

ZMĚNA	DATUM	POZNÁMKA

zhotovitel:	Ing. Michal Kubalík STATIKA POZEMNÍCH STAVEB	adresa: Jarníkova 1872/20, 148 00 Praha 4 - Chodov tel.: 777 891 331 e-mail: michalkubalik@seznam.cz
-------------	--	--

název stavby:	DŮM PŘÍRODY PÁLAVY Dolní Věstonice		
investor:	Regionální muzeum v Mikulově Zámek 1/4, 692 01 Mikulov		č.paré:
zodp. projektant:	Ing. Michal Kubalík	vypracoval: Ing. Michal Kubalík	
část dokumentace:	D.1.2 - STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ		datum: 9/2018
stup. dokumentace:	DPS - Dokumentace pro provedení stavby		
název přílohy:	STATICKÝ VÝPOČET		číslo přílohy: 2

Obsah	strana
1. Úvod	2
1.1 Identifikační údaje	2
1.2 Podklady	2
1.3 Normy navrhování	2
1.4 Technické pomůcky	2
1.5 Výpočetní technika a programy	3
1.6 Popis výpočtu konstrukce	3
2. Návrh a posouzení konstrukcí stávajícího objektu	4
2.1 Zatížení střechy	4
2.2 Návrh a posouzení krokve	4
2.3 Návrh a posouzení vaznice	6
2.4 Návrh a posouzení sloupu střechy	8
2.5 Návrh a posouzení roznášecího nosníku pod sloupkem střechy	9
2.6 Návrh a posouzení ŽB věnce pod sloupkem střechy	11
2.7 Návrh a posouzení krokve nad půdou	14
2.8 Návrh a posouzení kleštiny vazby nad půdou	17
2.9 Návrh a posouzení spoje krokve a kleštiny vazby nad půdou	17
2.10 Zatížení nové podlahy ve 3.NP	18
2.11 Návrh a posouzení trámu nové podlahy ve 3.NP	18
2.12 Zatížení schodiště	20
2.13 Návrh a posouzení schodišťového ramene	20
2.14 Zatížení podesty a mezipodesty	23
2.15 Návrh a posouzení podesty a mezipodesty	23
2.16 Zatížení klenbovým stropem	26
2.17 Zatížení stávající stěnou	26
2.18 Návrh a posouzení překladu	26
2.19 Zatížení nové části stropu nad 1.NP	29
2.20 Návrh a posouzení desky nové části stropu nad 1.NP	29
2.21 Zatížení zastropení části stávajícího 1.PP	32
2.22 Návrh a posouzení trapézového plechu	32
2.23 Zatížení podlahové desky	32
2.24 Návrh a posouzení podlahové desky	32
3. Návrh a posouzení konstrukcí nového objektu	35
3.1 Zatížení střechy výtahové šachty	35
3.2 Návrh a posouzení desky výtahové šachty	35
3.3 Návrh a posouzení nosníku střechy výtahové šachty	39
3.4 Zatížení střechy ocelové konstrukce	40
3.5 Návrh a posouzení krokve ocelové konstrukce	41
3.6 Návrh a posouzení vaznice ocelové konstrukce	43
3.7 Zatížení lávky ocelové konstrukce	44
3.8 Návrh a posouzení příčníku lávky	44
3.9 Návrh a posouzení podélného nosníku lávky	46
3.10 Zatížení stěny ocelové konstrukce	47
3.11 Návrh a posouzení sloupu ocelové konstrukce	48
3.12 Návrh a posouzení diagonály střešního ztužení	50
3.13 Návrh a posouzení diagonály stěnového ztužení	50
3.14 Zatížení schodiště	51
3.15 Návrh a posouzení schodiště	51
3.16 Zatížení stropu nad 1.PP	54
3.17 Návrh a posouzení stropu nad 1.PP	54
3.17 .a Strop pod venkovní částí - běžné místo	54
3.17 .b Strop pod venkovní částí - v místě otvorů	59
3.17 .c Strop pod vnitřní částí	64
3.18 Návrh a posouzení trámu stropu nad 1.PP	68
3.19 Návrh a posouzení pilíře	73
3.20 Návrh a posouzení podzemní stěny	77
3.20 .a Svislý směr	77
3.20 .b Vodorovný směr	80
3.20 .c Maximální vzdálenost řízených spár	81
3.21 Zatížení podzemní stěnou	81
3.22 Zatížení základové desky	81
3.23 Návrh a posouzení základové desky	81
3.24 Posouzení zeminy v základové spáře	91

1. Úvod

1.1 Identifikační údaje:

Stavba:	Dům přírody Pálavy
Místo stavby:	Dolní Věstonice
Investor:	Regionální muzeum v Mikulově Zámek 1/4, 692 01 Mikulov

1.2 Podklady

Projektové podklady:	Stavební část projektu, desk architekti s.r.o., Heřmanova 720/27, 170 00 Praha 7, září 2018
Průzkumy:	Inženýrskogeologický průzkum, Balun geo s.r.o., Gromešova 3, 621 00 Brno, leden 2018 Stavebněhistorická dokumentace, Dům čp. 11 v Dolních Věstonicích, PhDr. Pavel Borský, CSc., Šrámkova 9, 638 00 Brno, červen 2017 Osobní prohlídka na místě, březen 2018

1.3 Normy navrhování

ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-2	Zatížení konstrukcí, Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1991-2	Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1992-1-2	Navrhování betonových konstrukcí, Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-8	Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-8: Navrhování styčnicků
ČSN EN 1995-1-1	Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1996-1-1	Navrhování zděných konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby – Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 1001	Základová půda pod plošnými základy
ČSN 73 0037	Zemní tlak na stavební konstrukce
ČSN EN 206	Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 10080	Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel - Všeobecně
ČSN 73 1204	Navrhování betonových deskových konstrukcí působících ve dvou směrech
ČSN EN 772-1	Zkušební metody pro zdící prvky - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku
ČSN EN 338	Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti
ČSN EN 1194	Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo - Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot
ČSN ISO 13822	Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

1.4 Technické pomůcky

- TP 51 J. Hořejší, J. Šafka: Statické tabulky, SNTL, Praha 1987
- Studnička, Wald: Ocelové konstrukce - Ocelářské tabulky, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996
- www.snehovamapa.cz, Digitální mapa zatížení sněhem na zemi, Český hydrometeorologický ústav
- Klepáčová, Kufner: Stavební mechanika 40 - Příklady staticky neurčitých konstrukcí, Vydavatelství ČVUT, Praha 1996

- Z.Bittnar, J.Šejnoha: Numerické metody mechaniky, Vydavatelství ČVUT, Praha 1992
- Vodonepropustné betonové konstrukce, překlad německé směrnice a komentáře, Technická pravidla ČBS 04, Česká betonářská společnost ČSSI 2015
- Pohledový beton, Technická pravidla ČBS 03, ČBS servis, červen 2009
- Richard A. Bareš: Tabulky pro výpočet desek a stěn, SNTL, Praha 1989
- Wald, Sokol: Navrhování styčníků, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999

1.5 Výpočetní technika a programy

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

1.6 Popis výpočtu konstrukce

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

Informativní návrhová životnost **50 let**

Mezní stavy únosnosti:

- EQU** představuje ztrátu statické rovnováhy konstrukce nebo její části uvažované jako tuhé těleso, při které menší kolísání hodnoty zatížení nebo prostorového rozdělení zatížení je významné, a kde pevnosti materiálů konstrukce nebo základové půdy většinou nejsou významné;
- STR** představuje případ vnitřního porušení nebo nadměrného přetvoření konstrukce nebo nosných prvků, kde rozhoduje pevnost materiálů konstrukce;
- GEO** je případ poruchy či nadměrného přetvoření základové půdy, při kterém pevnost zeminy a hornin je podstatná pro zajištění únosnosti;
- HYD** je případ nadzdvihování dna vlivem hydrostatického tlaku podzemní vody
- FAT** představuje případ únavového porušení konstrukce nebo nosných prvků.

Popis výpočtu:

Ve statickém výpočtu jsou navrženy a posouzeny typické prvky horní konstrukce objektu pro mezní stav únosnosti (STR) a na mezní stav použitelnosti. Základy objektu jsou navrženy pro mezní stav únosnosti (GEO). Základová deska a podlahová deska pod hladinou podzemní vody jsou navrženy a posouzeny pro zatížení dna hydrostatickým tlakem (HYD).

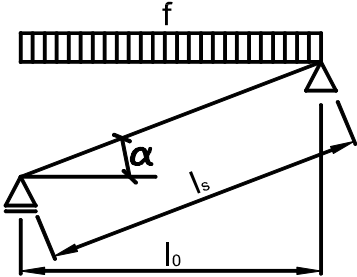
Pro návrh základové desky je uvažován výpočetní model nekonečně dlouhý a polonekonečný nosník na pružném podkladě. Řešení nosníku spočívajících na pružném podloží je založeno na předpokladu tzv. Winklerova pružného předpokladu, že napětí, jímž podloží působí na nosník, je v jeho jednotlivých místech přímo úměrné zatlačení.

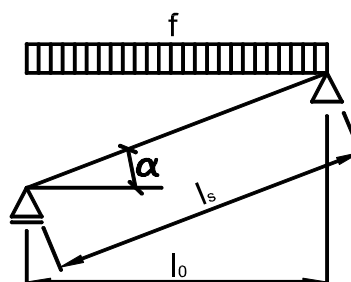
ŽB konstrukce 1.PP nové části (strop, stěny a pilíř v 1.PP) jsou navrženy s požární odolností R 180 minut.

2. Návrh a posouzení konstrukcí stávajícího objektu**2.1 Zatížení střechy**

Skladba střechy	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
krytina			0,55 kN/m ²	1,35	0,74 kN/m ²
izolace	0,250	1,00	= 0,25 kN/m ²	1,35	0,34 kN/m ²
vlastní tíha konstrukce			0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
sádkokarton	0,013	8,50	= 0,11 kN/m ²	1,35	0,15 kN/m ²
g₁ celkem stálé zatížení - šikmý průmět			1,21 kN/m ²	1,35	1,63 kN/m ²
g celkem stálé zatížení - svislý průmět	1,21 / cos 41°		= 1,60 kN/m ²	1,35	2,17 kN/m ²
Užitné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užitné zatížení	kategorie H	nepřístupná střecha	0,75 kN/m ²	1,50	1,13 kN/m ²
Zatížení sněhem					
Tvarový součinitel pro pultové a sedlové střechy v případě pokud není bráněno sklouzávání sněhu ze střechy					
sklon střechy	$\alpha = 41,00^\circ$	$\mu_1 = 0,51$			
Součinitel expozice	Typ krajiny: normální	$C_e = 1,00$			
	Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$			
Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi dle www.snehovamapa.cz			$s_k = 0,64 \text{ kN/m}^2$		
$\mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$			γ_Q		
s sníh	0,51	1,00	1,00	0,64	= 0,32 kN/m ²
				1,50	0,49 kN/m ²
rozhodující je užitné zatížení					

2.2 Návrh a posouzení krokve

Zatížení		Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů			
	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\psi_{0,1} = 0,50$	$\xi_1 = 0,85$	
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,50 = 0,75$				
	zatěžovací šířka			γ_G	
g ₁ stálé zatížení	1,60	1,00	= 1,60 kN/m	1,35	2,17 kN/m
				$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$	
q ₁ proměnné zatížení	0,75	1,00	= 0,75 kN/m	0,75	0,56 kN/m
f ₁ celkové zatížení	2,35 kN/m			1,16	2,73 kN/m
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$				
	zatěžovací šířka			$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g ₂ stálé zatížení	1,60	1,00	= 1,60 kN/m	1,15	1,84 kN/m
				γ_Q	
q ₂ proměnné zatížení	0,75	1,00	= 0,75 kN/m	1,50	1,13 kN/m
f ₂ celkové zatížení	2,35 kN/m			1,26	2,97 kN/m
Rozhodující kombinace:					
kombinace 2					
Schéma konstrukce					
rozpětí konstrukce	$l_0 = 3,20 \text{ m}$				
úhel sklonu	$\alpha = 41^\circ$				
délka nosníku	$l_s = 4,24 \text{ m}$				
					
Vnitřní síly a reakce					
M =	1/8	·	f	·	l_0^2
M _g =	1/8	·	1,60	·	$3,20^2 = 2,05 \text{ kNm}$
M _q =	1/8	·	0,75	·	$3,20^2 = 0,96 \text{ kNm}$
celkový moment	M _f =	3,01 kNm	1,26	3,80 kNm	



$R =$	$1/2 \cdot f \cdot l_0$						
$R_g =$	$1/2 \cdot 1,60 \cdot 3,20$	$=$	$2,57 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$2,94 \text{ kN}$	
$R_q =$	$1/2 \cdot 0,75 \cdot 3,20$	$=$	$1,20 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$1,80 \text{ kN}$	
celková reakce			$R_f =$	3,77 kN	1,26	4,74 kN	
$N =$	$R \cdot \sin \alpha$						
$N_g =$	$2,57 \cdot \sin 41^\circ$	$=$	$1,68 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$1,93 \text{ kN}$	
$N_q =$	$1,20 \cdot \sin 41^\circ$	$=$	$0,79 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$1,18 \text{ kN}$	
celková normálová síla			$N_f =$	2,47 kN	1,26	3,11 kN	
$V =$	$R \cdot \cos \alpha$						
$V_g =$	$2,57 \cdot \cos 41^\circ$	$=$	$1,94 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$2,22 \text{ kN}$	
$V_q =$	$1,20 \cdot \cos 41^\circ$	$=$	$0,91 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$1,36 \text{ kN}$	
celková posouvající síla			$V_f =$	2,84 kN	1,26	3,58 kN	

Pružné deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E \cdot I} \cdot l_s^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{2,05}{10,00} \cdot 4,24^2 = 7,9 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E \cdot I} \cdot l_s^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{0,96}{10,00} \cdot 4,24^2 = 3,7 \text{ mm}$$

Zatížení	moment k ose y	$M_{yd} = 3,80 \text{ kNm}$	moment k ose z	$M_{zd} = 0,00 \text{ kNm}$
	normálová síla	$N_d = 3,11 \text{ kN}$	posouvající síla	$V_d = 3,58 \text{ kN}$

Prostředí - třída provozu	1	Třída trvání zatížení	střednědobé
---------------------------	----------	-----------------------	--------------------

Návrh průřezu a dřeva

Dřevo	typ dřeva	rostlé dřevo	$E_{0,mean} = 10,00 \text{ GPa}$	$f_{c,0,k} = 20,00 \text{ MPa}$
	třída dřeva	C22	$E_{0,05} = 6,70 \text{ GPa}$	$f_{m,k} = 22,00 \text{ MPa}$
Průřez	modifikační součinitel		$k_{mod} = 0,80$	$f_{v,k} = 2,40 \text{ MPa}$
	typ	obdélníkový průřez	$k_m = 0,70$	$\gamma_M = 1,30$
				$\beta_c = 0,20$

šířka průřezu $b = 100 \text{ mm}$

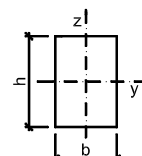
výška průřezu $h = 180 \text{ mm}$

plocha $A = 18,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$

moment setrvačnosti $I_y = 48,60 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$

poloměr setrvačnosti $i_y = 51,96 \text{ mm}$

průřezový modul $W_y = 540,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$



$i_z = 28,87 \text{ mm}$

$W_z = 300,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$

Geometrie	délka nosníku	$l = 4,24 \text{ m}$	Podmínky
	vzpěrná délka k ose y-y	$l_{cr,y} = 4,24 \text{ m}$	
	vzpěrná délka k ose z-z	$l_{cr,z} = 1,00 \text{ m}$	

vzpěr nezajištěn

vzpěr nezajištěn

Posouzení - MSÚ - Kombinace tlaku a ohybu

Součinitelé vzpěrnosti

$$k_{cy} = 0,42$$

$$k_{cz} = 0,92$$

Návrhové pevnosti

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 20,00}{1,30} = 12,31 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 22,00}{1,30} = 13,54 \text{ MPa}$$

$\frac{N_d}{k_{cy} \cdot A \cdot f_{c,0,d}}$	+	$\frac{M_{yd}}{W_y \cdot f_{m,d}}$	+	$\frac{k_m \cdot M_{zd}}{W_z \cdot f_{m,d}}$
$\frac{3,11}{0,42 \cdot 18,00 \cdot 12,31}$	+	$\frac{3,80}{540,00 \cdot 13,54}$	+	$\frac{0,70 \cdot 0,00}{300,00 \cdot 13,54}$
podmínka kombinace 1		0,03 + 0,52 + 0,00		= 0,55 < 1,00

$\frac{N_d}{k_{cz} \cdot A \cdot f_{c,0,d}}$	+	$\frac{k_m \cdot M_{yd}}{W_y \cdot f_{m,d}}$	+	$\frac{M_{zd}}{W_z \cdot f_{m,d}}$	
$\frac{3,11}{0,92 \cdot 18,00 \cdot 12,31}$	+	$\frac{0,70 \cdot 3,80}{540,00 \cdot 13,54}$	+	$\frac{0,00}{300,00 \cdot 13,54}$	
podmínka kombinace 2	0,02	+	0,36	+	0,00 = 0,38 < 1,00
vyhovuje					

Posouzení - MSP - Deformace

Okamžitý průhyb od stálých zatížení

$$w_{inst,g} = 7,9 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,q} = 3,7 \text{ mm}$$

Celkový okamžitý průhyb

$$w_{inst,f} = 11,6 \text{ mm}$$

součinitel pro kvazistalou hodnotu proměnného zatížení:

$$\psi_{2,q} = 0,0$$

modifikační součinitel deformace

$$k_{def} = 0,60$$

Okamžitý průhyb

$$w_{inst,f} = 11,6 \text{ mm} < w_{lim,inst} = \frac{l}{300} = \frac{4240}{300} = 14,1 \text{ mm}$$

vyhovuje

Konečný průhyb

Konečný průhyb od stálých zatížení

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{k_{def}}{1} \right) = 7,9 \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{0,60}{1} \right) = 12,7 \text{ mm}$$

Konečný průhyb od proměnného zatížení

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{\psi_{2,q} \cdot k_{def}}{1} \right) = 3,7 \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{0,0 \cdot 0,60}{1} \right) = 3,7 \text{ mm}$$

Celkový konečný průhyb

$$w_{fin,f} = 16,4 \text{ mm}$$

$$w_{fin,f} = 16,4 \text{ mm} < w_{lim,fin} = \frac{l}{250} = \frac{4240}{250} = 17,0 \text{ mm}$$

vyhovuje

2.3 Návrh a posouzení vaznice

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

γ_G

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 1,60 \cdot 3,30 = 5,29 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 7,15 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,75 \cdot 3,30 = 2,48 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 2,60 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 7,77 \text{ kN/m} \quad 1,25 \quad 9,74 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 1,60 \cdot 3,30 = 5,29 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 6,07 \text{ kN/m}$$

γ_Q

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,75 \cdot 3,30 = 2,48 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 3,71 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 7,77 \text{ kN/m} \quad 1,26 \quad 9,79 \text{ kN/m}$$

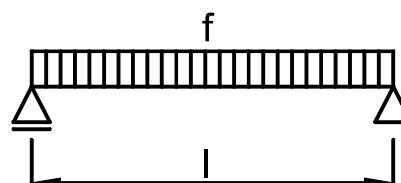
Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce

$$l = 5,80 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce

$$M = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2$$

$$M_g = \frac{1}{8} \cdot 5,29 \cdot 5,80^2 = 22,26 \text{ kNm} \quad 1,15 = 25,54 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{1}{8} \cdot 2,48 \cdot 5,80^2 = 10,41 \text{ kNm} \quad 1,50 = 15,61 \text{ kNm}$$

$$\text{celkový moment} \quad M_f = 32,66 \text{ kNm} \quad 1,26 \quad 41,15 \text{ kNm}$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l$$

$$V_g = \frac{1}{2} \cdot 5,29 \cdot 5,80 = 15,35 \text{ kN} \quad 1,15 = 17,61 \text{ kN}$$

$$V_q = \frac{1}{2} \cdot 2,48 \cdot 5,80 = 7,18 \text{ kN} \quad 1,50 = 10,77 \text{ kN}$$

celková posouvající síla a reakce $V_f = 22,53 \text{ kN} \quad 1,26 = 28,38 \text{ kN}$

