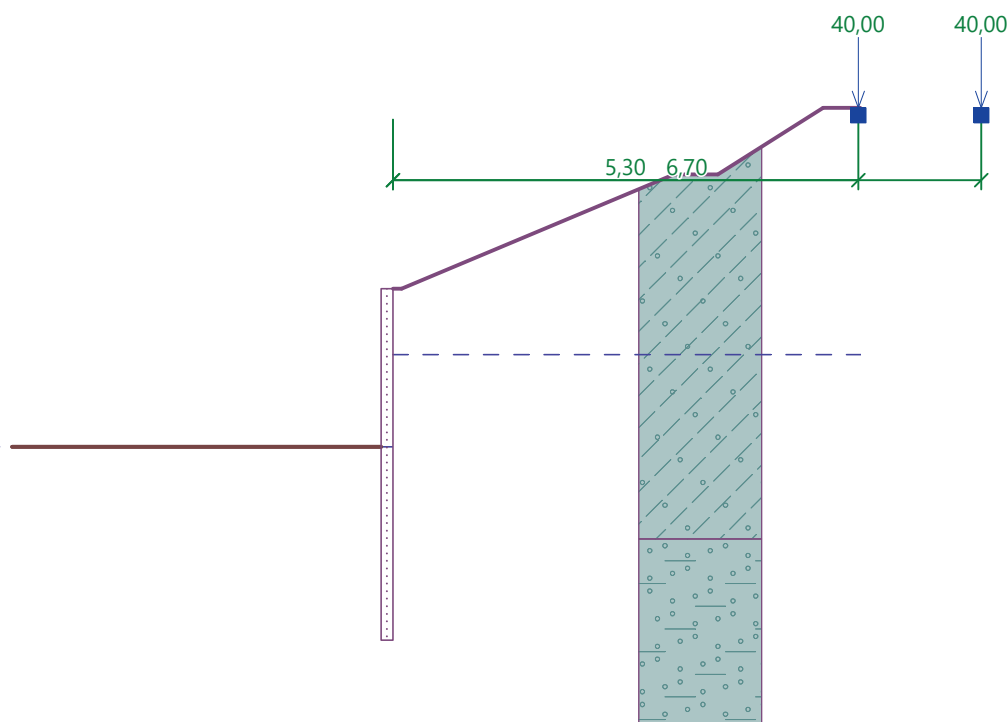
## Zadaná přímková přitížení

Číslo	Přítížení		Působ.	Vel.1 [kN/m]	Poř.x x [m]	Hloubka z [m]
	nové	změna				
1	Ano		proměnné	40,00	5,30	na terénu
2	Ano		proměnné	40,00	6,70	na terénu

Číslo	Název
1	vlak
2	vlak 2

## Název : Přetížení

## Fáze - výpočet : 1 - 0



## Celkové nastavení výpočtu

Počet dělení stěny na konečné prvky = 100

Vlastní výpočet mezních tlaků : redukovat podle nastavení

Minimální dimenzační tlak je uvažován hodnotou  $\sigma_{a,min} = 0,20\sigma_z$ 

## Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : dočasná

## Výsledky výpočtu

## Průběhy tlaků na konstrukci (před a za stěnou)

Hloubka [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77	61.58
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77	61.58
0.04	0.00	0.00	0.00	0.15	5.24	61.58
0.15	0.00	0.00	0.00	0.54	6.45	71.96
0.19	0.00	0.00	0.00	0.69	7.05	75.81
0.38	0.00	0.00	0.00	1.37	9.86	94.06
0.54	0.00	0.00	0.00	1.96	12.25	109.75
0.57	0.00	0.00	0.00	2.06	12.64	112.30
0.58	0.00	0.00	0.00	2.10	12.79	113.36
0.75	0.00	0.00	0.00	2.70	15.20	129.41
0.76	0.00	0.00	0.00	2.77	15.40	130.00
0.95	0.00	0.00	0.00	3.86	18.55	139.47
1.10	0.00	0.00	0.00	4.69	20.92	146.68
1.14	0.00	0.00	0.00	5.30	21.66	148.94
1.28	0.00	0.00	0.00	7.16	23.89	155.78
1.28	0.00	0.00	0.00	7.99	23.89	155.78