Pružné deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{22,26}{11,60} \cdot \frac{5,80^2}{622,08}$$

$$w_g = 10,8 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{10,41}{11,60} \cdot \frac{5,80^2}{622,08}$$

$$w_q = 5,1 \text{ mm}$$

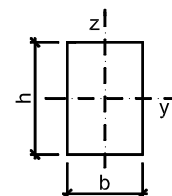
Zatížení moment k ose y $M_{yd} = 41,15 \text{ kNm}$ posouvající síla $V_d = 28,38 \text{ kN}$

Prostředí - třída provozu **1** Třída trvání zatížení **střednědobé**

Návrh průřezu a dřeva

Dřevo typ dřeva **lepené lamelové dřevo** $E_{0,mean} = 11,60 \text{ GPa}$ $f_{m,k} = 24,00 \text{ MPa}$
 třída dřeva **GL 24h** $E_{0,05} = 9,40 \text{ GPa}$ $f_{v,k} = 2,70 \text{ MPa}$
 modifikační součinitel $k_{mod} = 0,80$ $\gamma_M = 1,25$

Průřez šířka průřezu $b = 160 \text{ mm}$
 výška průřezu $h = 360 \text{ mm}$
 plocha $A = 57,60 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$
 moment setrvačnosti $I_y = 622,08 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
 průřezový modul $W_y = 3456,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$



Geometrie délka nosníku $l = 5,80 \text{ m}$ Podmínky

délka nosníku nezajištěná proti příčné a torzní nestabilitě **klopení nezajištěné**

$$l_t = 5,80 \text{ m}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb s příčnou a torzní stabilitou

Součinitel příčné a torzní stability

typ nosníku **prostě podepřený** typ zatížení **spojité zatížení**

$$k_{crit} = 1,00$$

Návrhové pevnosti

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 24,00}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\frac{M_{yd}}{k_{crit} \cdot W_y \cdot f_{m,d}} = \frac{41,15}{1,00 \cdot 3456,00 \cdot 15,36} = 0,78 < 1,00$$

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

součinitel vlivu vysušených trhlin $k_{cr} = 0,67$

$$\text{efektivní šířka průřezu } b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160,00 = 107 \text{ mm}$$

$$\text{efektivní plocha } A_{ef} = 38,59 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Návrhové pevnosti

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 2,70}{1,25} = 1,73 \text{ MPa}$$

$$\frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef} \cdot f_{v,d}} = \frac{3 \cdot 28,38}{2 \cdot 38,59 \cdot 1,73} = 0,64 < 1,00$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Deformace

Okamžitý průhyb od stálých zatížení

$$w_{inst,g} = 10,8 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,q} = 5,1 \text{ mm}$$

Celkový okamžitý průhyb

$$w_{inst,f} = 15,9 \text{ mm}$$

součinitel pro kvazistatou hodnotu proměnného zatížení:

sníh $H < 1000$

$$\psi_{2,q} = 0,0$$

modifikační součinitel deformace

$$k_{def} = 0,60$$

Okamžitý průhyb

$$w_{inst,f} = 15,9 \text{ mm} < w_{lim,inst} = \frac{l}{300} = \frac{5800}{300} = 19,3 \text{ mm}$$

vyhovuje

Konečný průhyb

Konečný průhyb od stálých zatížení

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} \cdot \left(1 + k_{def} \right) = 10,8 \cdot \left(1 + 0,60 \right) = 17,3 \text{ mm}$$

Konečný průhyb od proměnného zatížení

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} \cdot \left(1 + \psi_{2,q} \cdot k_{def} \right) = 5,1 \cdot \left(1 + 0,0 \cdot 0,60 \right) = 5,1 \text{ mm}$$

Celkový konečný průhyb

$$w_{fin,f} = 22,3 \text{ mm}$$

$$w_{fin,f} = 22,3 \text{ mm} < w_{lim,fin} = \frac{l}{250} = \frac{5800}{250} = 23,2 \text{ mm}$$

vyhovuje

2.4 Návrh a posouzení sloupu střechy

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

$$\xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací plocha

 γ_G **G₁ stálé zatížení**

$$1,60 \cdot 3,40 \cdot 6,70 = 36,54 \text{ kN}$$

$$1,35 \cdot 49,33 \text{ kN}$$

 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$ **Q₁ proměnné zatížení**

$$0,75 \cdot 3,40 \cdot 6,70 = 17,09 \text{ kN}$$

$$1,05 \cdot 17,94 \text{ kN}$$

F₁ celkové zatížení

$$53,62 \text{ kN}$$

$$1,25 \cdot 67,26 \text{ kN}$$

Kombinace 2

$$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

 $\xi_1 \cdot \gamma_G$ **G₂ stálé zatížení**

$$1,60 \cdot 3,40 \cdot 6,70 = 36,54 \text{ kN}$$

$$1,15 \cdot 41,93 \text{ kN}$$

 γ_Q **Q₂ proměnné zatížení**

$$0,75 \cdot 3,40 \cdot 6,70 = 17,09 \text{ kN}$$

$$1,50 \cdot 25,63 \text{ kN}$$

F₂ celkové zatížení

$$53,62 \text{ kN}$$

$$1,26 \cdot 67,55 \text{ kN}$$

Rozhodující kombinace: kombinace 2

$$F_{max} = 67,55 \text{ kN}$$

Zatížení

$$N_d = 67,55 \text{ kN}$$

Prostředí - třída provozu

1

Třída trvání zatížení

střednědobé

Návrh průřezu a dřeva

Dřevo

typ dřeva

rostlé dřevo

$$E_{0,05} = 6,70 \text{ GPa}$$

$$f_{c,0,k} = 20,00 \text{ MPa}$$

třída dřeva

C22

$$\beta_c = 0,20$$

$$\gamma_M = 1,30$$

modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,80$$

Průřez

šířka průřezu

$$b = 160 \text{ mm}$$

výška průřezu

$$h = 160 \text{ mm}$$

plocha

$$A = 25,60 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

poloměr setrvačnosti k ose y

$$i_y = 46,19 \text{ mm}$$

poloměr setrvačnosti k ose z

$$i_z = 46,19 \text{ mm}$$

Geometrie

délka nosníku

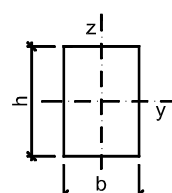
$$l = 2,75 \text{ m}$$

vzpěrná délka k ose y-y

$$l_{cr,y} = 2,75 \text{ m}$$

vzpěrná délka k ose z-z

$$l_{cr,z} = 2,75 \text{ m}$$

Zatěžovací
plocha
zohledňuje
případné
působení
vaznice jako
spojitého
nosníku.

Posouzení - MSÚ - Tlak

$k_{cy} = 0,66$

$k_{cz} = 0,66$

$k_{cmin} = 0,66$

rozhoduje vzpěr k ose z

Návrhové pevnosti

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 20,00}{1,30} = 12,31 \text{ MPa}$$

$$\frac{N_d}{k_{cmin} \cdot A \cdot f_{c,0,d}} = \frac{67,55}{0,66 \cdot 25,60 \cdot 12,31} = 0,32 < 1,00$$

vyhovuje

2.5 Návrh a posouzení roznášecího nosníku pod sloupkem střechy**Zatížení - liniové**

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$

$\psi_{0,1} = 0,70$

$\xi_1 = 0,85$

Kombinace 1

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$

g₁ stálé zatížení - vlastní tíha

$0,40 \text{ kN/m}$

 γ_G

$1,35 \cdot 0,40 = 0,54 \text{ kN/m}$

q₁ proměnné zatížení

$0,00 \text{ kN/m}$

 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$1,05 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}$

f₁ celkové zatížení

$0,40 \text{ kN/m}$

$1,35 \cdot 0,40 = 0,54 \text{ kN/m}$

Kombinace 2

$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$

g₂ stálé zatížení

$0,40 \text{ kN/m}$

 $\xi_1 \cdot \gamma_G$

$1,15 \cdot 0,40 = 0,46 \text{ kN/m}$

q₂ proměnné zatížení

$0,00 \text{ kN/m}$

 γ_Q

$1,50 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}$

f₂ celkové zatížení

$0,40 \text{ kN/m}$

$1,15 \cdot 0,40 = 0,46 \text{ kN/m}$

Zatížení - osamělé břemeno

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

Kombinace 1**G₁** stálé zatížení

$36,54 \text{ kN}$

 γ_G

$1,35 \cdot 36,54 = 49,33 \text{ kN}$

Q₁ proměnné zatížení

$17,09 \text{ kN}$

 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$1,05 \cdot 17,09 = 17,94 \text{ kN}$

F₁ celkové zatížení

$53,62 \text{ kN}$

$1,25 \cdot 42,67 = 53,34 \text{ kN}$

Kombinace 2**G₂** stálé zatížení

$36,54 \text{ kN}$

 $\xi_1 \cdot \gamma_G$

$1,15 \cdot 36,54 = 42,02 \text{ kN}$

Q₂ proměnné zatížení

$17,09 \text{ kN}$

 γ_Q

$1,50 \cdot 17,09 = 25,63 \text{ kN}$

F₂ celkové zatížení

$53,62 \text{ kN}$

$1,26 \cdot 42,67 = 53,76 \text{ kN}$

Rozhodující kombinace pro spojité zatížení:

kombinace 1

Rozhodující kombinace pro osamělé břemeno:

kombinace 2

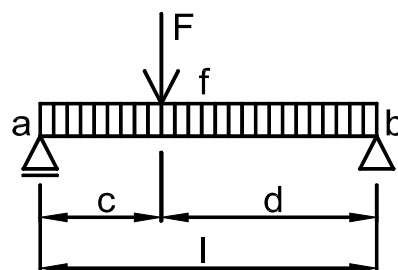
Schéma konstrukce

geometrie konstrukce

$c = 0,70 \text{ m}$

$l = 3,50 \text{ m}$

$d = 2,80 \text{ m}$

**Vnitřní síly a reakce**

$M_f = \frac{1}{2} \cdot f \cdot c \cdot d$

$M_F = F \cdot c \cdot d / l$

$M_{f,g} = \frac{1}{2} \cdot 0,40 \cdot 1,96 = 0,39 \text{ kNm} \quad 1,35 = 0,53 \text{ kNm}$

$M_{F,g} = 36,54 \cdot 1,96 / 3,50 = 20,46 \text{ kNm} \quad 1,15 = 23,48 \text{ kNm}$

moment od stálého zatížení

$M_{f,g} = 20,85 \text{ kNm} \quad 1,15 = 24,01 \text{ kNm}$

$M_{f,q} = \frac{1}{2} \cdot 0,00 \cdot 1,96 = 0,00 \text{ kNm} \quad 1,05 = 0,00 \text{ kNm}$

$M_{F,q} = 17,09 \cdot 1,96 / 3,50 = 9,57 \text{ kNm} \quad 1,50 = 14,35 \text{ kNm}$

moment od proměnného zatížení

$M_{f,q} = 9,57 \text{ kNm} \quad 1,50 = 14,35 \text{ kNm}$

moment v místě síly F

$M_{f,F} = 30,42 \text{ kNm} \quad 1,26 = 38,36 \text{ kNm}$

$V_f =$	$1/2 \cdot f \cdot l$								
$V_F =$	$F \cdot d / l$								
$V_{f,q} =$	$1/2 \cdot 0,40 \cdot 3,50$	$=$	$0,70 \text{ kN}$	$1,35$	$=$	$0,95 \text{ kN}$			
$V_{F,q} =$	$36,54 \cdot 2,80 / 3,50$	$=$	$29,23 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$33,54 \text{ kN}$			
posouvající síla od stálého zatížení			$V_{f,F,q} =$	29,93 kN	1,15	34,49 kN			
$V_{f,q} =$	$1/2 \cdot 0,00 \cdot 3,50$	$=$	$0,00 \text{ kN}$	$1,05$	$=$	$0,00 \text{ kN}$			
$V_{F,q} =$	$17,09 \cdot 2,80 / 3,50$	$=$	$13,67 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$20,50 \text{ kN}$			
posouvající síla od proměnného zatížení			$V_{f,F,q} =$	13,67 kN	1,50	20,50 kN			
posouvající síla a reakce v podpoře A			$V_{f,F} =$	43,60 kN	1,26	54,99 kN			

Posouzení - MSP - Deformace uprostřed rozpětí

$$w_{f,F} = \frac{5 \cdot M_f \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{M_F \cdot (3 \cdot l^2 - 4 \cdot c^2)}{24 \cdot E \cdot I}$$

$$w_g = \frac{5 \cdot 0,61 \cdot 3,50^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 16,73} + \frac{12,79 \cdot (36,75 - 1,96)}{24 \cdot 210,00 \cdot 16,73}$$

$$w_g = 5,5 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5 \cdot 0,00 \cdot 3,50^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 16,73} + \frac{5,98 \cdot (36,75 - 1,96)}{24 \cdot 210,00 \cdot 16,73}$$

$$w_q = 2,5 \text{ mm}$$

$$w_{f,F} = 8,0 \text{ mm} < w_{lim,f} = l / 400 = 8,8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Zatížení $M_d = 38,36 \text{ kNm}$

$V_d = 54,99 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	HEA	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
	označení průřezu	160	E	$= 210,00 \text{ GPa}$	$\gamma_{M1} = 1,00$
	složený průřez	samostatný průřez	G	$= 81,00 \text{ GPa}$	$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
	třída průřezu:	pro ohyb 1		pro tlak 1	

Průřezové charakteristiky pro 1 ks

výška průřezu	$h =$	152 mm		
šířka průřezu	$b =$	160 mm		
plocha	$A =$	$3,88 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
smýková plocha	$A_{vz} =$	$1,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
moment setrvačnosti	$I_y =$	$16,73 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z =$	$6,16 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y =$	65,70 mm	$i_z =$	39,85 mm
průřezový modul	$W_y =$	$220,10 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} =$	$245,10 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
moment tuh. v prostém kroucení	$I_t =$	$121,90 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^4$		
výsečový moment setrvačnosti	$I_w =$	$31,41 \cdot 10^9 \cdot \text{mm}^6$		
vzdálenost těžišť	$y_e =$	80,00 mm		

Geometrie Vzpěrná délka $L_{LT} = 3\,500 \text{ mm}$ délka na klopení

Posouzení - MSÚ - Vliv smyku

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 1,00 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 135,81 \text{ kN} > 2 \cdot V_d = 2 \cdot 54,99 = 109,98 \text{ kN}$$

účinek smykové síly se nemusí uvažovat

Posouzení - MSÚ - Ohyb

klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 245,10 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 57,60 \text{ kNm} > M_d = 38,36 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Ohyb se ztrátou stability

Součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_{1,0} = 1,35 \quad C_{1,1} = 1,36 \quad C_2 = 0,55 \quad C_3 = 0,41$$

$$\text{Součinitelé vzpěrné délky} \quad k_y = 1,0 \quad k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

typ průřezu symetrický

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = 121,56 \text{ kNm}$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 0,85$$

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 0,85 \cdot 245,10 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 49,14 \text{ kNm} > M_d = 38,36 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 1,00 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 135,81 \text{ kN} > V_d = 54,99 \text{ kN}$$

vyhovuje

2.6 Návrh a posouzení ŽB věnce pod sloupkem střechy

Zatížení - liniové

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

průřez věnce

$$g_1 \text{ stálé zatížení - vlastní tíha} \quad 25,00 \cdot 0,30 \cdot 0,19 = 1,43 \text{ kN/m}$$

γ_G

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,00 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 0,00 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 1,43 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 1,92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 1,43 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 1,64 \text{ kN/m}$$

γ_Q

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,00 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 0,00 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 1,43 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 1,64 \text{ kN/m}$$

Zatížení - osamělé břemeno

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

Kombinace 1

γ_G

$$G_1 \text{ stálé zatížení} \quad 15,35 \text{ kN} \quad 1,35 \quad 20,72 \text{ kN}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$Q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 7,18 \text{ kN} \quad 1,05 \quad 7,54 \text{ kN}$$

$$F_1 \text{ celkové zatížení} \quad 22,53 \text{ kN} \quad 1,25 \quad 28,26 \text{ kN}$$

Kombinace 2

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

$$G_2 \text{ stálé zatížení} \quad 15,35 \text{ kN} \quad 1,15 \quad 17,61 \text{ kN}$$

γ_Q

$$Q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 7,18 \text{ kN} \quad 1,50 \quad 10,77 \text{ kN}$$

$$F_2 \text{ celkové zatížení} \quad 22,53 \text{ kN} \quad 1,26 \quad 28,38 \text{ kN}$$

Rozhodující kombinace pro spojitě zatížení:

kombinace 1

Rozhodující kombinace pro osamělé břemeno:

kombinace 2

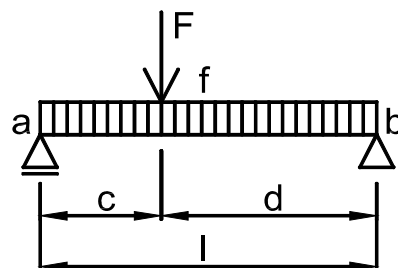
Schéma konstrukce

geometrie konstrukce

$c = 0,30 \text{ m}$

$l = 3,00 \text{ m}$

$d = 2,70 \text{ m}$



Vnitřní síly a reakce

$M_f =$	$1/2 \cdot f \cdot c \cdot d$						
$M_F =$	$F \cdot c \cdot d / l$						
$M_{f,q} =$	$1/2 \cdot 1,43 \cdot 0,81 =$	$0,58 \text{ kNm}$	$1,35$	$=$	$0,78 \text{ kNm}$		
$M_{F,q} =$	$15,35 \cdot 0,81 / 3,00 =$	$4,14 \text{ kNm}$	$1,15$	$=$	$4,76 \text{ kNm}$		
moment od stálého zatížení		$M_{f,F,q} =$	4,72 kNm	1,17	5,53 kNm		
$M_{f,q} =$	$1/2 \cdot 0,00 \cdot 0,81 =$	$0,00 \text{ kNm}$	$1,05$	$=$	$0,00 \text{ kNm}$		
$M_{F,q} =$	$7,18 \cdot 0,81 / 3,00 =$	$1,94 \text{ kNm}$	$1,50$	$=$	$2,91 \text{ kNm}$		
moment od proměnného zatížení		$M_{f,q} =$	1,94 kNm	1,50	2,91 kNm		
moment v místě síly F		$M_{f,F} =$	6,66 kNm	1,27	8,44 kNm		

$V_f =$	$1/2 \cdot f \cdot l$						
$V_F =$	$F \cdot d / l$						
$V_{f,q} =$	$1/2 \cdot 1,43 \cdot 3,00 =$	$2,14 \text{ kN}$	$1,35$	$=$	$2,89 \text{ kN}$		
$V_{F,q} =$	$15,35 \cdot 2,70 / 3,00 =$	$13,81 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$15,85 \text{ kN}$		
posouvající síla od stálého zatížení		$V_{f,F,q} =$	15,95 kN	1,17	18,74 kN		
$V_{f,q} =$	$1/2 \cdot 0,00 \cdot 3,00 =$	$0,00 \text{ kN}$	$1,05$	$=$	$0,00 \text{ kN}$		
$V_{F,q} =$	$7,18 \cdot 2,70 / 3,00 =$	$6,46 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$9,69 \text{ kN}$		
posouvající síla od proměnného zatížení		$V_{f,q} =$	6,46 kN	1,50	9,69 kN		
posouvající síla a reakce v podpoře A		$V_{f,F} =$	22,41 kN	1,27	28,43 kN		

Pružné deformace uprostřed rozpětí

$w_{f,F} =$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_f}{E} \cdot \frac{l^2}{I} + \frac{M_F}{24} \cdot \frac{(3 \cdot l^2 - 4 \cdot c^2)}{E \cdot I}$						
$w_g =$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{1,60}{30,00} \cdot \frac{3,00^2}{171,48} + \frac{2,30}{24} \cdot \frac{(27,00 - 0,36)}{30,00 \cdot 171,48}$						
$w_g =$	0,8 mm						
$w_q =$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{0,00}{30,00} \cdot \frac{3,00^2}{171,48} + \frac{1,08}{24} \cdot \frac{(27,00 - 0,36)}{30,00 \cdot 171,48}$						
$w_q =$	0,2 mm						
$w_{f,F} =$	1,0 mm						