Hloubka [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
1.33	0.00	0.00	0.00	8.93	24.75	158.41
1.41	0.00	0.00	0.00	10.36	26.04	162.41
1.52	0.00	0.00	0.00	12.31	27.81	165.57
1.71	0.00	0.00	0.00	15.69	30.84	171.04
1.72	0.00	0.00	0.00	15.68	30.88	171.10
1.80	0.00	0.00	0.00	17.62	32.20	173.50
1.80	0.00	-0.00	-43.84	17.77	32.20	173.50
1.90	0.00	-0.46	-46.10	18.78	32.81	175.76
2.10	0.00	-1.31	-50.21	20.62	33.91	179.87
2.17	0.00	-1.64	-51.83	21.35	34.34	181.49
2.29	0.00	-2.15	-54.32	22.46	34.99	183.98
2.48	0.00	-3.00	-58.43	24.30	36.06	188.09
2.65	0.00	-3.75	-62.09	25.94	37.01	191.75
2.67	0.00	-3.84	-62.54	26.14	37.18	192.20
2.81	0.00	-4.46	-65.55	27.49	38.37	195.21
2.81	0.00	-4.46	-65.55	27.44	38.37	195.21
2.85	0.00	-4.65	-66.49	27.81	38.74	196.15
2.86	0.00	-4.62	-45.69	40.09	40.09	178.81
3.05	0.00	-5.50	-50.18	41.68	41.68	183.30
3.24	0.00	-6.39	-54.67	43.27	43.27	187.79
3.43	0.00	-7.27	-59.16	44.86	44.86	192.28
3.62	0.00	-8.16	-63.65	46.46	46.46	196.76
3.68	0.00	-8.46	-65.19	47.00	47.00	198.31
3.68	0.00	-8.46	-65.19	47.00	47.00	198.31
3.81	0.00	-9.04	-68.14	47.15	47.15	201.25
4.00	0.00	-9.92	-72.63	47.38	47.38	205.74

## Průběhy modulu reakce podloží a vnitřních sil po konstrukci

Hloubka [m]	kh,p [MN/m³]	kh,z [MN/m³]	Deformace [mm]	Tlak [kPa]	Pos.síla [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-18.99	0.00	-0.00	-0.00
0.20	0.00	0.00	-17.13	0.72	-0.07	0.00
0.40	0.00	0.00	-15.27	1.44	-0.29	0.04
0.60	0.00	0.00	-13.41	2.16	-0.65	0.13
0.80	0.00	0.00	-11.56	2.99	-1.15	0.31
1.00	0.00	0.00	-9.73	4.13	-1.87	0.61
1.20	0.00	0.00	-7.93	6.08	-2.85	1.07
1.40	0.00	0.00	-6.19	10.11	-4.45	1.79
1.60	0.00	0.00	-4.56	13.66	-6.83	2.90
1.80	0.00	0.00	-3.11	17.53	-9.86	4.52
1.80	0.00	0.00	-3.06	-26.12	-9.82	4.60
2.00	0.00	0.00	-1.87	-28.45	-4.47	6.01
2.20	0.00	0.00	-0.99	-30.84	1.45	6.32
2.40	94.73	0.00	-0.45	-21.92	7.60	5.39
2.60	94.73	0.00	-0.21	1.61	9.23	3.63
2.80	94.73	0.00	-0.18	5.84	8.24	1.87
3.00	68.16	0.00	-0.25	18.70	5.05	0.48
3.20	68.16	0.00	-0.36	12.39	1.93	-0.19

Hloubka [m]	kh,p [MN/m <sup>3</sup> ]	kh,z [MN/m <sup>3</sup> ]	Deformace [mm]	Tlak [kPa]	Pos.síla [kN/m]	Moment [kNm/m]
3.40	68.16	0.00	-0.45	6.64	0.05	-0.37
3.60	68.16	0.00	-0.53	2.20	-0.81	-0.28
3.80	68.16	0.00	-0.59	-2.03	-0.85	-0.10
4.00	68.16	0.00	-0.64	-6.48	0.00	-0.00