Zatížení

$M_d = 8,44 \text{ kNm}$

$V_d = 28,43 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

$b = 0,30 \text{ m}$

$\gamma_c = 1,50$

$h = 0,19 \text{ m}$

$\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C20/25

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

$E_{cm} = 30,00 \text{ GPa}$

$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$

$I_c = 171 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

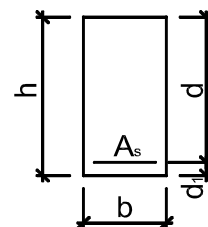
$f_{cm} = 33,00 \text{ MPa}$

$\varepsilon_{cu3} = 3,50$

$A_c = 0,057 \text{ m}^2$

$\eta = 1,00$

$\lambda = 0,80$



Návrh ohybové výztuže		třída tažnosti	
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	4,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø12	$\epsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = \mathbf{30 \text{ mm}}$	Plocha výztuže na b	$A_{s,prov} = 452 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
		$d_1 = 36 \text{ mm}$	$d = 154 \text{ mm}$
Posouzení - MSÚ - Ohyb			
Kontrola vyztužení			
$A_{s1,min} = 53 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$<$	$452 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	
$A_{s,max} = 2280 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$>$	$452 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	vyhovuje
Otlačení betonu			
$M_{Rd} = 25,45 \text{ kNm}$	$>$	$M_d = 8,44 \text{ kNm}$	vyhovuje
Posouzení - MSÚ - Smyk			
ohybová výztuž zakotvená za místem smykové síly min. 100mm			
Únosnost betonu ve smyku			
$V_{Rd,c} = 29,89 \text{ kN}$	$>$	$V_d = 28,43 \text{ kN}$	vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží
Návrh smykové výztuže			
Průměr výztuže	Ø8	$A_{sw} = 101 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	
Střížnost	2	sklon třmínků:	$\alpha = 90,00^\circ$
vzdálenost tř.	$s = \mathbf{100 \text{ mm}}$	vliv tlakové síly:	$\alpha_{cw} = 1,00$
Kontrola vzdálenosti třmínků	$s_{max} =$	$0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$	
	$s_{max} =$	$0,75 \cdot 154 \cdot (1 + 0,00)$	
Vzdálenost třmínků	$s_{max} = 116 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$	vyhovuje
Omezení smyk. vyztužení	$\rho_w = 0,00335$	$> 0,00072$	vyhovuje
Únosnost tlakových diagonál			
$V_{Rd,max} = 105,53 \text{ kN}$	$>$	$V_d = 28,43 \text{ kN}$	vyhovuje
Únosnost smykové výztuže v šikmé trhlíně			
$V_{Rd,s} = 151,45 \text{ kN}$	$>$	$V_d = 28,43 \text{ kN}$	vyhovuje
Posouzení - MSP - Deformace			
Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci			
$G + \psi_2 \cdot Q$	$=$	$4,72 + 0,30 \cdot 1,94$	$= 0,80$
$G + Q$	$=$	$4,72 + 1,94$	
Moment od zatížení kvazistalé kombinace			
$M_{kqp} = 0,80 \cdot M_k$			
$M_{kqp} = 0,80 \cdot 6,66$	$=$	5,30 kNm	
Průžná deformace od kvazistalé kombinace			
$w_{elqp} = 0,80 \cdot w_{el}$			
$w_{elqp} = 0,80 \cdot 1,02$	$=$	0,8 mm	
Rozpětí konstrukce	$l = \mathbf{3,00 \text{ m}}$	Začátek smršťování (dny)	$t_{0,s} = \mathbf{5}$
Prostředí :relativní vlhkost	$RH = \mathbf{50\%}$	Vyšetřovaný okamžik (dny)	$t (25 \text{ let}) = \mathbf{9 125}$
Začátek dotvarování (dny)	$t_{0,c} = \mathbf{28}$	Charakter zatížení	$\beta = \mathbf{0,50}$
Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí	$u = \mathbf{0,98 \text{ m}}$		
Součinitel dotvarování pro zatížení			
$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$	$=$	$2,89 \cdot 0,99$	$= \mathbf{2,85}$
Součinitel dotvarování pro smršťování			
$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0)$	$=$	$4,00 \cdot 0,99$	$= \mathbf{3,95}$
Celkové poměrné smršťování			
$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t)$	$=$	$0,000595 + 0,000025$	$= \mathbf{0,0006202}$
Deformace od dlouhodobého zatížení			
Ohybová tuhost betonového průřezu bez výztuže z výpočetního modelu bez uvažování dotvarování			
$E_{cm} \cdot I_c$	$=$	$30,00 \cdot 171,48$	$= \mathbf{5,14 \text{ MNm}^2}$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výtuzí s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 7,79 \cdot 0,0002051 = 1,60 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 5,31 \text{ kNm} > M_{kqp} = 5,30 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 1,60 \cdot \left(1 - 0,50 \right) + 0,89 \cdot 0,50 = 1,24 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{el,qp} \cdot M_{cr,lt} / M_{kqp} = 0,8 \cdot 5,30 / 5,30 = 0,8 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot E_{cm} \cdot I_c / E_{c,eff} \cdot I_i = 0,8 \cdot 5,14 / 1,60 = 2,6 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{el,qp} - w_{el,cr} = 0,8 - 0,8 = 0,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,00 \cdot 5,14 / 1,24 = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 2,6 + 0,0 = 2,6 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00348 \cdot 3,00^2 = 2,8 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 3,00 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 2,6 + 2,8$$

$$w_{cel} = 5,4 \text{ mm} < w_{lim} = 12,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 5,30 \cdot 0,0772 / 0,000115$$

$$\sigma_c = 3,57 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 20,00 = 9,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výtuzi

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 25,68 \cdot 5,30 \cdot 0,077 / 0,000115$$

$$\sigma_x = 91,38 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 6,66 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 4,28 \text{ kNm} < M_k = 6,66 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

$$w_k = 0,06 \text{ mm} < w_{lim} = 0,40 \text{ mm} \quad \text{šířka trhliny vyhovuje}$$

2.7 Návrh a posouzení krokve nad půdou

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

γ_G

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 1,60 \cdot 1,00 = 1,60 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 2,17 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,75 \cdot 1,00 = 0,75 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 0,79 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 2,35 \text{ kN/m} \quad 1,25 \quad 2,95 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 1,60 \cdot 1,00 = 1,60 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 1,84 \text{ kN/m}$$

γ_Q

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 0,75 \cdot 1,00 = 0,75 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 1,13 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 2,35 \text{ kN/m} \quad 1,26 \quad 2,97 \text{ kN/m}$$

Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce

$$l_0 = 2,65 \text{ m}$$

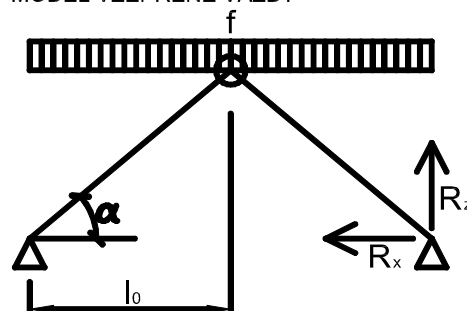
úhel sklonu

$$\alpha = 41^\circ$$

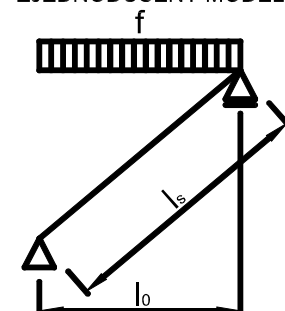
délka nosníku

$$l_s = 3,51 \text{ m}$$

MODEL VZEPŘENÉ VAZBY



ZJEDNODUŠENÝ MODEL



Moment pro zjednodušený model prostý nosník

$M =$	$1/8 \cdot f \cdot l_0^2$						
$M_g =$	$1/8 \cdot 1,60 \cdot 2,65^2$	$=$	$1,41 \text{ kNm}$	$1,15$	$=$	$1,62 \text{ kNm}$	
$M_q =$	$1/8 \cdot 0,75 \cdot 2,65^2$	$=$	$0,66 \text{ kNm}$	$1,50$	$=$	$0,99 \text{ kNm}$	
celkový moment	$M_f =$	$2,07 \text{ kNm}$	$1,26$			$2,60 \text{ kNm}$	

Pružné deformace pro zjednodušený model prostý nosník

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E \cdot I} \cdot l_s^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{1,41}{10,00 \cdot 27,31} = 6,6 \text{ mm}$$

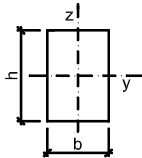
$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E \cdot I} \cdot l_s^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{0,66}{10,00 \cdot 27,31} = 3,1 \text{ mm}$$

Svislá a vodorovná reakce pro model vzepřené vazby

$R_z =$	$f \cdot l_0$						
$R_{z,g} =$	$1,60 \cdot 2,65$	$=$	$4,25 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$4,88 \text{ kN}$	
$R_{z,q} =$	$0,75 \cdot 2,65$	$=$	$1,99 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$2,98 \text{ kN}$	
celková svislá reakce	$R_{z,f} =$	$6,24 \text{ kN}$	$1,26$			$7,86 \text{ kN}$	
$R_x =$	$R_z \cdot l_0 - 1/2 \cdot f \cdot l_0^2$	$)/ h_0$					
$R_x =$	$R_z \cdot 2,65 - 1/2 \cdot f \cdot 2,65^2$	$)/ 2,30$					
	$R_{x,g} =$	$2,44 \text{ kN}$	$1,15$	$=$		$2,81 \text{ kN}$	
	$R_{x,q} =$	$1,14 \text{ kN}$	$1,50$	$=$		$1,71 \text{ kN}$	
celková vodorovná reakce	$R_{x,f} =$	$3,59 \text{ kN}$	$1,26$			$4,52 \text{ kN}$	

Normálová síla a posouvající síla pro model vzepřené vazby

$N =$	$R_x \cdot \cos \alpha + R_z \cdot \sin \alpha$						
$N =$	$R_x \cdot \cos 41^\circ + R_z \cdot \sin 41^\circ$						
	$N_g =$	$4,63 \text{ kN}$	$1,15$	$=$		$5,32 \text{ kN}$	
	$N_q =$	$2,17 \text{ kN}$	$1,50$	$=$		$3,25 \text{ kN}$	
celková normálová síla	$N_f =$	$6,80 \text{ kN}$	$1,26$			$8,57 \text{ kN}$	
$V =$	$R_z \cdot \cos \alpha - R_x \cdot \sin \alpha$						
$V =$	$R_z \cdot \cos 41^\circ - R_x \cdot \sin 41^\circ$						
	$V_g =$	$1,60 \text{ kN}$	$1,15$	$=$		$1,84 \text{ kN}$	
	$V_q =$	$0,75 \text{ kN}$	$1,50$	$=$		$1,12 \text{ kN}$	
celková posouvající síla	$V_f =$	$2,35 \text{ kN}$	$1,26$			$2,97 \text{ kN}$	

Zatížení	moment k ose y	$M_{yd} = 2,60 \text{ kNm}$	moment k ose z	$M_{zd} = 0,00 \text{ kNm}$
	normálová síla	$N_d = 8,57 \text{ kN}$	posouvající síla	$V_d = 2,97 \text{ kN}$
Prostředí - třída provozu		1	Třída trvání zatížení	střednědobé
Návrh průřezu a dřeva				
Dřevo	typ dřeva	rostlé dřevo	$E_{0,mean} = 10,00 \text{ GPa}$	$f_{c,0,k} = 20,00 \text{ MPa}$
	třída dřeva	C22	$E_{0,05} = 6,70 \text{ GPa}$	$f_{m,k} = 22,00 \text{ MPa}$
modifikační součinitel			$k_{mod} = 0,80$	$f_{v,k} = 2,40 \text{ MPa}$
Průřez	typ	obdélníkový průřez	$k_m = 0,70$	$\gamma_M = 1,30$
	šířka průřezu	$b = 80 \text{ mm}$		$\beta_c = 0,20$
	výška průřezu	$h = 160 \text{ mm}$		
	plocha	$A = 12,80 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
	moment setrvačnosti	$I_y = 27,31 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$		
	poloměr setrvačnosti	$i_y = 46,19 \text{ mm}$	$i_z = 23,09 \text{ mm}$	
	průřezový modul	$W_y = 341,33 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$	$W_z = 170,67 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$	
Geometrie	délka nosníku	$l = 3,51 \text{ m}$	Podmínky	
	vzpěrná délka k ose y-y	$l_{cr,y} = 3,51 \text{ m}$	vzpěr nezajištěn	
	vzpěrná délka k ose z-z	$l_{cr,z} = 1,00 \text{ m}$	vzpěr nezajištěn	
Posouzení - MSÚ - Kombinace tlaku a ohybu				
Součinitelé vzpěrnosti				
	$k_{cy} = 0,47$	$k_{cz} = 0,85$		
Návrhové pevnosti				
	$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 20,00}{1,30} = 12,31 \text{ MPa}$			
	$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 22,00}{1,30} = 13,54 \text{ MPa}$			
	$\frac{k_{cy} \cdot N_d}{A \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{yd}}{W_y \cdot f_{m,d}} + \frac{k_m \cdot M_{zd}}{W_z \cdot f_{m,d}}$			
	$\frac{0,47 \cdot 8,57}{12,80 \cdot 12,31} + \frac{2,60}{341,33 \cdot 13,54} + \frac{0,70 \cdot 0,00}{170,67 \cdot 13,54}$			
	podmínka kombinace 1 0,12 + 0,56 + 0,00 = 0,68 < 1,00			
	$\frac{k_{cz} \cdot N_d}{A \cdot f_{c,0,d}} + \frac{k_m \cdot M_{yd}}{W_y \cdot f_{m,d}} + \frac{M_{zd}}{W_z \cdot f_{m,d}}$			
	$\frac{0,85 \cdot 8,57}{12,80 \cdot 12,31} + \frac{0,70 \cdot 2,60}{341,33 \cdot 13,54} + \frac{0,00}{170,67 \cdot 13,54}$			
	podmínka kombinace 2 0,06 + 0,39 + 0,00 = 0,46 < 1,00 vyhovuje			
Posouzení - MSP - Deformace				
	Okamžitý průhyb od stálých zatížení	$w_{inst,g} = 6,6 \text{ mm}$		
	Okamžitý průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,q} = 3,1 \text{ mm}$		
	Celkový okamžitý průhyb	$w_{inst,f} = 9,7 \text{ mm}$		
	součinitel pro kvazistalou hodnotu proměnného zatížení:	střecha	$\psi_{2,q} = 0,0$	
	modifikační součinitel deformace	$k_{def} = 0,60$		
Okamžitý průhyb				
	$w_{inst,f} = 9,7 \text{ mm} < w_{lim,inst} = \frac{l}{300} = \frac{3511}{300} = 11,7 \text{ mm}$	vyhovuje		

Konečný průhyb

Konečný průhyb od stálých zatížení

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} \cdot \left(1 + k_{def} \right) = 6,6 \cdot \left(1 + 0,60 \right) = 10,6 \text{ mm}$$

Konečný průhyb od proměnného zatížení

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} \cdot \left(1 + \psi_{2,q} \cdot k_{def} \right) = 3,1 \cdot \left(1 + 0,0 \cdot 0,60 \right) = 3,1 \text{ mm}$$

Celkový konečný průhyb

$$w_{fin,f} = 13,7 \text{ mm}$$

$$w_{fin,f} = 13,7 \text{ mm} < w_{lim,fin} = \frac{l}{250} = \frac{3511}{250} = 14,0 \text{ mm}$$

vyhovuje

2.8 Návrh a posouzení kleštiny vazby nad půdouZatížení normálová síla $N_d = 4,52 \text{ kN}$

Prostředí - třída provozu

1

Třída trvání zatížení

střednědobé

Návrh průřezu a dřeva

Dřevo

typ dřeva

rostlé dřevo

$$E_{0,mean} = 10,00 \text{ GPa}$$

$$f_{t,0,k} = 13,00 \text{ MPa}$$

třída dřeva

C22

$$\gamma_M = 1,30$$

modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,80$$

Průřez

typ

obdélníkový průřez

$$k_m = 0,70$$

šířka průřezu

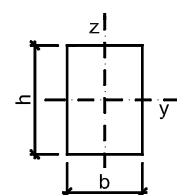
$$b = 100 \text{ mm}$$

výška průřezu

$$h = 140 \text{ mm}$$

plocha

$$A = 14,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$$



Posouzení - MSÚ - Tah

Návrhové pevnosti

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 13,00}{1,30} = 8,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{N_d}{A \cdot f_{t,0,d}} = \frac{4,52}{14,00 \cdot 8,00} = 0,04 < 1,00$$

vyhovuje

2.9 Návrh a posouzení spoje krokve a kleštiny vazby nad půdou

Zatížení

$$N_d = 4,52 \text{ kN}$$

třída trvání zatížení

střednědobé

$$F_{v,ed} = 4,52 \text{ kN}$$

max. smyková síla na straně spoje

Prostředí - třída provozu

1

Návrh průřezů a dřeva

Dřevo

typ dřeva

rostlé dřevo

$$\gamma_M = 1,30$$

$$\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$$

druh dřeva

jehličnaté dřevo

modifikační součinitel

$$k_{mod} = 0,80$$

třída dřeva

C22

Krajní průřez

šířka průřezu

$$b_1 = t_1 = 50 \text{ mm}$$

působení síly k vláknům

$$\alpha_1 = 0^\circ$$

výška průřezu

$$h_1 = 140 \text{ mm}$$

Vnitřní průřez

šířka průřezu

$$b_2 = t_2 = 80 \text{ mm}$$

působení síly k vláknům

$$\alpha_2 = 41^\circ$$

výška průřezu

$$h_2 = 160 \text{ mm}$$

Návrh svorníků

svorníky (vruty) průměru

$$d = \varnothing 12 \text{ mm}$$

jakosti

4.6

$$f_{uk} = 400,00 \text{ MPa}$$

Geometrie pro krajní průřez

rovnoběžně s vlákny

$$a_{1(1)} = 85 \text{ mm} > 60 \text{ mm}$$

zatížený konec

$$a_{3t(1)} = 105 \text{ mm} > 84 \text{ mm}$$

nezatížený konec

$$a_{3c(1)} = 105 \text{ mm} > 48 \text{ mm}$$

kolmo k vláknům

$$a_{2(1)} = 70 \text{ mm} > 48 \text{ mm}$$

zatížený okraj

$$a_{4t(1)} = 70 \text{ mm} > 36 \text{ mm}$$

nezatížený okraj

$$a_{4c(1)} = 70 \text{ mm} > 36 \text{ mm}$$

počet svorníků (vrutů) v řadě rovnoběžně se směrem vláken

$$n_1 = 1 \text{ ks}$$

počet řad

$$m_1 = 1$$

vyhovuje

Geometrie pro vnitřní průřez

rovnoběžně s vlákny	$a_{1(2)} = 100 \text{ mm} > 57 \text{ mm}$	počet svorníků (vrutů) v řadě rovnoběžné se směrem vláken
zatížený konec	$a_{3t(2)} = 100 \text{ mm} > 84 \text{ mm}$	
nezatížený konec	$a_{3c(2)} = 70 \text{ mm} > 59 \text{ mm}$	$n_2 = 1 \text{ ks}$
kolmo k vláknům	$a_{2(2)} = 60 \text{ mm} > 48 \text{ mm}$	počet řad
zatížený okraj	$a_{4t(2)} = 60 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$	
nezatížený okraj	$a_{4c(2)} = 60 \text{ mm} > 36 \text{ mm}$	

vyhovuje

Charakteristická únosnost pro jeden stříh - dvojstřížně namáhaný spoj, zanedbání účinku sepnutí

$$F_{y,Rk} = 6,39 \text{ kN}$$

Účinný počet svorníků pro spoj

$$n_{ef} = 0,86$$

potom účinný počet řad

$$m_{ef} = 1,00$$

Posouzení spoje - návrhová únosnost spoje

$$F_d = \frac{2 \cdot n_{ef} \cdot m_{ef} \cdot k_{mod} \cdot F_{y,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_d = \frac{2 \cdot 0,86 \cdot 1,00 \cdot 0,80 \cdot 6,39}{1,30}$$

$$F_d = 6,76 \text{ kN} > N_d = 4,52 \text{ kN}$$

vyhovuje

Posouzení spoje - únosnost spoje na roztržení

vzdálenost namáhaného okraje od středu nejvzdálenějšího spojovacího prostředku

$$h_e = 60 \text{ mm}$$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot 2 \cdot b_1 \cdot w \cdot \left(\frac{h_e}{1 - h_e / h_1} \right)^{1/2}$$

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 1 \cdot \left(\frac{60}{1 - 60 / 140} \right)^{1/2}$$

$$F_{90,Rk} = 14,35 \text{ kN}$$

$$F_d = \frac{k_{mod} \cdot F_{90,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 14,35}{1,30} = 8,83 \text{ kN} > F_{v,ed} = 4,52 \text{ kN}$$

vyhovuje

2.10 Zatížení nové podlahy ve 3.NP

Skladba	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,015	22,00	= 0,33 kN/m ²	1,35	0,45 kN/m ²
OSB záklop	0,025	7,00	= 0,18 kN/m ²	1,35	0,24 kN/m ²
vlastní tíha konstrukce			0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			0,81 kN/m²	1,35	1,09 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie B		2,50 kN/m²	1,50	3,75 kN/m²

2.11 Návrh a posouzení trámu nové podlahy ve 3.NP

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

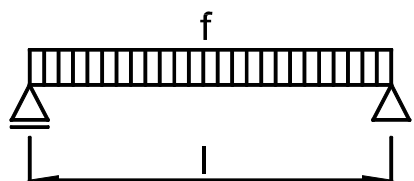
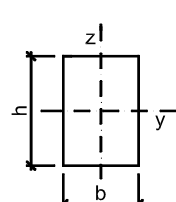
γ_G

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 0,81 \cdot 0,65 = 0,52 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 0,71 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 2,50 \cdot 0,65 = 1,63 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 1,71 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 2,15 \text{ kN/m} \quad 1,12 \quad 2,41 \text{ kN/m}$$

Kombinace 2		$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$		
		zatěžovací šířka	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g₂	stálé zatížení	$0,81 \cdot 0,65 = 0,52 \text{ kN/m}$	1,15	0,60 kN/m
q₂	proměnné zatížení	$2,50 \cdot 0,65 = 1,63 \text{ kN/m}$	γ_Q	1,50 2,44 kN/m
f₂	celkové zatížení	2,15 kN/m	1,41	3,04 kN/m
Rozhodující kombinace:				
kombinace 2				
Schéma konstrukce				
rozpětí konstrukce		$l = 5,30 \text{ m}$		
Vnitřní síly a reakce				
$M =$	$1/8 \cdot f \cdot l^2$			
$M_g =$	$1/8 \cdot 0,52 \cdot 5,30^2 = 1,84 \text{ kNm}$	1,15		2,11 kNm
$M_q =$	$1/8 \cdot 1,63 \cdot 5,30^2 = 5,71 \text{ kNm}$	1,50		8,56 kNm
celkový moment	$M_f =$	7,54 kNm	1,41	10,67 kNm
$V =$	$1/2 \cdot f \cdot l$			
$V_g =$	$1/2 \cdot 0,52 \cdot 5,30 = 1,39 \text{ kN}$	1,15		1,59 kN
$V_q =$	$1/2 \cdot 1,63 \cdot 5,30 = 4,31 \text{ kN}$	1,50		6,46 kN
celková posouvající síla a reakce	$V_f =$	5,69 kN	1,41	8,05 kN
Pružné deformace				
$w_g =$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{1,84}{10,00} \cdot \frac{5,30^2}{138,24}$			
$w_g =$	3,9 mm			
$w_q =$	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{5,71}{10,00} \cdot \frac{5,30^2}{138,24}$			
$w_q =$	12,1 mm			
Zatížení	moment k ose y	$M_{yd} = 10,67 \text{ kNm}$	posouvající síla	$V_d = 8,05 \text{ kN}$
Prostředí - třída provozu	1	Třída trvání zatížení	střednědobé	
Návrh průřezu a dřeva				
Dřevo	typ dřeva	rostlé dřevo	$E_{0,mean} = 10,00 \text{ GPa}$	$f_{m,k} = 22,00 \text{ MPa}$
	třída dřeva	C22	$E_{0,05} = 6,70 \text{ GPa}$	$f_{v,k} = 2,40 \text{ MPa}$
	modifikační součinitel	$k_{mod} = 0,80$		$\gamma_M = 1,30$
Průřez	šířka průřezu	$b = 120 \text{ mm}$		
	výška průřezu	$h = 240 \text{ mm}$		
	plocha	$A = 28,80 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
	moment setrvačnosti	$I_y = 138,24 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$		
	průřezový modul	$W_y = 1152,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
Geometrie	délka nosníku	$l = 5,30 \text{ m}$	Podmínky	
	délka nosníku nezajištěná proti příčné a torzní nestabilitě		klopení zajištěné	
	$l_t =$	0,00 m		
Posouzení - MSÚ - Ohyb s příčnou a torzní stabilitou				
Součinitel příčné a torzní stability				
typ nosníku	prostě podepřený	typ zatížení	spojité zatížení	
$k_{crit} =$	1,00			
Návrhové pevnosti				
$f_{m,d} =$	$\frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 22,00}{1,30} = 13,54 \text{ MPa}$			
$k_{crit} \cdot \frac{M_{yd}}{W_y \cdot f_{m,d}} =$	$\frac{10,67}{1,00 \cdot 1152,00 \cdot 13,54} = 0,68$			1,00
vyhovuje				

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$\begin{aligned} \text{součinitel vlivu vysušených trhlin} \quad k_{cr} &= 0,67 \\ \text{efektivní šířka průřezu} \quad b_{ef} &= k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 120,00 = 80 \text{ mm} \\ \text{efektivní plocha} \quad A_{ef} &= 19,30 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Návrhové pevnosti

$$\begin{aligned} f_{v,d} &= \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 2,40}{1,30} = 1,48 \text{ MPa} \\ \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef} \cdot f_{v,d}} &= \frac{3 \cdot 8,05}{2 \cdot 19,30 \cdot 1,48} = 0,42 < 1,00 \end{aligned}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Deformace

$$\begin{aligned} \text{Okamžitý průhyb od stálých zatížení} \quad w_{inst,g} &= 3,9 \text{ mm} \\ \text{Okamžitý průhyb od proměnného zatížení} \quad w_{inst,q} &= 12,1 \text{ mm} \\ \text{Celkový okamžitý průhyb} \quad w_{inst,f} &= 16,0 \text{ mm} \\ \text{součinitel pro kvazistatou hodnotu proměnného zatížení:} \quad &\text{kancelářská plocha} \quad \psi_{2,q} = 0,3 \\ \text{modifikační součinitel deformace} \quad k_{def} &= 0,60 \end{aligned}$$

Okamžitý průhyb

$$w_{inst,f} = 16,0 \text{ mm} < w_{lim,inst} = \frac{l}{300} = \frac{5300}{300} = 17,7 \text{ mm}$$

vyhovuje

Konečný průhyb

Konečný průhyb od stálých zatížení

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} \cdot \left(1 + k_{def} \right) = 3,9 \cdot (1 + 0,60) = 6,2 \text{ mm}$$

Konečný průhyb od proměnného zatížení

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} \cdot \left(1 + \psi_{2,q} \cdot k_{def} \right) = 12,1 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,60) = 14,3 \text{ mm}$$

Celkový konečný průhyb

$$w_{fin,f} = 20,5 \text{ mm} < w_{lim,fin} = \frac{l}{250} = \frac{5300}{250} = 21,2 \text{ mm}$$

vyhovuje

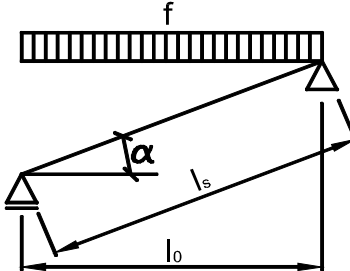
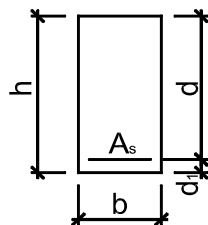
2.12 Zatížení schodiště

Skladba schodiště	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
obklad	0,015	22,00	= 0,33 kN/m ²	1,35	0,45 kN/m ²
stupně	0,090	23,00	= 2,07 kN/m ²	1,35	2,79 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,140	25,00	= 3,50 kN/m ²	1,35	4,73 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g_1 celkem stálé zatížení - šikmý průmět			6,26 kN/m ²	1,35	8,45 kN/m ²
sklon schodiště	$\alpha = 30,00^\circ$				
g celkem stálé zatížení - svislý průmět	6,26 / $\cos 30^\circ$		= 7,23 kN/m ²	1,35	9,76 kN/m ²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m ²	1,50	7,50 kN/m ²

2.13 Návrh a posouzení schodišťového ramene

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\begin{aligned} \gamma_G &= 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85 \\ \text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} &= 1,50 \cdot 0,70 = 1,05 \\ \text{zatěžovací šířka} \quad & \\ g_1 \text{ stálé zatížení} \quad & 7,23 \cdot 1,00 = 7,23 \text{ kN/m} \quad \gamma_G = 1,35 \quad 9,76 \text{ kN/m} \\ q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad & 5,00 \cdot 1,00 = 5,00 \text{ kN/m} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,05 \quad 5,25 \text{ kN/m} \\ f_1 \text{ celkové zatížení} \quad & 12,23 \text{ kN/m} \quad 1,23 \quad 15,01 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	zatěžovací šířka	$\xi_1 \cdot \gamma_G$
g ₂ stálé zatížení	7,23 · 1,00 = 7,23 kN/m	1,15	8,29 kN/m
q ₂ proměnné zatížení	5,00 · 1,00 = 5,00 kN/m	1,50	7,50 kN/m
f ₂ celkové zatížení	12,23 kN/m	1,29	15,79 kN/m
Rozhodující kombinace:			
kombinace 2			
Schéma konstrukce			
rozpětí konstrukce	$l_0 = 2,80 \text{ m}$		
úhel sklonu	$\alpha = 30^\circ$		
délka nosníku	$l_s = 3,23 \text{ m}$		
Vnitřní síly a reakce			
M =	$\frac{1}{8} \cdot f \cdot l_0^2$		
M _g =	$\frac{1}{8} \cdot 7,23 \cdot 2,80^2 = 7,08 \text{ kNm}$	1,15	8,13 kNm
M _q =	$\frac{1}{8} \cdot 5,00 \cdot 2,80^2 = 4,90 \text{ kNm}$	1,50	7,35 kNm
celkový moment	M _f = 11,98 kNm	1,29	15,48 kNm
R =	$\frac{1}{2} \cdot f \cdot l_0$		
R _g =	$\frac{1}{2} \cdot 7,23 \cdot 2,80 = 10,12 \text{ kN}$	1,15	11,61 kN
R _q =	$\frac{1}{2} \cdot 5,00 \cdot 2,80 = 7,00 \text{ kN}$	1,50	10,50 kN
celková reakce	R _f = 17,12 kN	1,29	22,11 kN
N =	$R \cdot \sin \alpha$		
N _g =	$10,12 \cdot \sin 30^\circ = 5,06 \text{ kN}$	1,15	5,81 kN
N _q =	$7,00 \cdot \sin 30^\circ = 3,50 \text{ kN}$	1,50	5,25 kN
celková normálová síla	N _f = 8,56 kN	1,29	11,06 kN
V =	$R \cdot \cos \alpha$		
V _g =	$10,12 \cdot \cos 30^\circ = 8,76 \text{ kN}$	1,15	10,06 kN
V _q =	$7,00 \cdot \cos 30^\circ = 6,06 \text{ kN}$	1,50	9,09 kN
celková posouvající síla	V _f = 14,83 kN	1,29	19,15 kN
Pružné deformace			
w _g =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{l_s^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{7,08}{30,00} \cdot \frac{3,23^2}{228,67}$		
w _g =	1,1 mm		
w _q =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l_s^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{4,90}{30,00} \cdot \frac{3,23^2}{228,67}$		
w _q =	0,8 mm		
w _f =	1,9 mm		
Zatížení	M _d = 15,48 kNm	V _d = 19,15 kN	
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	b = 1,00 m	γ _c = 1,50	
	h = 0,14 m	α _{cc} = 1,0	
Beton	C20/ 25	f _{ck} = 20,00 MPa	
	E _{cm} = 30,00 GPa	f _{ctm} = 2,20 MPa	
	I _c = 229 · 10 ⁻⁶ m ⁴	f _{cm} = 33,00 MPa	f _{cd} = 13,33 MPa
	A _c = 0,140 m ²	η = 1,00	ε _{cu3} = 3,50
			λ = 0,80

Návrh ohybové výztuže		třída tažnosti	
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	8,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø10	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = \mathbf{30 \text{ mm}}$	Plocha výztuže na b $d_1 = 35 \text{ mm}$	$A_{s,prov} = 628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $d = 105 \text{ mm}$
Posouzení - MSÚ - Ohyb			
Kontrola vyztužení			
$A_{s1,min} = 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$<$	$628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	
$A_{s,max} = 5600 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$>$	$628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	vyhovuje
Otlačení betonu			
$M_{Rd} = \mathbf{25,89 \text{ kNm}}$	$>$	$M_d = \mathbf{15,48 \text{ kNm}}$	vyhovuje
Posouzení - MSÚ - Smyk			
Únosnost betonu ve smyku		ohybová výztuž zakotvená za místem smykové síly min. 100mm	
$V_{Rd,c} = \mathbf{57,64 \text{ kN}}$	$>$	$V_d = \mathbf{19,15 \text{ kN}}$	vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží
Posouzení - MSP - Deformace			
Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci			
$G + \psi_2 \cdot Q$	$=$	$7,23 + \mathbf{0,50} \cdot 5,00$	$= 0,80$
$G + Q$		$7,23 + 5,00$	
Moment od zatížení kvazistalé kombinace		$M_{kqp} = 0,80 \cdot M_k$	
		$M_{kqp} = 0,80 \cdot 11,98$	$= \mathbf{9,53 \text{ kNm}}$
Průžná deformace od kvazistalé kombinace		$w_{elqp} = 0,80 \cdot w_{el}$	
		$w_{elqp} = 0,80 \cdot 1,90$	$= \mathbf{1,5 \text{ mm}}$
Rozpětí konstrukce	$l = \mathbf{2,80 \text{ m}}$	Začátek smršťování (dny)	$t_{0,s} = \mathbf{5}$
Prostředí :relativní vlhkost	$RH = \mathbf{50\%}$	Vyšetřovaný okamžik (dny)	$t (25 \text{ let}) = \mathbf{9 \text{ 125}}$
Začátek dotvarování (dny)	$t_{0,c} = \mathbf{28}$	Charakter zatížení	$\beta = \mathbf{0,50}$
Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí		$u = \mathbf{2,28 \text{ m}}$	
Součinitel dotvarování pro zatížení			
$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$	$=$	$2,87 \cdot 0,99$	$= \mathbf{2,83}$
Součinitel dotvarování pro smršťování			
$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0)$	$=$	$3,96 \cdot 0,99$	$= \mathbf{3,91}$
Celkové poměrné smršťování			
$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t)$	$=$	$0,000595 + 0,000025$	$= \mathbf{0,00062}$
Deformace od dlouhodobého zatížení			
Ohybová tuhost betonového průřezu bez výztuže z výpočetního modelu bez uvažování dotvarování			
$E_{cm} \cdot I_c$	$=$	$30,00 \cdot 228,67$	$= \mathbf{6,86 \text{ MNm}^2}$
Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním			
$E_{c,eff} \cdot I_i$	$=$	$7,84 \cdot 0,0002463$	$= \mathbf{1,93 \text{ MNm}^2}$
$M_{cr,lt} = \mathbf{8,16 \text{ kNm}}$	$<$	$M_{kqp} = \mathbf{9,53 \text{ kNm}}$	trhliny se očekávají
Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním			
$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$			
$B = 1,93 \cdot (1 - 0,63) + 0,69 \cdot 0,63$			$= \mathbf{1,14 \text{ MNm}^2}$
Průžná deformace do vzniku trhlin			
$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot M_{cr,lt} / M_{kqp}$	$=$	$1,5 \cdot 8,16 / 9,53$	$= \mathbf{1,3 \text{ mm}}$
Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním			
$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot E_{cm} \cdot I_c / E_{c,eff} \cdot I_i$	$=$	$1,3 \cdot 6,86 / 1,93$	$= \mathbf{4,6 \text{ mm}}$
Průžná deformace po vzniku trhlin			
$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr}$	$=$	$1,5 - 1,3$	$= \mathbf{0,2 \text{ mm}}$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,22 \cdot 6,86 / 1,14 = 1,3 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 4,6 + 1,3 = 5,9 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00499 \cdot 2,80^2 = 3,5 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 2,80 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 5,9 + 3,5$$

$$w_{cel} = 9,4 \text{ mm} < w_{lim} = 11,2 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 9,53 \cdot 0,0442 / 0,000088$$

$$\sigma_c = 4,78 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 20,00 = 9,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_s = 25,50 \cdot 9,53 \cdot 0,061 / 0,000088$$

$$\sigma_s = 168,07 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 11,98 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 7,41 \text{ kNm} < M_k = 11,98 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

$$w_k = 0,14 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{šířka trhliny vyhovuje}$$

2.14 Zatížení podesty a mezipodesty

Skladba	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,015	22,00	= 0,33 kN/m ²	1,35	0,45 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,180	25,00	= 4,50 kN/m ²	1,35	6,08 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			5,19 kN/m²	1,35	7,01 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²

2.15 Návrh a posouzení podesty a mezipodesty

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka γ_G

$$\text{stálé zatížení ze schodišťového ramene} \quad 7,23 \cdot 1,40 = 10,12 \text{ kN/m}$$

$$\text{stálé zatížení mezipodesty} \quad 5,19 \cdot 1,00 = 5,19 \text{ kN/m}$$

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 15,31 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 20,67 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$\text{proměnné zatížení ze schodišťového ramene} \quad 5,00 \cdot 1,40 = 7,00 \text{ kN/m}$$

$$\text{proměnné zatížení mezipodesty} \quad 5,00 \cdot 1,00 = 5,00 \text{ kN/m}$$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 12,00 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 12,60 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 27,31 \text{ kN/m} \quad 1,22 \quad 33,27 \text{ kN/m}$$

Kombinace 2		$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	
			$\xi_1 \cdot \gamma_G$
g ₂ stálé zatížení	15,31 kN/m	1,15	17,57 kN/m
			γ_Q
q ₂ proměnné zatížení	12,00 kN/m	1,50	18,00 kN/m
f ₂ celkové zatížení	27,31 kN/m	1,30	35,57 kN/m
Rozhodující kombinace:			
kombinace 2			
Schéma konstrukce			
rozpětí konstrukce	l = 2,95 m		
Vnitřní síly a reakce			
M =	1/8 · f · l ²		
M _g =	1/8 · 15,31 · 2,95 ² =	16,65 kNm	1,15 = 19,11 kNm
M _q =	1/8 · 12,00 · 2,95 ² =	13,05 kNm	1,50 = 19,58 kNm
celkový moment	M _f =	29,71 kNm	1,30 = 38,69 kNm
V =	1/2 · f · l		
V _g =	1/2 · 15,31 · 2,95 =	22,58 kN	1,15 = 25,91 kN
V _q =	1/2 · 12,00 · 2,95 =	17,70 kN	1,50 = 26,55 kN
celková posouvající síla a reakce	V _f =	40,28 kN	1,30 = 52,46 kN
Pružné deformace			
w _g =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{l^2}{I}$	=	$\frac{5}{48} \cdot \frac{16,65}{30,00} \cdot \frac{2,95^2}{486,00}$
w _g =	1,0 mm		
w _q =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I}$	=	$\frac{5}{48} \cdot \frac{13,05}{30,00} \cdot \frac{2,95^2}{486,00}$
w _q =	0,8 mm		
w _f =	1,8 mm		
Zatížení	M _d = 38,69 kNm	V _d = 52,46 kN	
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	b = 1,00 m	γ _c = 1,50	
	h = 0,18 m	α _{cc} = 1,0	
Beton	C20/ 25	f _{ck} = 20,00 MPa	
	E _{cm} = 30,00 GPa	f _{ctm} = 2,20 MPa	
	I _c = 486 · 10 ⁻⁶ m ⁴	f _{cm} = 33,00 MPa	f _{cd} = 13,33 MPa
	A _c = 0,180 m ²	η = 1,00	ε _{cu3} = 3,50
			λ = 0,80
Návrh ohybové výztuže třída tažnosti			
Výztuž	B500 B	f _{yk} = 500,00 MPa	γ _s = 1,15
Počet ks na b	8,00 ks	f _{yd} = 434,78 MPa	E _s = 200,00 GPa
Průměr výztuže	Ø12	ε _{yd} = 2,17	ξ _{bal,1} = 0,62
Krytí výztuže	c = 30 mm	Plocha výztuže na b	A _{s,prov} = 905 · 10 ⁻⁶ m ²
		d ₁ = 36 mm	d = 144 mm
Posouzení - MSÚ - Ohyb			
Kontrola vyztužení			
A _{s1,min} = 165 · 10 ⁻⁶ m ²	<	905 · 10 ⁻⁶ m ²	
A _{s,max} = 7200 · 10 ⁻⁶ m ²	>	905 · 10 ⁻⁶ m ²	
Otlačení betonu			
M _{Rd} = 50,84 kNm	>	M _d = 38,69 kNm	
			vyhovuje
			vyhovuje
			vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 80,35 \text{ kN} > V_d = 52,46 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{15,31 + 0,50 \cdot 12,00}{15,31 + 12,00} = 0,78$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,78 \cdot M_k = 0,78 \cdot 29,71 = 23,18 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistálé kombinace

$$w_{elqp} = 0,78 \cdot w_{el} = 0,78 \cdot 1,85 = 1,4 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 2,95 \text{ m} \quad \text{Začátek smršťování (dny)} \quad t_{0,s} = 5$$