Maximální posouvající síla = 9,86 kN/m

Maximální moment = 6,36 kNm/m

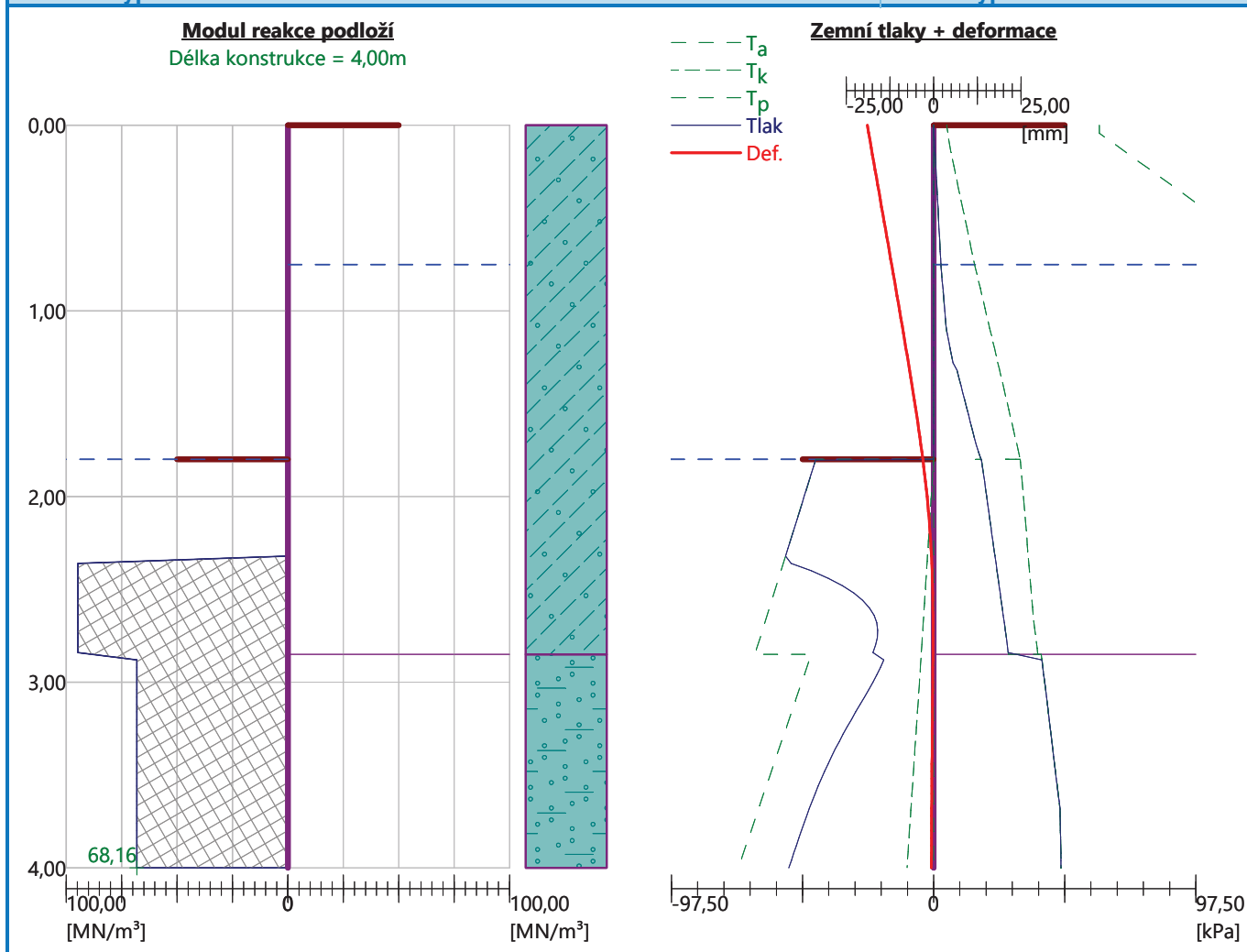
Maximální deformace = 19,0 mm

**Sednutí terénu za konstrukcí**Sednutí terénu  $\delta_{\max} = 6,6$  mm

	Souřadnice x [m]	Sednutí z [mm]
1	0,00	9,8
2	0,35	11,2
3	0,70	12,1
4	1,05	12,4
5	1,40	12,2
6	1,75	11,5
7	2,10	10,3
8	2,44	8,5
9	2,79	6,2
10	3,14	3,4
11	3,49	0,0
12	3,49	0,0

## Název : Výpočet

## Fáze - výpočet : 1 - -1



## Výpočet stability svahu

## Vstupní data

## Projekt

## Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

## Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

## Součinitele redukce zatížení (F)

## Dočasná návrhová situace

		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	



## Součinitele redukce odporu (R)

## Dočasná návrhová situace

Součinitel redukce odporu na smyk. ploše :

 $\gamma_{Rs} =$ 

1,10 [-]

## Rozhraní

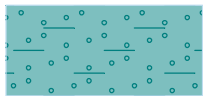
Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	-1,80	-0,05	-1,80	-0,05	0,00
		0,00	0,00	0,10	0,00	3,20	1,30
		3,70	1,30	4,90	2,06	12,00	2,06
2		-0,05	-2,85	-0,05	-4,00	0,00	-4,00
		0,00	-2,85	0,00	0,00		
3		-10,00	-2,85	-0,05	-2,85	-0,05	-1,80
4		0,00	-2,85	12,00	-2,85		

## Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	$\Phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		26,50	16,00	18,00
2	Třída S5		27,00	8,00	18,50

## Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		18,00		

Číslo	Název	Vzorek	$\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
2	Třída S5		18,50		

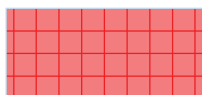
**Parametry zemín****Třída F3, konzistence pevná,  $S_r > 0,8$** Objemová tíha :  $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$ 

Napjatost : efektivní

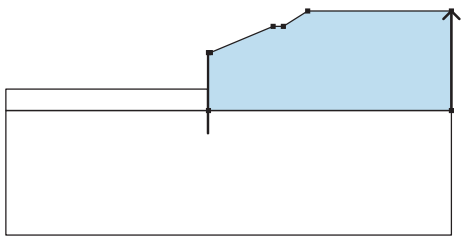
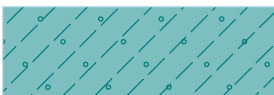
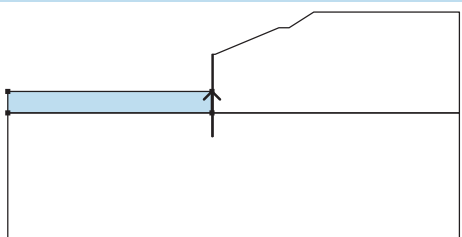
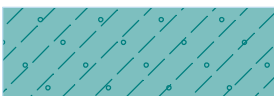
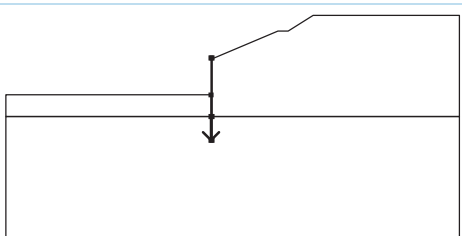
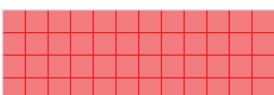
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 26,50^\circ$ Soudržnost zeminy :  $c_{\text{ef}} = 16,00 \text{ kPa}$ Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 18,00 \text{ kN/m}^3$ **Třída S5**Objemová tíha :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$ 



Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 27,00^\circ$ Soudržnost zeminy :  $c_{\text{ef}} = 8,00 \text{ kPa}$ Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 18,50 \text{ kN/m}^3$ **Tuhá tělesa**

Číslo	Název	Vzorek	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Materiál konstrukce		23,00

**Přiřazení a plochy**

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		12,00	-2,85	12,00	2,06	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$ 
		4,90	2,06	3,70	1,30	
		3,20	1,30	0,10	0,00	
		0,00	0,00	0,00	-2,85	
2		-0,05	-2,85	-0,05	-1,80	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$ 
		-10,00	-1,80	-10,00	-2,85	
3		-0,05	-2,85	-0,05	-4,00	Materiál konstrukce 
		0,00	-4,00	0,00	-2,85	
		0,00	0,00	-0,05	0,00	
		-0,05	-1,80			

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
4		0,00	-2,85	0,00	-4,00	Třída S5 
		-0,05	-4,00	-0,05	-2,85	
		-10,00	-2,85	-10,00	-9,00	
		12,00	-9,00	12,00	-2,85	

**Přítížení**

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon $\alpha$ [°]	Velikost		
								q, q <sub>1</sub> , f, F	q <sub>2</sub>	jednotka
1	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 5,30			0,00	40,00		kN/m
2	přímkové	proměnné	na povrchu	x = 6,70			0,00	40,00		kN/m

**Názvy přítížení**

Číslo	Název
1	vlak
2	vlak 2

**Voda**

Typ vody : HPV

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-10,00	-1,80	0,00	-1,80	0,00	-0,75
		12,00	-0,75				

**Tahová trhlina**

Tahová trhlina není zadána.

**Zemětřesení**

Se zemětřesením se nepočítá.

**Nastavení výpočtu fáze**

Návrhová situace : dočasná

**Výsledky (Fáze budování 1)****Výpočet 1****Kruhová smyková plocha**

Parametry smykové plochy						
Střed :	x =	-0,64	[m]	Úhly :	$\alpha_1$ =	-44,27 [°]
	z =	3,57	[m]		$\alpha_2$ =	78,39 [°]
Poloměr :	R =	7,50	[m]			
Smyková plocha po optimalizaci.						