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\% \quad \text{Vyšetřovaný okamžik (dny)} \quad t(25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

$$t_{0,c} = 28 \quad \text{Charakter zatížení} \quad \beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2,36 \text{ m}$$

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,77 \cdot 0,98 = 2,72$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,83 \cdot 0,98 = 3,77$$

Celkové poměrné smršťování

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0,000594 + 0,000025 = 0,0006186$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 30,00 \cdot 486,00 = 14,58 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 8,06 \cdot 0,0005442 = 4,39 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 14,25 \text{ kNm} < M_{kqp} = 23,18 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(\frac{1 - \xi}{1 - 0,81} \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi = 4,39 \cdot \left(\frac{1 - 0,81}{1 - 0,81} \right) + 1,86 \cdot 0,81 = 2,33 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 1,4 \cdot \frac{14,25}{23,18} = 0,9 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 0,9 \cdot \frac{14,58}{4,39} = 2,9 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 1,4 - 0,9 = 0,6 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 0,56 \cdot \frac{14,58}{2,33} = 3,5 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 2,9 + 3,5 = 6,4 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00440 \cdot 2,95^2 = 3,4 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 2,95 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 6,4 + 3,4$$

$$w_{cel} = 9,8 \text{ mm} < w_{lim} = 11,8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 23,18 \cdot 0,0610 / 0,000230$$

$$\sigma_c = 6,14 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 20,00 = 9,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 24,82 \cdot 23,18 \cdot 0,083 / 0,000230$$

$$\sigma_x = 207,20 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 12,44 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,21 \text{ mm}$$

$$M_k = 29,71 \text{ kNm}$$

$$M_k = 29,71 \text{ kNm}$$

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

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

2.16 Zatížení klenbovým stropem

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,015	22,00	= 0,33 kN/m ²	1,35	0,45 kN/m ²
prkna	0,030	6,00	= 0,18 kN/m ²	1,35	0,24 kN/m ²
zásyp	0,300	15,00	= 4,50 kN/m ²	1,35	6,08 kN/m ²
vlastní tíha klenby	0,300	18,00	= 5,40 kN/m ²	1,35	7,29 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			10,77 kN/m²	1,35	14,54 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²

2.17 Zatížení stávající stěnou

Skladba stěny	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
tíha stěny	0,600	18,00	= 10,80 kN/m ²	1,35	14,58 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g zatížení na m² stěny			11,52 kN/m²	1,35	15,55 kN/m²

2.18 Návrh a posouzení překladu

Průřez I

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka počet nosníků

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 10,77 \cdot 3,00 / 4 = 8,08 \text{ kN/m} \quad \gamma_G \quad 1,35 \quad 10,90 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \cdot 3,00 / 4 = 3,75 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 3,94 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 11,83 \text{ kN/m} \quad 1,25 \quad 14,84 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

$$\xi_1 \cdot \gamma_G$$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 8,08 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 9,27 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q$$

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 3,75 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 5,63 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 11,83 \text{ kN/m} \quad 1,26 \quad 14,89 \text{ kN/m}$$

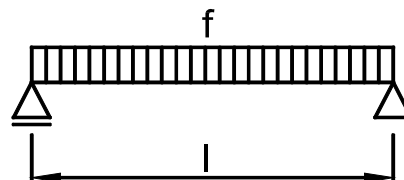
Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce

$l = 2,60 \text{ m}$



Vnitřní síly a reakce

$M =$	$1/8 \cdot f \cdot l^2$						
$M_g =$	$1/8 \cdot 8,08 \cdot 2,60^2$	$=$	$6,83 \text{ kNm}$	$1,15$	$=$	$7,83 \text{ kNm}$	
$M_q =$	$1/8 \cdot 3,75 \cdot 2,60^2$	$=$	$3,17 \text{ kNm}$	$1,50$	$=$	$4,75 \text{ kNm}$	
celkový moment			$M_f =$	$9,99 \text{ kNm}$	$1,26$	$12,59 \text{ kNm}$	
$V =$	$1/2 \cdot f \cdot l$						
$V_g =$	$1/2 \cdot 8,08 \cdot 2,60$	$=$	$10,50 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$12,05 \text{ kN}$	
$V_q =$	$1/2 \cdot 3,75 \cdot 2,60$	$=$	$4,88 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$7,31 \text{ kN}$	
celková posouvající síla a reakce			$V_f =$	$15,38 \text{ kN}$	$1,26$	$19,36 \text{ kN}$	

Posouzení - MSP - Deformace

$w_g =$	$\frac{5 \cdot M_g \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$	$=$	$\frac{5 \cdot 6,83 \cdot 2,60^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 8,69}$				
$w_g =$	$2,6 \text{ mm}$						
$w_q =$	$\frac{5 \cdot M_q \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$	$=$	$\frac{5 \cdot 3,17 \cdot 2,60^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 8,69}$				
$w_q =$	$1,2 \text{ mm}$						
$w_f =$	$3,9 \text{ mm}$	$<$	$w_{lim,f} =$	$l / 600$	$=$	$4,3 \text{ mm}$	vyhovuje

Zatížení

$M_d = 12,59 \text{ kNm}$

$V_d = 19,36 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	IPE	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
	označení průřezu	160	$\gamma_{MO} = 1,00$		$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
	složený průřez	samostatný průřez	třída průřezu:	pro ohyb 1	
Průřezové charakteristiky pro	1 ks			pro tlak 1	
	plocha	$A = 2,01 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
	smyková plocha	$A_{vz} = 0,97 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
	moment setrvačnosti	$I_y = 8,69 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$		$I_z = 0,68 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	
	poloměr setrvačnosti	$i_y = 65,80 \text{ mm}$		$i_z = 18,44 \text{ mm}$	
	průřezový modul	$W_y = 108,70 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
	plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 123,90 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
	vzdálenost těžišť	$y_e = 41,00 \text{ mm}$			

Posouzení - MSÚ - Ohyb

klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 1 a 2

$M_{pl,Rd} =$	$W_{pl,y} \cdot f_{yd}$	$=$	$123,90 \cdot 235,00$		
$M_{pl,Rd} =$	$29,12 \text{ kNm}$	$>$	$M_d = 12,59 \text{ kNm}$		vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

$V_{pl,Rd} =$	$A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \cdot 1/2$	$=$	$0,97 \cdot 235,00 / 3 \cdot 1/2$		
$V_{pl,Rd} =$	$131,06 \text{ kN}$	$>$	$V_d = 19,36 \text{ kN}$		vyhovuje

Průřez II**Zatížení** Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$

	počet pater		zat. šířka neb výška		počet nosníků		γ_G
stálé střechy		1,60	2,00	/	4	= 0,80 kN/m	
stálé podest	3	5,19	1,75	/	4	= 6,81 kN/m	
stálé ramen	3	7,23	1,40	/	4	= 7,59 kN/m	
tíha stěny		11,52	7,80	/	4	= 22,46 kN/m	

g₁ stálé zatížení $37,67 \text{ kN/m} \cdot 1,35 = 50,85 \text{ kN/m}$
 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

proměnné střechy		0,75	2,00	/	4	= 0,38 kN/m
proměnné podest	3	5,00	1,75	/	4	= 6,56 kN/m
proměnné ramen	3	5,00	1,40	/	4	= 5,25 kN/m

q₁ proměnné zatížení $12,19 \text{ kN/m} \cdot 1,05 = 12,80 \text{ kN/m}$

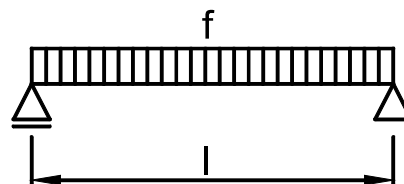
f₁ celkové zatížení $49,86 \text{ kN/m} \cdot 1,28 = 63,65 \text{ kN/m}$

Kombinace 2 $\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$

g₂ stálé zatížení $37,67 \text{ kN/m} \cdot 1,15 = 43,22 \text{ kN/m}$
 γ_Q

q₂ proměnné zatížení $12,19 \text{ kN/m} \cdot 1,50 = 18,28 \text{ kN/m}$

f₂ celkové zatížení $49,86 \text{ kN/m} \cdot 1,23 = 61,50 \text{ kN/m}$

Rozhodující kombinace:**kombinace 1****Schéma konstrukce**rozpětí konstrukce $l = 1,50 \text{ m}$ **Vnitřní síly a reakce**

$$M = 1/8 \cdot f \cdot l^2$$

$$M_g = 1/8 \cdot 37,67 \cdot 1,50^2 = 10,59 \text{ kNm} \quad 1,35 = 14,30 \text{ kNm}$$

$$M_q = 1/8 \cdot 12,19 \cdot 1,50^2 = 3,43 \text{ kNm} \quad 1,05 = 3,60 \text{ kNm}$$

celkový moment $M_f = 14,02 \text{ kNm} \cdot 1,28 = 17,90 \text{ kNm}$

$$V = 1/2 \cdot f \cdot l$$

$$V_g = 1/2 \cdot 37,67 \cdot 1,50 = 28,25 \text{ kN} \quad 1,35 = 38,14 \text{ kN}$$

$$V_q = 1/2 \cdot 12,19 \cdot 1,50 = 9,14 \text{ kN} \quad 1,05 = 9,60 \text{ kN}$$

celková posouvající síla a reakce $V_f = 37,39 \text{ kN} \cdot 1,28 = 47,74 \text{ kN}$

Posouzení - MSP - Deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{10,59}{210,00} \cdot \frac{1,50^2}{8,69} = 1,4 \text{ mm}$$

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

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{3,43}{210,00} \cdot \frac{1,50^2}{8,69} = 0,4 \text{ mm}$$

$$w_f = 1,8 \text{ mm} < w_{lim,f} = l / 600 = 2,5 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Zatížení $M_d = 17,90 \text{ kNm}$ $V_d = 47,74 \text{ kN}$ **Návrh průřezu a oceli**Průřez typ **IPE**Ocel **S 235** $f_y = 235,00 \text{ MPa}$ označení průřezu **160** $\gamma_{MO} = 1,00$ $f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$ složený průřez **samostatný průřez**

třída průřezu: pro ohyb 1

pro tlak 1

Průřezové charakteristiky pro 1 ks

plocha	$A =$	$2,01 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
smyková plocha	$A_{vz} =$	$0,97 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
moment setrvačnosti	$I_y =$	$8,69 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z =$	$0,68 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y =$	65,80 mm	$i_z =$	18,44 mm
průřezový modul	$W_y =$	$108,70 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} =$	$123,90 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
vzdálenost těžišť	$y_e =$	41,00 mm		

Posouzení - MSÚ - Ohyb klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 123,90 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 29,12 \text{ kNm} > M_d = 17,90 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 0,97 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 131,06 \text{ kN} > V_d = 47,74 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

2.19 Zatížení nové části stropu nad 1.NP

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,010	22,00	= 0,22 kN/m ²	1,35	0,30 kN/m ²
betonová mazanina	0,070	23,00	= 1,61 kN/m ²	1,35	2,17 kN/m ²
izolace	0,050	2,00	= 0,10 kN/m ²	1,35	0,14 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,200	25,00	= 5,00 kN/m ²	1,35	6,75 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			6,93 kN/m²	1,35	9,36 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²

2.20 Návrh a posouzení desky nové části stropu nad 1.NP

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \Psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

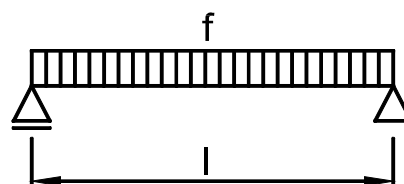
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1}$	$= 1,50 \cdot 0,70$	$= 1,05$		
	zatěžovací šířka			γ_G	
g₁ stálé zatížení	6,93	$\cdot 1,00$	$= 6,93 \text{ kN/m}$	1,35	9,36 kN/m
				$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1}$	
q₁ proměnné zatížení	5,00	$\cdot 1,00$	$= 5,00 \text{ kN/m}$	1,05	5,25 kN/m
f₁ celkové zatížení			11,93 kN/m	1,22	14,61 kN/m
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	$= 0,85 \cdot 1,35$	$= 1,15$		
	zatěžovací šířka			$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g₂ stálé zatížení	6,93	$\cdot 1,00$	$= 6,93 \text{ kN/m}$	1,15	7,95 kN/m
				γ_Q	
q₂ proměnné zatížení	5,00	$\cdot 1,00$	$= 5,00 \text{ kN/m}$	1,50	7,50 kN/m
f₂ celkové zatížení			11,93 kN/m	1,30	15,45 kN/m

Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce $l = 5,00 \text{ m}$



Vnitřní síly a reakce

$$M = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2$$

$$M_g = \frac{1}{8} \cdot 6,93 \cdot 5,00^2 = 21,66 \text{ kNm} \quad 1,15 = 24,85 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{1}{8} \cdot 5,00 \cdot 5,00^2 = 15,63 \text{ kNm} \quad 1,50 = 23,44 \text{ kNm}$$

$$\text{celkový moment} \quad M_f = 37,28 \text{ kNm} \quad 1,30 \quad 48,29 \text{ kNm}$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l$$

$$V_g = \frac{1}{2} \cdot 6,93 \cdot 5,00 = 17,33 \text{ kN} \quad 1,15 = 19,88 \text{ kN}$$

$$V_q = \frac{1}{2} \cdot 5,00 \cdot 5,00 = 12,50 \text{ kN} \quad 1,50 = 18,75 \text{ kN}$$

celková posouvající síla a reakce $V_f = 29,83 \text{ kN} \quad 1,30 = 38,63 \text{ kN}$

Pružné deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{21,66}{30,00} \cdot \frac{5,00^2}{666,67}$$

$$w_g = 2,8 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{15,63}{30,00} \cdot \frac{5,00^2}{666,67}$$

$$w_q = 2,0 \text{ mm}$$

$$w_f = 4,9 \text{ mm}$$

Zatížení

$$M_d = 48,29 \text{ kNm}$$

$$V_d = 38,63 \text{ kN}$$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

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

$$\gamma_c = 1,50$$

$$h = 0,20 \text{ m}$$

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

Beton

C20/25

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

$$E_{cm} = 30,00 \text{ GPa}$$

$$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$I_c = 667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

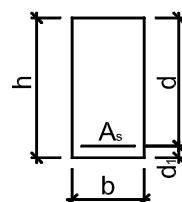
$$f_{cm} = 33,00 \text{ MPa}$$

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

$$A_c = 0,200 \text{ m}^2$$

$$\eta = 1,00$$

$$\lambda = 0,80$$



Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž

B500 B

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

$$\gamma_s = 1,15$$

Počet ks na b

8,00 ks

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

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

Průměr výztuže

Ø12

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

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

Krytí výztuže

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

Plocha výztuže na b

$$A_{s,prov} = 905 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_1 = 26 \text{ mm}$$

$$d = 174 \text{ mm}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 199 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 905 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 8000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 905 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 62,65 \text{ kNm} > M_d = 48,29 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 91,15 \text{ kN} > V_d = 38,63 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{6,93 + 0,50 \cdot 5,00}{6,93 + 5,00} = 0,79$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 0,79 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,79 \cdot 37,28 = 29,47 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$$w_{elqp} = 0,79 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,79 \cdot 4,85 = 3,8 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 5,00 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

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

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$$t(25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

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

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

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

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,65 \cdot 0,98 = 2,60$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,67 \cdot 0,98 = 3,60$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000503 + 0,000025 = 0,0005275$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 30,00 \cdot 666,67 = 20,00 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 8,33 \cdot 0,000774 = 6,44 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 18,36 \text{ kNm} < M_{kqp} = 29,47 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = \frac{E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi)}{1 - 0,81} + \frac{E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi}{0,81} = 3,59 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{el,qp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 3,8 \cdot \frac{18,36}{29,47} = 2,4 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 2,4 \cdot \frac{20,00}{6,44} = 7,4 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{el,qp} - w_{el,cr} = 3,8 - 2,4 = 1,4 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 1,45 \cdot \frac{20,00}{3,59} = 8,1 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 7,4 + 8,1 = 15,5 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

Návrh výztuže na smršťování při opačném líci

$$\text{Počet ks na b} \quad 5,00 \text{ ks} \quad A_{s2} = 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Průměr výztuže} \quad \emptyset 12 \quad k = 0,047$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,047 \cdot 0,00308 \cdot 5,00^2 = 3,6 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 5,00 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 15,5 + 3,6$$

$$w_{cel} = 19,1 \text{ mm} < w_{lim} = 20,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot x = 29,47 \cdot 0,0679 / 0,000349$$

$$\sigma_c = 5,73 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 20,00 = 9,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot (d - x) = 24,02 \cdot 29,47 \cdot 0,106 / 0,000349$$

$$\sigma_x = 215,18 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 37,28 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 15,56 \text{ kNm} < M_k = 37,28 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

$$w_k = 0,19 \text{ mm} < w_{lim} = 0,40 \text{ mm} \quad \text{šířka trhliny vyhovuje}$$

2.21 Zatížení zastropení části stávajícího 1.PP

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,020	22,00	= 0,44 kN/m ²	1,35	0,59 kN/m ²
přebetonávka TR plechu (vč. žeber)	0,070	25,00	= 1,75 kN/m ²	1,35	2,36 kN/m ²
TR plech			0,10 kN/m ²	1,35	0,14 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			2,29 kN/m²	1,35	3,09 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²

2.22 Návrh a posouzení trapézového plechu

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$	γ_G	
g₁ stálé zatížení	2,29 kN/m ²	1,35	3,09 kN/m ²
q₁ proměnné zatížení	5,00 kN/m ²	1,05	5,25 kN/m ²
f₁ celkové zatížení	7,29 kN/m²	1,14	8,34 kN/m²
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	$\xi_1 \cdot \gamma_Q$	
g₂ stálé zatížení	2,29 kN/m ²	1,15	2,63 kN/m ²
q₂ proměnné zatížení	5,00 kN/m ²	1,50	7,50 kN/m ²
f₂ celkové zatížení	7,29 kN/m²	1,39	10,13 kN/m²

Rozhodující kombinace: kombinace 2

Návrh trapézového plechu	typ plechu	55/250
	tloušťka plechu	t = 0,88 mm
	rozpětí pole	L = 1,50 m

Únosnost s jedním polem - pozitivní poloha plechu.

Posouzení MSÚ	$f_{du} = 14,15 \text{ kN/m}^2$	>	$f_d = 10,13 \text{ kN/m}^2$	vyhovuje
Posouzení MSP	$f_{ku} = 9,25 \text{ kN/m}^2$	>	$f_k = 7,29 \text{ kN/m}^2$	vyhovuje

Celkové rovnoměrné návrhové a charakteristické zatížení dle tabulek výrobce.

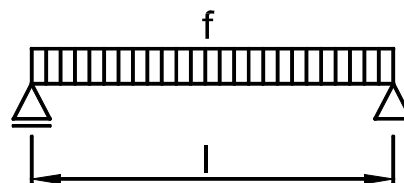
2.23 Zatížení podlahové desky

Skladba podlahy	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
vlastní tíha desky	0,180	25,00	= 4,50 kN/m ²	1,35	6,08 kN/m ²
g zatížení na m² stěny			4,50 kN/m²	1,35	6,08 kN/m²

2.24 Návrh a posouzení podlahové desky

Zatížení	zatěžovací šířka			γ_G	
vztlak vody	10,00	1,55	1,00	= 15,50 kN/m	1,35 20,93 kN/m
skladba podlahy	-4,50	1,00		= -4,50 kN/m	0,90 -4,05 kN/m
g₁ stálé zatížení				11,00 kN/m	1,53 16,88 kN/m
q₁ proměnné zatížení				0,00 kN/m	1,50 0,00 kN/m
f₁ celkové zatížení				11,00 kN/m	1,53 16,88 kN/m

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce $l = 2,75 \text{ m}$ 

Vnitřní síly a reakce

$M = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2$					
$M_g = \frac{1}{8} \cdot 11,00 \cdot 2,75^2$	=	10,40 kNm	1,53	=	15,95 kNm
$M_q = \frac{1}{8} \cdot 0,00 \cdot 2,75^2$	=	0,00 kNm	1,50	=	0,00 kNm
celkový moment	$M_f =$	10,40 kNm	1,53	15,95 kNm	

Proměnné zatížení působí příznivě a není proto uvažováno.

$$V = \frac{1}{2} \cdot f \cdot l$$

$$V_g = \frac{1}{2} \cdot 11,00 \cdot 2,75 = 15,13 \text{ kN} \quad 1,53 = 23,20 \text{ kN}$$

$$V_q = \frac{1}{2} \cdot 0,00 \cdot 2,75 = 0,00 \text{ kN} \quad 1,50 = 0,00 \text{ kN}$$

celková posouvající síla a reakce $V_f = 15,13 \text{ kN} \quad 1,53 \quad 23,20 \text{ kN}$

Pružné deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{10,40}{32,00} \cdot \frac{2,75^2}{486,00}$$

$$w_g = 0,5 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{0,00}{32,00} \cdot \frac{2,75^2}{486,00}$$

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

$$w_f = 0,5 \text{ mm}$$

Zatížení $M_d = 15,95 \text{ kNm}$

$V_d = 23,20 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry $b = 1,00 \text{ m}$

$\gamma_c = 1,50$

$h = 0,18 \text{ m}$

$\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C30/ 37

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

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

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

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

$I_c = 486 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

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

$\varepsilon_{cu3} = 3,50$

$A_c = 0,180 \text{ m}^2$

$\eta = 1,00$

$\lambda = 0,80$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž **B500 B**

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

$\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b

6,67 ks

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

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

Průměr výztuže

Ø10

$\varepsilon_{yd} = 2,17$

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

Krytí výztuže

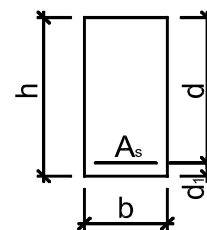
$c = 30 \text{ mm}$

Plocha výztuže na b

$A_{s,prov} = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$d_1 = 35 \text{ mm}$

$d = 145 \text{ mm}$



Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 189 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 7200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 31,71 \text{ kNm} > M_d = 15,95 \text{ kNm}$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 78,62 \text{ kN} > V_d = 23,20 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{11,00 + 0,50 \cdot 0,00}{11,00 + 0,00} = 1,00$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 1,00 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 1,00 \cdot 10,40 = 10,40 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$$w_{elqp} = 1,00 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 1,00 \cdot 0,53 = 0,5 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 2,75 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

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

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$$t(25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

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

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

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

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,31 \cdot 0,98 = 2,27$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,19 \cdot 0,98 = 3,14$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000525 + 0,000050 = 0,0005753$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 486,00 = 15,55 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 9,79 \cdot 0,0005165 = 5,06 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 17,23 \text{ kNm} > M_{kqp} = 10,40 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 5,06 \cdot \left(1 - 0,50 \right) + 1,34 \cdot 0,50 = 3,20 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{el,qp} \cdot M_{cr,lt} / M_{kqp} = 0,5 \cdot 10,40 / 10,40 = 0,5 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot E_{cm} \cdot I_c / E_{c,eff} \cdot I_i = 0,5 \cdot 15,55 / 5,06 = 1,6 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{el,qp} - w_{el,cr} = 0,5 - 0,5 = 0,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,00 \cdot 15,55 / 3,20 = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 1,6 + 0,0 = 1,6 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00262 \cdot 2,75^2 = 1,8 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 400 = 2,75 / 400$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 1,6 + 1,8$$

$$w_{cel} = 3,4 \text{ mm} < w_{lim} = 6,9 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 10,40 \cdot 0,0460 / 0,000137$$

$$\sigma_c = 3,49 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 20,43 \cdot 10,40 \cdot 0,099 / 0,000137$$

$$\sigma_x = 153,17 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 10,40 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 16,07 \text{ kNm} > M_k = 10,40 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

$$w_k = 0,00 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{šířka trhliny vyhovuje}$$

3. Návrh a posouzení konstrukcí nového objektu**3.1 Zatížení střechy výtahové šachty**

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
izolace	0,250	1,00	= 0,25 kN/m ²	1,35	0,34 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,160	25,00	= 4,00 kN/m ²	1,35	5,40 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²

g celkem stálé zatížení **4,61 kN/m²** **1,35** **6,22 kN/m²**

Užitné zatížení charakteristické γ_Q návrhové
q užitné zatížení kategorie H nepřístupná střecha **0,75 kN/m²** **1,50** **1,13 kN/m²**

Zatížení sněhem

Tvarový součinitel pro střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám

šířka vyšší střechy $b_1 = 5,50 \text{ m}$ šířka přilehlé strany vyšší stř. $b_{1,s} = 2,75 \text{ m}$ šířka nižší střechy $b_2 = 2,00 \text{ m}$ sklon vyšší střechy $\alpha = 41,00^\circ$ výška mezi nižší střechou a spodní hranou vyšší střechy $h = 0,80 \text{ m}$ Tvarový součinitel zohledňující sesuv sněhu z horní střechy při $\alpha > 15^\circ$

$$\mu_s = b_{1,s} / (1,25 \cdot b_2) = 2,75 / (1,25 \cdot 2,00) = 1,10$$

Tvarový součinitel zohledňující působení větru

$$\mu_{w,1} = (b_1 + b_2) / 2 \cdot h$$

$$\mu_{w,1} = (5,50 + 2,00) / 2 \cdot 0,80 = 4,69$$

$$\mu_{w,2} = \gamma \cdot h / s_k = 2,00 \cdot 0,80 / 0,64 = 2,50$$

$$\mu_{w,3} = 4,00$$

$$\mu_w = 2,50$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 1,10 + 2,50 = 3,60$$

Délka návěje

$$l_{s,1} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,80 = 1,60 \text{ m}$$

$$l_{s,min} = 5,00 \text{ m} \quad l_{s,max} = 15,00 \text{ m}$$

$$l_s = 5,00 \text{ m}$$

Součinitel expozice

Typ krajiny: normální

$$C_e = 1,00$$

Tepelný součinitel

$$C_t = 1,00$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi dle www.snehovamapa.cz

$$s_k = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad \gamma_Q$$

s sníh $3,60 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,64 = 2,30 \text{ kN/m}^2$ **1,50** **3,46 kN/m²**

rozhodující je zatížení sněhem

Montážní zatížení jeden hák počet háků charakteristické γ_Q návrhové

Q zatížení z montážních háků **10,00** **2** **= 20,00 kN** **1,50** **30,00 kN**

3.2 Návrh a posouzení desky výtahové šachty**Zatížení - liniové** Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$

zatěžovací šířka

 γ_G

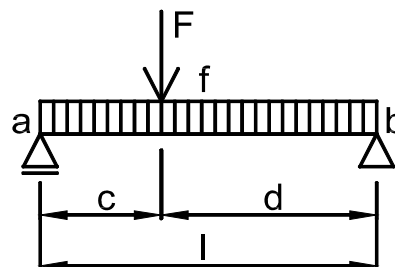
g₁ stálé zatížení $4,61 \cdot 1,00 = 4,61 \text{ kN/m}$ $1,35$ $6,22 \text{ kN/m}$

 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

q₁ proměnné zatížení $2,30 \cdot 1,00 = 2,30 \text{ kN/m}$ $1,05$ $2,42 \text{ kN/m}$

f₁ celkové zatížení **6,91 kN/m** **1,25** **8,64 kN/m**

Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$		
	zatěžovací šířka	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g₂ stálé zatížení	$4,61 \cdot 1,00 = 4,61 \text{ kN/m}$	1,15	5,29 kN/m
		γ_Q	
q₂ proměnné zatížení	$2,30 \cdot 1,00 = 2,30 \text{ kN/m}$	1,50	3,46 kN/m
f₂ celkové zatížení	6,91 kN/m	1,26	8,75 kN/m
Zatížení - osamělé břemeno Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů			
Kombinace 1		γ_G	
G₁ stálé zatížení	0,00 kN	1,35	0,00 kN
		$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1}$	
Q₁ proměnné zatížení	20,00 kN	1,05	21,00 kN
F₁ celkové zatížení	20,00 kN	1,05	21,00 kN
Kombinace 2		$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
G₂ stálé zatížení	0,00 kN	1,15	0,00 kN
		γ_Q	
Q₂ proměnné zatížení	20,00 kN	1,50	30,00 kN
F₂ celkové zatížení	20,00 kN	1,50	30,00 kN
Rozhodující kombinace pro spojitě zatížení: kombinace 2			
Rozhodující kombinace pro osamělé břemeno: kombinace 2			
Schéma konstrukce			
geometrie konstrukce	c = 1,05 m		
l = 2,10 m	d = 1,05 m		
Vnitřní síly a reakce			
$M_f = 1/2 \cdot f \cdot c \cdot d$			
$M_F = F \cdot c \cdot d / l$			
$M_{f,g} = 1/2 \cdot 4,61 \cdot 1,10 = 2,54 \text{ kNm}$	1,15	=	2,92 kNm
$M_{F,g} = 0,00 \cdot 1,10 / 2,10 = 0,00 \text{ kNm}$	1,15	=	0,00 kNm
moment od stálého zatížení	M_{f,g} = 2,54 kNm	1,15	2,92 kNm
$M_{f,q} = 1/2 \cdot 2,30 \cdot 1,10 = 1,27 \text{ kNm}$	1,50	=	1,91 kNm
$M_{F,q} = 20,00 \cdot 1,10 / 2,10 = 10,50 \text{ kNm}$	1,50	=	15,75 kNm
moment od proměnného zatížení	M_{f,q} = 11,77 kNm	1,50	17,66 kNm
moment v místě síly F	M_{f,F} = 14,31 kNm	1,44	20,57 kNm
$V_f = 1/2 \cdot f \cdot l$			
$V_F = F \cdot d / l$			
$V_{f,g} = 1/2 \cdot 4,61 \cdot 2,10 = 4,84 \text{ kN}$	1,15	=	5,55 kN
$V_{F,g} = 0,00 \cdot 1,05 / 2,10 = 0,00 \text{ kN}$	1,15	=	0,00 kN
posouvající síla od stálého zatížení	V_{f,g} = 4,84 kN	1,15	5,55 kN
$V_{f,q} = 1/2 \cdot 2,30 \cdot 2,10 = 2,42 \text{ kN}$	1,50	=	3,63 kN
$V_{F,q} = 20,00 \cdot 1,05 / 2,10 = 10,00 \text{ kN}$	1,50	=	15,00 kN
posouvající síla od proměnného zatížení	V_{f,q} = 12,42 kN	1,50	18,63 kN
posouvající síla a reakce v podpoře A	V_{f,F} = 17,26 kN	1,40	24,18 kN



Pružné deformace v místě síly F

$$w_{f,F} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_f}{E} \cdot \frac{l^2}{I} + \frac{M_F}{3} \cdot \frac{c}{E} \cdot \frac{d}{I}$$

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{2,54}{30,00} \cdot \frac{2,10^2}{341,33} + \frac{0,00}{3} \cdot \frac{1,05}{30,00} \cdot \frac{1,05}{341,33}$$

$$w_g = 0,1 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{1,27}{30,00} \cdot \frac{2,10^2}{341,33} + \frac{10,50}{3} \cdot \frac{1,05}{30,00} \cdot \frac{1,05}{341,33}$$

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

$$w_{f,F} = 0,5 \text{ mm}$$

Zatížení $M_d = 20,57 \text{ kNm}$

$V_d = 24,18 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry $b = 1,00 \text{ m}$

$\gamma_c = 1,50$

$h = 0,16 \text{ m}$

$\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C20/ 25

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

$E_{cm} = 30,00 \text{ GPa}$

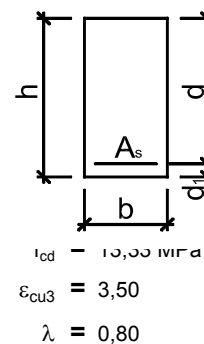
$f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

$I_c = 341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

$f_{cm} = 33,00 \text{ MPa}$

$A_c = 0,160 \text{ m}^2$

$\eta = 1,00$



Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž **B500 B**

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

$\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b **6,67 ks**

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

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

Průměr výztuže **Ø10**

$\epsilon_{yd} = 2,17$

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

Krytí výztuže $c = 30 \text{ mm}$

Plocha výztuže na b

$A_{s,prov} = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$d_1 = 35 \text{ mm}$

$d = 125 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$A_{s1,min} = 143 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$A_{s,max} = 6400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Otlačení betonu

$M_{Rd} = 26,51 \text{ kNm} > M_d = 20,57 \text{ kNm}$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$V_{Rd,c} = 60,93 \text{ kN} > V_d = 24,18 \text{ kN}$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{2,54 + 0,30 \cdot 11,77}{2,54 + 11,77} = 0,42$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$M_{kqp} = 0,42 \cdot M_k$

$M_{kqp} = 0,42 \cdot 14,31 = 6,07 \text{ kNm}$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$w_{elqp} = 0,42 \cdot w_{el}$

$w_{elqp} = 0,42 \cdot 0,55 = 0,2 \text{ mm}$

Rozpětí konstrukce

$l = 2,10 \text{ m}$

Začátek smršťování (dny)

$t_{0,s} = 5$

Prostředí :relativní vlhkost

$RH = 50\%$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$t(25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$

Začátek dotvarování (dny)

$t_{0,c} = 28$

Charakter zatížení

$\beta = 0,50$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$u = 2,32 \text{ m}$

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,81 \cdot 0,99 = 2,77$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,89 \cdot 0,99 = 3,83$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000594 + 0,000025 = 0,0006193$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 30,00 \cdot 341,33 = 10,24 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 7,96 \cdot 0,000366 = 2,91 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 10,51 \text{ kNm} > M_{kqp} = 6,07 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 2,91 \cdot (1 - 0,50) + 0,91 \cdot 0,50 = 1,91 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot M_{cr,lt} / M_{kqp} = 0,2 \cdot 6,07 / 6,07 = 0,2 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot E_{cm} \cdot I_c / E_{c,eff} \cdot I_i = 0,2 \cdot 10,24 / 2,91 = 0,8 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

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

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,00 \cdot 10,24 / 1,91 = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 0,8 + 0,0 = 0,8 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00343 \cdot 2,10^2 = 1,3 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 2,10 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 0,8 + 1,3$$

$$w_{cel} = 2,2 \text{ mm} < w_{lim} = 8,4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 6,07 \cdot 0,0457 / 0,000115$$

$$\sigma_c = 2,42 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 20,00 = 9,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 25,13 \cdot 6,07 \cdot 0,079 / 0,000115$$

$$\sigma_x = 105,66 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 14,31 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 9,65 \text{ kNm} < M_k = 14,31 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,19 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

3.3 Návrh a posouzení nosníku střechy výtahové šachty

Zatížení - liniové

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

$$\xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

γ_G

g_1 stálé zatížení

$$4,61 \cdot 1,10 = 5,07 \text{ kN/m}$$

$$1,35 \cdot 5,07 = 6,85 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

q_1 proměnné zatížení

$$2,30 \cdot 1,10 = 2,53 \text{ kN/m}$$

$$1,05 \cdot 2,53 = 2,66 \text{ kN/m}$$

f_1 celkové zatížení

$$7,61 \text{ kN/m}$$

$$1,25 \cdot 7,61 = 9,51 \text{ kN/m}$$

Kombinace 2

$$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

g_2 stálé zatížení

$$4,61 \cdot 1,10 = 5,07 \text{ kN/m}$$

$$1,15 \cdot 5,07 = 5,82 \text{ kN/m}$$

γ_Q

q_2 proměnné zatížení

$$2,30 \cdot 1,10 = 2,53 \text{ kN/m}$$

$$1,50 \cdot 2,53 = 3,80 \text{ kN/m}$$

f_2 celkové zatížení

$$7,61 \text{ kN/m}$$

$$1,26 \cdot 7,61 = 9,62 \text{ kN/m}$$

Zatížení - osamělé břemeno

Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

Kombinace 1

γ_G

G_1 stálé zatížení

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

$$1,35 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

Q_1 proměnné zatížení

$$20,00 \text{ kN}$$

$$1,05 \cdot 20,00 = 21,00 \text{ kN}$$

F_1 celkové zatížení

$$20,00 \text{ kN}$$

$$1,05 \cdot 20,00 = 21,00 \text{ kN}$$

Kombinace 2

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

G_2 stálé zatížení

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

$$1,15 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN}$$

γ_Q

Q_2 proměnné zatížení

$$20,00 \text{ kN}$$

$$1,50 \cdot 20,00 = 30,00 \text{ kN}$$

F_2 celkové zatížení

$$20,00 \text{ kN}$$

$$1,50 \cdot 20,00 = 30,00 \text{ kN}$$

Rozhodující kombinace pro spojité zatížení:

kombinace 2

Rozhodující kombinace pro osamělé břemeno:

kombinace 2

Schéma konstrukce

geometrie konstrukce

$$c = 1,05 \text{ m}$$

$$l = 2,10 \text{ m}$$

$$d = 1,05 \text{ m}$$

Vnitřní síly a reakce

$$M_f = 1/2 \cdot f \cdot c \cdot d$$

$$M_F = F \cdot c \cdot d / l$$

$$M_{f,g} = 1/2 \cdot 5,07 \cdot 1,10 = 2,80 \text{ kNm} \quad 1,15 = 3,21 \text{ kNm}$$

$$M_{F,g} = 0,00 \cdot 1,10 / 2,10 = 0,00 \text{ kNm} \quad 1,15 = 0,00 \text{ kNm}$$

moment od stálého zatížení

$$M_{f,g} = 2,80 \text{ kNm} \quad 1,15 = 3,21 \text{ kNm}$$

$$M_{f,q} = 1/2 \cdot 2,53 \cdot 1,10 = 1,40 \text{ kNm} \quad 1,50 = 2,10 \text{ kNm}$$

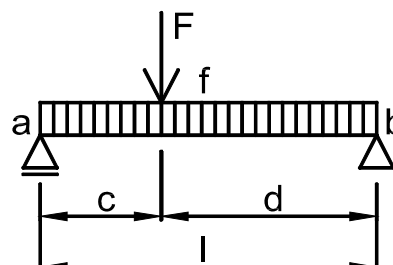
$$M_{F,q} = 20,00 \cdot 1,10 / 2,10 = 10,50 \text{ kNm} \quad 1,50 = 15,75 \text{ kNm}$$

moment od proměnného zatížení

$$M_{f,q} = 11,90 \text{ kNm} \quad 1,50 = 17,85 \text{ kNm}$$

moment v místě síly F

$$M_{f,F} = 14,69 \text{ kNm} \quad 1,43 = 21,05 \text{ kNm}$$



$V_f =$	$1/2 \cdot f \cdot l$							
$V_F =$	$F \cdot d / l$							
$V_{f,g} =$	$1/2 \cdot 5,07 \cdot 2,10$	$=$	$5,32 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$6,11 \text{ kN}$		
$V_{F,g} =$	$0,00 \cdot 1,05 / 2,10$	$=$	$0,00 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$0,00 \text{ kN}$		
posouvající síla od stálého zatížení		$V_{f,F,g} =$	5,32 kN	1,15		6,11 kN		
$V_{f,q} =$	$1/2 \cdot 2,53 \cdot 2,10$	$=$	$2,66 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$3,99 \text{ kN}$		
$V_{F,q} =$	$20,00 \cdot 1,05 / 2,10$	$=$	$10,00 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$15,00 \text{ kN}$		
posouvající síla od proměnného zatížení		$V_{f,F,q} =$	12,66 kN	1,50		18,99 kN		
posouvající síla a reakce v podpoře A		$V_{f,F} =$	17,99 kN	1,40		25,10 kN		