**Posouzení stability svahu (Bishop)**

Sumace aktivních sil :  $F_a = 319,40$  kN/mSumace pasivních sil :  $F_p = 451,29$  kN/mMoment sesouvající :  $M_a = 2395,53$  kNm/mMoment vzdorující :  $M_p = 3076,95$  kNm/m

Využití : 77,9 %

**Stabilita svahu VYHOVUJE****Dimenzace č. 1**

	Def. min [mm]	Def. max [mm]	Pos. síla min. [kN/m]	Pos. síla max [kN/m]	Moment min. [kNm/m]	Moment max. [kNm/m]
0.00	-18.99	-18.99	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
0.20	-17.13	-17.13	-0.07	-0.07	0.00	0.00
0.40	-15.27	-15.27	-0.29	-0.29	0.04	0.04
0.60	-13.41	-13.41	-0.65	-0.65	0.13	0.13
0.80	-11.56	-11.56	-1.15	-1.15	0.31	0.31
1.00	-9.73	-9.73	-1.87	-1.87	0.61	0.61
1.20	-7.93	-7.93	-2.85	-2.85	1.07	1.07
1.40	-6.19	-6.19	-4.45	-4.45	1.79	1.79
1.60	-4.56	-4.56	-6.83	-6.83	2.90	2.90
1.80	-3.11	-3.11	-9.86	-9.86	4.52	4.52
1.80	-3.06	-3.06	-9.82	-9.82	4.60	4.60
2.00	-1.87	-1.87	-4.47	-4.47	6.01	6.01
2.20	-0.99	-0.99	1.45	1.45	6.32	6.32
2.40	-0.45	-0.45	7.60	7.60	5.39	5.39
2.60	-0.21	-0.21	9.23	9.23	3.63	3.63
2.80	-0.18	-0.18	8.24	8.24	1.87	1.87
3.00	-0.25	-0.25	5.05	5.05	0.48	0.48
3.20	-0.36	-0.36	1.93	1.93	-0.19	-0.19
3.40	-0.45	-0.45	0.05	0.05	-0.37	-0.37
3.60	-0.53	-0.53	-0.81	-0.81	-0.28	-0.28
3.80	-0.59	-0.59	-0.85	-0.85	-0.10	-0.10
4.00	-0.64	-0.64	0.00	0.00	-0.00	-0.00

**Maximální hodnoty deformací a vnitřních sil**

Maximální deformace = -19,0 mm

Minimální deformace = -0,2 mm

Maximální ohybový moment = 6,36 kNm/m

Minimální ohybový moment = -0,37 kNm/m

Maximální posouvající síla = 9,24 kN/m

**Posouzení ocelového průřezu podle EN 1993-1-1**

Pro výpočet uvažovány všechny fáze budování.

Výpočtový součinitel namáhání průřezu = 1,00

**Dimenzační síly na 1 m stěny** $M_{\max} = 6,36$  kNm/m;  $Q = 0,23$  kN/m $Q_{\max} = 9,86$  kN/m;  $M = 4,52$  kNm/m**Posouzení max. momentu  $M_{\max} + Q$ :****Posouzení ohybu:** $M_{\max}/M_{c,Rd} = 0,365 \leq 1$  **Vyhovuje****Posouzení smyku:** $Q/V_{c,Rd} = 0,001 \leq 1$  **Vyhovuje****Posouzení rovinné napjatosti:**

Normálové napětí  $\sigma_{x,Ed} = 51,40$  MPa

Smykové napětí  $\tau_{Ed} = 0,04$  MPa

Posudek:  $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,048 \leq 1$  **Vyhovuje**

**Posouzení max. posouvající síly  $Q_{max} + M$ :**

**Posouzení ohybu:**

$M/M_{c,Rd} = 0,260 \leq 1$  **Vyhovuje**

**Posouzení smyku:**

$Q_{max}/V_{c,Rd} = 0,024 \leq 1$  **Vyhovuje**

**Posouzení rovinné napjatosti:**

Normálové napětí  $\sigma_{x,Ed} = 36,59$  MPa

Smykové napětí  $\tau_{Ed} = 1,52$  MPa

Posudek:  $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,024 \leq 1$  **Vyhovuje**

**Průřez VYHOVUJE**