Posouzení - MSP - Deformace v místě síly F

$w_{f,F} =$	$\frac{5 \cdot M_f \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$	$+$	$\frac{M_F \cdot c \cdot d}{3 \cdot E \cdot I}$					
$w_g =$	$\frac{5 \cdot 2,80 \cdot 2,10^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 11,60}$	$+$	$\frac{0,00 \cdot 1,05 \cdot 1,05}{3 \cdot 210,00 \cdot 11,60}$					
$w_g =$	0,5 mm	$<$	$w_{lim,g} =$	$l / 250$	$=$	8,4 mm		
$w_q =$	$\frac{5 \cdot 1,40 \cdot 2,10^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 11,60}$	$+$	$\frac{10,50 \cdot 1,05 \cdot 1,05}{3 \cdot 210,00 \cdot 11,60}$					
$w_q =$	1,8 mm	$<$	$w_{lim,q} =$	$l / 350$	$=$	6,0 mm		
$w_{f,F} =$	2,4 mm	$<$	$w_{lim,f} =$	$l / 250$	$=$	8,4 mm		vyhovuje

Zatížení $M_d = 21,05 \text{ kNm}$

$V_d = 25,10 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	L rovnoramenný	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
označení průřezu		160/16	$\gamma_{MO} = 1,00$		$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
složený průřez		samostatný průřez	třída průřezu:	pro ohyb 3	
Průřezové charakteristiky pro	1 ks			pro tlak 3	
plocha	$A =$	$4,90 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
smýková plocha	$A_{vz} =$	$2,60 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
moment setrvačnosti	$I_y =$	$11,60 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$		$I_z =$	$11,60 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y =$	$48,80 \text{ mm}$		$i_z =$	$48,66 \text{ mm}$
průřezový modul	$W_y =$	$102,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} =$	$0,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
vzdálenost těžišť	$y_e =$	$45,30 \text{ mm}$			

Posouzení - MSÚ - Ohyb klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 3

$M_{Rd} =$	$W_y \cdot f_{yd}$	$=$	$102,00 \cdot 235,00$		
$M_{Rd} =$	23,97 kNm	$>$	$M_d = 21,05 \text{ kNm}$		vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

$V_{pl,Rd} =$	$A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2}$	$=$	$2,60 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$		
$V_{pl,Rd} =$	353,30 kN	$>$	$V_d = 25,10 \text{ kN}$		vyhovuje

3.4 Zatížení střechy ocelové konstrukce

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
izolace	0,250	1,00	$= 0,25 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,34 kN/m ²
OSB záklop	0,020	7,00	$= 0,14 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,19 kN/m ²
vlastní tíha konstrukce			0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
OSB záklop	0,020	7,00	$= 0,14 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,19 kN/m ²
sádrokarton	0,013	8,50	$= 0,11 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,15 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			0,94 kN/m²	1,35	1,27 kN/m²

Užitné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q	užitné zatížení	kategorie H nepřístupná střecha	0,75 kN/m²	1,50	1,13 kN/m²
Zatížení sněhem					
Tvarový součinitel pro střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám					
	šířka vyšší střechy	$b_1 = 9,70 \text{ m}$	šířka přilehlé strany vyšší stř.	$b_{1,s} = 4,85 \text{ m}$	
	šířka nižší střechy	$b_2 = 6,20 \text{ m}$	sklon vyšší střechy	$\alpha = 41,00^\circ$	
	výška mezi nižší střechou a spodní hranou vyšší střechy	$h = 0,80 \text{ m}$			
Tvarový součinitel zohledňující sesuv sněhu z horní střechy při $\alpha > 15^\circ$					
	$\mu_s = b_{1,s} / (1,25 \cdot b_2)$	$= 4,85 / (1,25 \cdot 6,20)$	$= 0,63$		
Tvarový součinitel zohledňující působení větru					
	$\mu_{w,1} = (b_1 + b_2) / (2 \cdot h)$	$= (9,70 + 6,20) / (2 \cdot 0,80)$	$= 9,94$		
	$\mu_{w,2} = \gamma \cdot h / s_k$	$= 2,00 \cdot 0,80 / 0,64$	$= 2,50$		
	$\mu_{w,3} = 4,00$				
	$\mu_w = 2,50$				
	$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$	$= 0,63 + 2,50$	$= 3,13$		
Délka návěje					
	$l_{s,1} = 2 \cdot h$	$= 2 \cdot 0,80$	$= 1,60 \text{ m}$		
	$l_{s,min} = 5,00 \text{ m}$	$l_{s,max} = 15,00 \text{ m}$			
	$l_s = 5,00 \text{ m}$				
Součinitel expozice			Typ krajiny: normální	$C_e = 1,00$	
			Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$	
Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi dle www.snehovamapa.cz			$s_k = 0,64 \text{ kN/m}^2$		
	$\mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$	$= 3,13 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,64$	$= 2,00 \text{ kN/m}^2$	γ_Q	
s	sníh			1,50	3,00 kN/m²
rozhodující je zatížení sněhem					

3.5 Návrh a posouzení krokve ocelové konstrukce

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů					
	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\psi_{0,1} = 0,70$	$\xi_1 = 0,85$	
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$	$= 1,50 \cdot 0,70$	$= 1,05$		
	zatěžovací šířka		γ_G		
g₁	stálé zatížení	$0,94 \cdot 0,85$	$= 0,80 \text{ kN/m}$	$1,35$	$1,08 \text{ kN/m}$
			$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$		
q₁	proměnné zatížení	$2,00 \cdot 0,85$	$= 1,70 \text{ kN/m}$	$1,05$	$1,79 \text{ kN/m}$
f₁	celkové zatížení		2,50 kN/m	1,15	2,86 kN/m
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	$= 0,85 \cdot 1,35$	$= 1,15$		
	zatěžovací šířka		$\xi_1 \cdot \gamma_G$		
g₂	stálé zatížení	$0,94 \cdot 0,85$	$= 0,80 \text{ kN/m}$	$1,15$	$0,92 \text{ kN/m}$
			γ_Q		
q₂	proměnné zatížení	$2,00 \cdot 0,85$	$= 1,70 \text{ kN/m}$	$1,50$	$2,55 \text{ kN/m}$
f₂	celkové zatížení		2,50 kN/m	1,39	3,47 kN/m

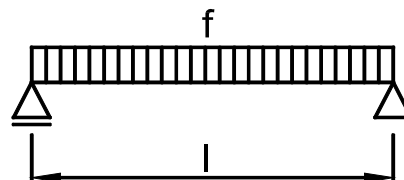
Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce

$$l = 3,40 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce

$M =$	$1/8 \cdot f \cdot l^2$						
$M_g =$	$1/8 \cdot 0,80 \cdot 3,40^2$	$=$	$1,16 \text{ kNm}$	$1,15$	$=$	$1,33 \text{ kNm}$	
$M_q =$	$1/8 \cdot 1,70 \cdot 3,40^2$	$=$	$2,46 \text{ kNm}$	$1,50$	$=$	$3,69 \text{ kNm}$	
celkový moment		$M_f =$	$3,61 \text{ kNm}$	$1,39$		$5,01 \text{ kNm}$	
$V =$	$1/2 \cdot f \cdot l$						
$V_g =$	$1/2 \cdot 0,80 \cdot 3,40$	$=$	$1,36 \text{ kN}$	$1,15$	$=$	$1,56 \text{ kN}$	
$V_q =$	$1/2 \cdot 1,70 \cdot 3,40$	$=$	$2,89 \text{ kN}$	$1,50$	$=$	$4,34 \text{ kN}$	
celková posouvající síla a reakce		$V_f =$	$4,25 \text{ kN}$	$1,39$		$5,90 \text{ kN}$	

Posouzení - MSP - Deformace

$w_g = \frac{5 \cdot M_g \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$	$= \frac{5 \cdot 1,16 \cdot 3,40^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 3,18}$						
$w_g = 2,1 \text{ mm}$	$<$	$w_{lim,g} = l / 250$	$= 13,6 \text{ mm}$				
$w_q = \frac{5 \cdot M_q \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$	$= \frac{5 \cdot 2,46 \cdot 3,40^2}{48 \cdot 210,00 \cdot 3,18}$						
$w_q = 4,4 \text{ mm}$	$<$	$w_{lim,q} = l / 350$	$= 9,7 \text{ mm}$				
$w_f = 6,5 \text{ mm}$	$<$	$w_{lim,f} = l / 250$	$= 13,6 \text{ mm}$				vyhovuje

Zatížení

$$M_d = 5,01 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5,90 \text{ kN}$$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	IPE	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
	označení průřezu	120	$E = 210,00 \text{ GPa}$		$\gamma_{M1} = 1,00$
	složený průřez	samostatný průřez	$G = 81,00 \text{ GPa}$		$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
	třída průřezu:	pro ohyb 1	pro tlak 1		

Průřezové charakteristiky pro 1 ks

výška průřezu	$h =$	120 mm		
šířka průřezu	$b =$	64 mm		
plocha	$A =$	$1,32 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
smyková plocha	$A_{vz} =$	$0,63 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
moment setrvačnosti	$I_y =$	$3,18 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z =$	$0,28 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y =$	49,00 mm	$i_z =$	14,47 mm
průřezový modul	$W_y =$	$52,96 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} =$	$60,73 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$		
moment tuh. v prostém kroucení	$I_t =$	$17,40 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^4$		
výsečový moment setrvačnosti	$I_w =$	$0,89 \cdot 10^9 \cdot \text{mm}^6$		
vzdálenost těžišť	$y_e =$	32,00 mm		
Geometrie	Vzpěrná délka	$L_{LT} =$	3 400 mm	délka na klopení

Posouzení - MSÚ - Vliv smyku

$V_{pl,Rd} =$	$A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2}$	$=$	$0,63 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$		
$V_{pl,Rd} = 85,61 \text{ kN}$	$>$	$2 \cdot V_d$	$=$	$2 \cdot 5,90$	$= 11,79 \text{ kN}$
účinek smykové síly se nemusí uvažovat					

Posouzení - MSÚ - Ohyb se ztrátou stability

Součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$C_3 = 0,53$$

Součinitelé vzpěrné délky

$$k_y = 1,0$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

typ průřezu symetrický

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = 8,54 \text{ kNm}$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 0,47$$

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 0,47 \cdot 60,73 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 6,77 \text{ kNm}$$

>

$$M_d = 5,01 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 0,63 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 85,61 \text{ kN}$$

>

$$V_d = 5,90 \text{ kN}$$

vyhovuje

3.6 Návrh a posouzení vaznice ocelové konstrukce

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

$$\xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

γ_G

g_1 stálé zatížení

$$0,94 \cdot 3,50 = 3,29 \text{ kN/m}$$

$$1,35 \cdot 4,44 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

q_1 proměnné zatížení

$$2,00 \cdot 3,50 = 7,00 \text{ kN/m}$$

$$1,05 \cdot 7,35 \text{ kN/m}$$

f_1 celkové zatížení

$$10,29 \text{ kN/m}$$

$$1,15 \cdot 11,80 \text{ kN/m}$$

Kombinace 2

$$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

g_2 stálé zatížení

$$0,94 \cdot 3,50 = 3,29 \text{ kN/m}$$

$$1,15 \cdot 3,78 \text{ kN/m}$$

γ_Q

q_2 proměnné zatížení

$$2,00 \cdot 3,50 = 7,00 \text{ kN/m}$$

$$1,50 \cdot 10,50 \text{ kN/m}$$

f_2 celkové zatížení

$$10,29 \text{ kN/m}$$

$$1,39 \cdot 14,28 \text{ kN/m}$$

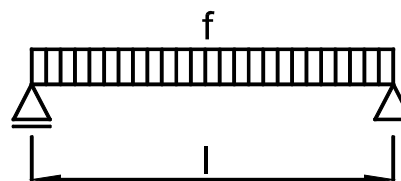
Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce

$$l = 3,90 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce

$$M = 1/8 \cdot f \cdot l^2$$

$$M_g = 1/8 \cdot 3,29 \cdot 3,90^2 = 6,26 \text{ kNm} \quad 1,15 = 7,18 \text{ kNm}$$

$$M_q = 1/8 \cdot 7,00 \cdot 3,90^2 = 13,31 \text{ kNm} \quad 1,50 = 19,97 \text{ kNm}$$

celkový moment

$$M_f = 19,57 \text{ kNm} \quad 1,39 = 27,15 \text{ kNm}$$

$$V = 1/2 \cdot f \cdot l$$

$$V_g = 1/2 \cdot 3,29 \cdot 3,90 = 6,42 \text{ kN} \quad 1,15 = 7,37 \text{ kN}$$

$$V_q = 1/2 \cdot 7,00 \cdot 3,90 = 13,65 \text{ kN} \quad 1,50 = 20,48 \text{ kN}$$

celková posouvající síla a reakce

$$V_f = 20,07 \text{ kN} \quad 1,39 = 27,85 \text{ kN}$$

Posouzení - MSP - Deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{6,26}{210,00} \cdot \frac{3,90^2}{16,73} = 2,8 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{13,31}{210,00} \cdot \frac{3,90^2}{16,73} = 6,0 \text{ mm}$$

$$w_f = 8,8 \text{ mm} < w_{lim,f} = l / 400 = 9,8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Zatížení $M_d = 27,15 \text{ kNm}$

$V_d = 27,85 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	HEA	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
	označení průřezu	160	$\gamma_{MO} = 1,00$		$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
	složený průřez	samostatný průřez	třída průřezu:	pro ohyb 1	
Průřezové charakteristiky pro	1 ks			pro tlak 1	
	plocha	$A = 3,88 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
	smyková plocha	$A_{vz} = 1,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$			
	moment setrvačnosti	$I_y = 16,73 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$		$I_z = 6,16 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	
	poloměr setrvačnosti	$i_y = 65,70 \text{ mm}$		$i_z = 39,85 \text{ mm}$	
	průřezový modul	$W_y = 220,10 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
	plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 245,10 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$			
	vzdálenost těžišť	$y_e = 80,00 \text{ mm}$			

Posouzení - MSÚ - Ohyb

klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 245,10 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 57,60 \text{ kNm} > M_d = 27,15 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 1,00 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 135,81 \text{ kN} > V_d = 27,85 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.7 Zatížení lávky ocelové konstrukce

Skladba	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,015	22,00	$= 0,33 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,45 kN/m ²
OSB záklop	0,025	7,00	$= 0,18 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,24 kN/m ²
vlastní tíha konstrukce			0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
sádkarton	0,013	8,50	$= 0,11 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,15 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			0,92 kN/m²	1,35	1,24 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²

3.8 Návrh a posouzení příčnicku lávky

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

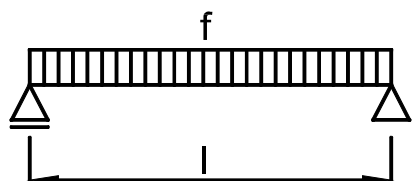
zatěžovací šířka

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 0,92 \cdot 0,65 = 0,60 \text{ kN/m} \quad \gamma_G = 1,35 \quad 0,80 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \cdot 0,65 = 3,25 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 3,41 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 3,85 \text{ kN/m} \quad 1,10 \quad 4,22 \text{ kN/m}$$

Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$		
	zatěžovací šířka	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g ₂ stálé zatížení	0,92 · 0,65 = 0,60 kN/m	1,15	0,68 kN/m
		γ_Q	
q ₂ proměnné zatížení	5,00 · 0,65 = 3,25 kN/m	1,50	4,88 kN/m
f ₂ celkové zatížení	3,85 kN/m	1,45	5,56 kN/m
Rozhodující kombinace:			
kombinace 2			
Schéma konstrukce			
rozpětí konstrukce	l = 2,15 m		
Vnitřní síly a reakce			
M =	1/8 · f · l ²		
M _g =	1/8 · 0,60 · 2,15 ² = 0,34 kNm	1,15	= 0,39 kNm
M _q =	1/8 · 3,25 · 2,15 ² = 1,88 kNm	1,50	= 2,82 kNm
celkový moment	M _f = 2,22 kNm	1,45	3,21 kNm
V =	1/2 · f · l		
V _g =	1/2 · 0,60 · 2,15 = 0,64 kN	1,15	= 0,73 kN
V _q =	1/2 · 3,25 · 2,15 = 3,49 kN	1,50	= 5,24 kN
celková posouvající síla a reakce	V _f = 4,13 kN	1,45	5,97 kN
Posouzení - MSP - Deformace			
w _g =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot l^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{0,34}{210,00} \cdot 2,15^2 = 3,18$		
w _g = 0,2 mm	<	w _{lim,g} = l / 250 = 8,6 mm	
w _q =	$\frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot l^2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{1,88}{210,00} \cdot 2,15^2 = 3,18$		
w _q = 1,4 mm	<	w _{lim,q} = l / 350 = 6,1 mm	
w _f = 1,6 mm	<	w _{lim,f} = l / 250 = 8,6 mm	vyhovuje
Zatížení	M _d = 3,21 kNm	V _d = 5,97 kN	
Návrh průřezu a oceli			
Průřez	typ IPE	Ocel S 235	f _y = 235,00 MPa
označení průřezu	120	E = 210,00 GPa	γ _{M1} = 1,00
složený průřez	samostatný průřez	G = 81,00 GPa	f _{yd} = 235,00 MPa
třída průřezu:	pro ohyb 1	pro tlak 1	
Průřezové charakteristiky pro 1 ks			
výška průřezu	h = 120 mm		
šířka průřezu	b = 64 mm		
plocha	A = 1,32 · 10 ³ · mm ²		
smyková plocha	A _{vz} = 0,63 · 10 ³ · mm ²		
moment setrvačnosti	I _y = 3,18 · 10 ⁶ · mm ⁴	I _z = 0,28 · 10 ⁶ · mm ⁴	
poloměr setrvačnosti	i _y = 49,00 mm	i _z = 14,47 mm	
průřezový modul	W _y = 52,96 · 10 ³ · mm ³		
plastický průřezový modul	W _{pl,y} = 60,73 · 10 ³ · mm ³		
moment tuh. v prostém kroucení	I _t = 17,40 · 10 ³ · mm ⁴		
výsečový moment setrvačnosti	I _w = 0,89 · 10 ⁹ · mm ⁶		
vzdálenost těžišť	y _e = 32,00 mm		
Geometrie	Vzpěrná délka L _{LT} = 2 150 mm	délka na klopení	

Posouzení - MSÚ - Vliv smyku

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 0,63 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 85,61 \text{ kN} > 2 \cdot V_d = 2 \cdot 5,97 = 11,95 \text{ kN}$$

účinek smykové síly se nemusí uvažovat

Posouzení - MSÚ - Ohyb se ztrátou stability

Součinitelé závisí na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_{1,0} = 1,13 \quad C_{1,1} = 1,13 \quad C_2 = 0,46 \quad C_3 = 0,53$$

$$\text{Součinitelé vzpěrné délky} \quad k_y = 1,0 \quad k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

typ průřezu symetrický

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = 13,49 \text{ kNm}$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 0,65$$

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 0,65 \cdot 60,73 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 9,22 \text{ kNm} > M_d = 3,21 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 0,63 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 85,61 \text{ kN} > V_d = 5,97 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.9 Návrh a posouzení podélného nosníku lávky

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 0,92 \cdot 1,20 = 1,10 \text{ kN/m} \quad \gamma_G \quad 1,35 \quad 1,48 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \cdot 1,20 = 6,00 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 6,30 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 7,10 \text{ kN/m} \quad 1,10 \quad 7,78 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$$\xi_1 \cdot \gamma_G$$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 0,92 \cdot 1,20 = 0,20 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 0,23 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q$$

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \cdot 1,20 = 0,00 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 0,00 \text{ kN/m}$$

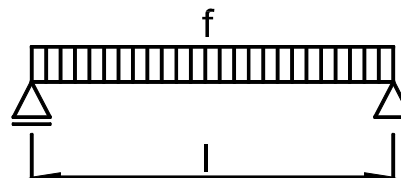
$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 0,20 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 0,23 \text{ kN/m}$$

Rozhodující kombinace:

kombinace 1

Schéma konstrukce

$$\text{rozpětí konstrukce} \quad l = 3,90 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce

$$M = 1/8 \cdot f \cdot l^2$$

$$M_g = 1/8 \cdot 1,10 \cdot 3,90^2 = 2,09 \text{ kNm} \quad 1,35 = 2,82 \text{ kNm}$$

$$M_q = 1/8 \cdot 6,00 \cdot 3,90^2 = 11,41 \text{ kNm} \quad 1,05 = 11,98 \text{ kNm}$$

$$\text{celkový moment} \quad M_f = 13,50 \text{ kNm} \quad 1,10 \quad 14,80 \text{ kNm}$$

$$V = 1/2 \cdot f \cdot l$$

$$V_g = 1/2 \cdot 1,10 \cdot 3,90 = 2,14 \text{ kN} \quad 1,35 = 2,89 \text{ kN}$$

$$V_q = 1/2 \cdot 6,00 \cdot 3,90 = 11,70 \text{ kN} \quad 1,05 = 12,29 \text{ kN}$$

$$\text{celková posouvající síla a reakce} \quad V_f = 13,84 \text{ kN} \quad 1,10 \quad 15,18 \text{ kN}$$

Posouzení - MSP - Deformace

$$w_g = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{2,09}{210,00} \cdot \frac{3,90^2}{13,53}$$

$$w_g = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{l^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{11,41}{210,00} \cdot \frac{3,90^2}{13,53}$$

$$w_q = 6,4 \text{ mm}$$

$$w_f = 7,5 \text{ mm} < w_{lim,f} = l / 400 = 9,8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Zatížení $M_d = 14,80 \text{ kNm}$

$V_d = 15,18 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez typ **UPE** Ocel **S 235** $f_y = 235,00 \text{ MPa}$

označení průřezu **180** $\gamma_{MO} = 1,00$ $f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$

složený průřez **samostatný průřez** třída průřezu: pro ohyb 1

Průřezové charakteristiky pro 1 ks pro tlak 1

plocha $A = 2,51 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$

smyková plocha $A_{vz} = 0,94 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$

moment setrvačnosti $I_y = 13,53 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$ $I_z = 1,44 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$

poloměr setrvačnosti $i_y = 73,40 \text{ mm}$ $i_z = 23,93 \text{ mm}$

průřezový modul $W_y = 150,40 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$

plastický průřezový modul $W_{pl,y} = 173,00 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$

vzdálenost těžišť $y_e = 50,30 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb klopení je zajištěno

Posouzení pro třídu 1 a 2

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 173,00 \cdot 235,00$$

$$M_{pl,Rd} = 40,66 \text{ kNm} > M_d = 14,80 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3^{1/2} = 0,94 \cdot 235,00 / 3^{1/2}$$

$$V_{pl,Rd} = 127,08 \text{ kN} > V_d = 15,18 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.10 Zatížení stěny ocelové konstrukce

Skladba stěny	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
dřevěný obklad	0,050	6,00	= 0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
vlastní tíha konstrukce			0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
sádrovláknitá deska	0,015	15,00	= 0,23 kN/m ²	1,35	0,30 kN/m ²
izolace	0,200	1,00	= 0,20 kN/m ²	1,35	0,27 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g zatížení na m² stěny			1,39 kN/m²	1,35	1,87 kN/m²

Zatížení stěny větrem

Základní rychlost větru oblast: **2** $v_b = 25,00 \text{ m/s}$

Kategorie terénu: **3** $z_0 = 0,300 \text{ m}$ $z_{min} = 5,00 \text{ m}$

pomocný součinitel flukтуаční složky tlaku $c_{fl} = 1,508 \text{ m}$

Referenční výška $z_e = 6,50 \text{ m}$

Základní dynamický tlak větru $q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$
 $q_b = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25,00^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$

Součinitel orografie $c_0(z_e) = 1,00$

Součinitel drsnosti terénu		$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05} \right)^{0,07}$		
		$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{0,300}{0,05} \right)^{0,07}$	= 0,22	
$c_r(z_e) =$	k_r	$\cdot \ln \left(\frac{z_e}{z_0} \right)$		
$c_r(z_e) =$	0,22	$\cdot \ln \left(\frac{6,50}{0,300} \right) =$	0,662	
Intenzita turbulence větru				
$I_{v(z_e)} =$	$\frac{c_{\Pi}}{7 \cdot c_r(z_e) \cdot c_0(z_e)}$	$= \frac{1,508}{7 \cdot 0,662 \cdot 1,00}$	= 0,325	
Součinitel expozice				
$c_e(z_e) =$	$c_0(z_e)^2 \cdot c_r(z_e)^2 \cdot \left(1 + \frac{7 \cdot I_v(z_e)}{c_0(z_e)} \right)$			
$c_e(z_e) =$	$1,00^2 \cdot 0,66^2 \cdot \left(1 + \frac{7 \cdot 0,325}{1,00} \right) =$	1,438		
Maximální dynamický tlak	$q_p(z_e) =$	$q_b \cdot c_e(z_e) =$	0,39 · 1,438	= 0,56 kN/m ²
Tlak větru pro stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem				
Zatížená plocha	$A =$	30,00 m ²		
výška objektu	$h =$	6,50 m	šířka objektu	$d =$ 6,00 m $h/d =$ 1,08
oblast A	$c_{pe,10} =$ -1,20	$c_{pe,1} =$ -1,40	$c_{pe,mezilehlé} =$ -1,10	
oblast B	$c_{pe,10} =$ -1,39	$c_{pe,1} =$ -1,10	$c_{pe,mezilehlé} =$ -1,52	
oblast D	$c_{pe,10} =$ 0,80	$c_{pe,1} =$ 1,00	$c_{pe,mezilehlé} =$ 0,70	
oblast E	$c_{pe,10} =$ -0,50	$c_{pe,1} =$ -0,50	$c_{pe,mezilehlé} =$ -0,50	
		$q_p(z_e) \cdot c_{pe}$	γ_Q	
$w_e(z_e)_A$	sání větru na vnějším povrchu kce	0,56 · -1,20	= -0,67 kN/m ²	1,50 -1,01 kN/m ²
$w_e(z_e)_B$	sání větru na vnějším povrchu kce	0,56 · -1,39	= -0,78 kN/m ²	1,50 -1,17 kN/m ²
$w_e(z_e)_D$	tlak větru na vnější povrch kce	0,56 · 0,80	= 0,45 kN/m ²	1,50 0,67 kN/m ²
$w_e(z_e)_E$	sání větru na vnějším povrchu kce	0,56 · -0,50	= -0,28 kN/m ²	1,50 -0,42 kN/m ²

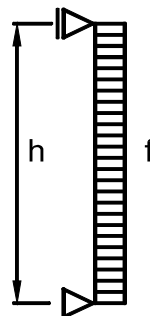
3.11 Návrh a posouzení sloupu ocelové konstrukce

Svislé zatížení		Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů			
$\gamma_G =$	1,35	$\gamma_Q =$	1,50	$\psi_{0,1} =$	0,70 $\xi_1 =$ 0,85
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} =$	1,50 · 0,70	= 1,05		
		zatěžovací plocha		γ_G	
stálé zatížení střechy	0,94 ·	3,50 · 1,95	= 6,42 kN		
stálé zatížení lávky	0,92 ·	1,20 · 1,95	= 2,14 kN		
tíha stěny	1,39 ·	2,90 · 6,30	= 25,30 kN		
G₁ stálé zatížení		33,87 kN		1,35	45,72 kN
				$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$	
proměnné zatížení střechy	2,00 ·	3,50 · 1,95	= 13,65 kN		
proměnné zatížení lávky	5,00 ·	1,20 · 1,95	= 11,70 kN		
Q₁ proměnné zatížení		25,35 kN		1,05	26,62 kN
F₁ celkové zatížení		59,22 kN		1,22	72,34 kN
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G =$	0,85 · 1,35	= 1,15		
				$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
G₂ stálé zatížení		33,87 kN		1,15	38,86 kN
				γ_Q	
Q₂ proměnné zatížení		25,35 kN		1,50	38,03 kN
F₂ celkové zatížení		59,22 kN		1,30	76,89 kN
Rozhodující kombinace:	kombinace 2		F_{max} =		76,89 kN
Příčné zatížení		zatěžovací šířka		γ	
q zatížení větrem	0,78 ·	2,90	= 2,26 kN/m	1,50	3,39 kN/m
f celkové zatížení		2,26 kN/m		1,50	3,39 kN/m

Schéma konstrukce

výška konstrukce

$$h = 6,00 \text{ m}$$

**Vnitřní síly a reakce**

$M =$	$1/8 \cdot f \cdot h^2$			
$M_q =$	$1/8 \cdot 2,26 \cdot 6,00^2$	$= 10,17 \text{ kNm}$	$1,50$	$= 15,26 \text{ kNm}$
celkový moment		$M_f = 10,17 \text{ kNm}$	$1,50$	$15,26 \text{ kNm}$
$V =$	$1/2 \cdot f \cdot h$			
$V_q =$	$1/2 \cdot 2,26 \cdot 6,00$	$= 6,78 \text{ kN}$	$1,50$	$= 10,17 \text{ kN}$
celková posouvající síla a reakce		$V_f = 6,78 \text{ kN}$	$1,50$	$10,17 \text{ kN}$

Pružná deformace

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{h^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{10,17}{210,00} \cdot \frac{6,00^2}{14,03}$$

$$w_q = 12,9 \text{ mm} < w_{\text{lim},q} = h / 400 = 15,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

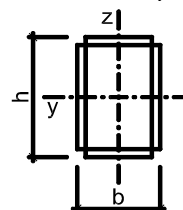
Zatížení	moment k ose y	$M_{yd} = 15,26 \text{ kNm}$	moment k ose z	$M_{zd} = 0,00 \text{ kNm}$
	normálová síla	$N_d = 76,89 \text{ kN}$	posouvající síla	$V_d = 10,17 \text{ kN}$

Návrh průřezu a oceli

Průřez	typ	TR čtvercová	Ocel	S 235	$f_y = 235,00 \text{ MPa}$
			E	$210,00 \text{ GPa}$	$\gamma_{M1} = 1,00$
			G	$81,00 \text{ GPa}$	$f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

výška průřezu	$h = 150 \text{ mm}$	
šířka průřezu	$b = 150 \text{ mm}$	
tlušťka plechu	$t = 8 \text{ mm}$	
plocha	$A = 4,29 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$	
smýková plocha	$A_{vz} = 2,14 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$	
moment setrvačnosti	$I_y = 14,03 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z = 14,03 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 57,20 \text{ mm}$	$i_z = 57,20 \text{ mm}$
průřezový modul	$W_y = 187,05 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$	$W_z = 187,05 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 224,05 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$	$W_{pl,z} = 224,05 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$
třída průřezu:	pro ohyb 3	pro tlak 3

**Geometrie**

vzpěrná délka k ose y-y	$L_{cr,y} = 6\,000 \text{ mm}$
vzpěrná délka k ose z-z	$L_{cr,z} = 6\,000 \text{ mm}$
vzpěrná délka na klopení	$L_{LT} = 0 \text{ mm}$

Podmínky

vzpěr nezajištěn

vzpěr nezajištěn

klopení zajištěné

Posouzení - MSÚ - Vliv smyku

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \frac{1}{2} = 2,14 \cdot 235,00 / 3 \frac{1}{2}$$

$$V_{pl,Rd} = 290,89 \text{ kN} > 2 \cdot V_d = 2 \cdot 10,17 = 20,34 \text{ kN}$$

účinek smykové síly se nemusí uvažovat

Posouzení - MSÚ - Kombinace ohybu a osového tlaku**Součinitel vzpěrnosti**

$$\chi_y = 0,48$$

$$\chi_z = 0,48$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,00$$

Pro jednoduchost ověřování pouze v pružné oblasti

$$\begin{aligned} C_{my} &= 0,90 & C_{mz} &= 0,90 & C_{mLT} &= 0,60 \\ k_{yy} &= 0,99 & k_{yz} &= 0,99 & k_{zy} &= 0,97 & k_{zz} &= 0,99 \end{aligned}$$

Posouzení pro třídu 3

$\frac{N_d}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}$	+	$\frac{k_{yy} \cdot M_{yd}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}}$	+	$\frac{k_{yz} \cdot M_{zd}}{W_z \cdot f_{yd}}$
$\frac{76,89}{0,48 \cdot 4,29 \cdot 235,00}$	+	$\frac{0,99 \cdot 15,26}{1,00 \cdot 187,05 \cdot 235,00}$	+	$\frac{0,99 \cdot 0,00}{187,05 \cdot 235,00}$
podmínka kombinace 1 0,16 + 0,34 + 0,00 = 0,50 < 1,00				
$\frac{N_d}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}}$	+	$\frac{k_{zy} \cdot M_{yd}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}}$	+	$\frac{k_{zz} \cdot M_{zd}}{W_z \cdot f_{yd}}$
$\frac{76,89}{0,48 \cdot 4,29 \cdot 235,00}$	+	$\frac{0,97 \cdot 15,26}{1,00 \cdot 187,05 \cdot 235,00}$	+	$\frac{0,99 \cdot 0,00}{187,05 \cdot 235,00}$
podmínka kombinace 2 0,16 + 0,34 + 0,00 = 0,50 < 1,00				

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

$$\begin{aligned} V_{pl,Rd} &= A_{vz} \cdot f_{yd} / 3 \cdot 1/2 = 2,14 \cdot 235,00 / 3 \cdot 1/2 \\ V_{pl,Rd} &= 290,89 \text{ kN} > V_d = 10,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

vyhovuje

3.12 Návrh a posouzení diagonály střešního ztužení

Zatížení zatěžovací plocha sklon

$$N_d = 0,78 \cdot 3,20 \cdot 2,90 / \cos 60^\circ = 14,46 \text{ kN} \quad 1,50 \quad 21,70 \text{ kN}$$

Návrh průřezu a oceli

Průřez typ **UPN** Ocel **S 235** $f_y = 235,00 \text{ MPa}$
 označení průřezu **120** $\gamma_{M1} = 1,00$ $f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
 složený průřez **samostatný průřez** třída průřezu: pro ohyb 1
 Průřezové charakteristiky pro **1 ks** pro tlak 1

výška průřezu	$h =$	120 mm	
šířka průřezu	$b =$	55 mm	
plocha	$A =$	$1,70 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$	
moment setrvačnosti	$I_y =$	$3,64 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z = 0,43 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y =$	46,20 mm	$i_z = 15,94 \text{ mm}$
vzdálenost těžišť	$y_e =$	39,00 mm	

Geometrie Vzpěrné délky $L_{cr,y} = 3\,900 \text{ mm}$ k ose y-y
 $L_{cr,z} = 3\,900 \text{ mm}$ k ose z-z

Posouzení - MSÚ - Tlak

Součinitelé vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \chi_y &= 0,60 & \chi_z &= 0,12 & \chi_{min} &= 0,12 & \text{rozhoduje vzpěr k ose z} \\ N_{b,Rd} &= \chi_{min} \cdot A \cdot f_{yd} = 0,12 \cdot 1,70 \cdot 235,00 \\ N_{b,Rd} &= 49,13 \text{ kN} > N_d = 21,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

vyhovuje

3.13 Návrh a posouzení diagonály stěnového ztužení

Zatížení zatěžovací plocha sklon

$$N_d = 0,78 \cdot 4,50 \cdot 2,90 / \cos 60^\circ = 20,34 \text{ kN} \quad 1,50 \quad 30,51 \text{ kN}$$

Návrh průřezu a oceli

Průřez typ **UPN** Ocel **S 235** $f_y = 235,00 \text{ MPa}$
 označení průřezu **120** $\gamma_{M1} = 1,00$ $f_{yd} = 235,00 \text{ MPa}$
 složený průřez **samostatný průřez** třída průřezu: pro ohyb 1 pro tlak 1

Průřezové charakteristiky pro 1 ks

	výška průřezu	$h =$	120 mm		
	šířka průřezu	$b =$	55 mm		
	plocha	$A =$	$1,70 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2$		
	moment setrvačnosti	$I_y =$	$3,64 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$	$I_z =$	$0,43 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4$
	poloměr setrvačnosti	$i_y =$	46,20 mm	$i_z =$	15,94 mm
	vzdálenost těžišť	$y_e =$	39,00 mm		
Geometrie	Vzpěrné délky	$L_{cr,y} =$	4 450 mm	k ose y-y	
		$L_{cr,z} =$	4 450 mm	k ose z-z	

Posouzení - MSÚ - Tlak

Součinitelé vzpěrnosti

$\chi_y = 0,53$	$\chi_z = 0,10$	$\chi_{min} = 0,10$	rozhoduje vzpěr k ose z
$N_{b,Rd} =$	$\chi_{min} \cdot A \cdot f_{yd} =$	$0,10 \cdot 1,70 \cdot 235,00$	
$N_{b,Rd} = 38,63 \text{ kN}$	$>$	$N_d = 30,51 \text{ kN}$	vyhovuje

3.14 Zatížení schodiště

Skladba schodiště	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
obklad	0,015	22,00	$= 0,33 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,45 kN/m ²
stupně	0,090	23,00	$= 2,07 \text{ kN/m}^2$	1,35	2,79 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,160	25,00	$= 4,00 \text{ kN/m}^2$	1,35	5,40 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	$= 0,36 \text{ kN/m}^2$	1,35	0,49 kN/m ²
g_1 celkem stálé zatížení - šikmý průmět			6,76 kN/m ²	1,35	9,13 kN/m ²
sklon schodiště	$\alpha = 33,00^\circ$				
g celkem stálé zatížení - svislý průmět		$6,76 / \cos 33^\circ =$	8,06 kN/m ²	1,35	10,88 kN/m ²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení	kategorie C3		5,00 kN/m ²	1,50	7,50 kN/m ²

3.15 Návrh a posouzení schodiště

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

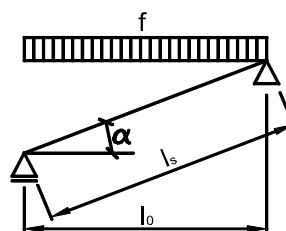
$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\Psi_{0,1} = 0,70$	$\xi_1 = 0,85$
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$		
	zatěžovací šířka	γ_G	
g_1 stálé zatížení	$8,06 \cdot 1,00 = 8,06 \text{ kN/m}$	1,35	10,88 kN/m
		$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1}$	
q_1 proměnné zatížení	$5,00 \cdot 1,00 = 5,00 \text{ kN/m}$	1,05	5,25 kN/m
f_1 celkové zatížení		13,06 kN/m	1,24 16,13 kN/m
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$		
	zatěžovací šířka	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	
g_2 stálé zatížení	$8,06 \cdot 1,00 = 8,06 \text{ kN/m}$	1,15	9,25 kN/m
		γ_Q	
q_2 proměnné zatížení	$5,00 \cdot 1,00 = 5,00 \text{ kN/m}$	1,50	7,50 kN/m
f_2 celkové zatížení		13,06 kN/m	1,28 16,75 kN/m

Rozhodující kombinace:

kombinace 2

Schéma konstrukce

rozpětí konstrukce	$l_0 = 3,30 \text{ m}$
úhel sklonu	$\alpha = 33^\circ$
délka nosníku	$l_s = 3,93 \text{ m}$



Vnitřní síly a reakce

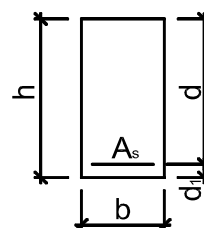
$M =$	$1/8 \cdot f \cdot l_0^2$						
$M_g =$	$1/8 \cdot 8,06 \cdot 3,30^2 =$	10,97 kNm	1,15	=	12,59 kNm		
$M_q =$	$1/8 \cdot 5,00 \cdot 3,30^2 =$	6,81 kNm	1,50	=	10,21 kNm		
celkový moment		$M_f =$	17,78 kNm	1,28		22,80 kNm	
$R =$	$1/2 \cdot f \cdot l_0$						
$R_g =$	$1/2 \cdot 8,06 \cdot 3,30 =$	13,30 kN	1,15	=	15,26 kN		
$R_q =$	$1/2 \cdot 5,00 \cdot 3,30 =$	8,25 kN	1,50	=	12,38 kN		
celková reakce		$R_f =$	21,55 kN	1,28		27,64 kN	
$N =$	$R \cdot \sin \alpha$						
$N_g =$	$13,30 \cdot \sin 33^\circ =$	7,24 kN	1,15	=	8,31 kN		
$N_q =$	$8,25 \cdot \sin 33^\circ =$	4,49 kN	1,50	=	6,74 kN		
celková normálová síla		$N_f =$	11,74 kN	1,28		15,05 kN	
$V =$	$R \cdot \cos \alpha$						
$V_g =$	$13,30 \cdot \cos 33^\circ =$	11,15 kN	1,15	=	12,80 kN		
$V_q =$	$8,25 \cdot \cos 33^\circ =$	6,92 kN	1,50	=	10,38 kN		
celková posouvající síla		$V_f =$	18,07 kN	1,28		23,18 kN	

Pružné deformace

$w_g =$	$\frac{5 \cdot M_g \cdot l_s^2}{48 \cdot E \cdot I} =$	$\frac{5 \cdot 10,97 \cdot 3,93^2}{48 \cdot 32,00 \cdot 341,33}$	
$w_g =$	1,6 mm		
$w_q =$	$\frac{5 \cdot M_q \cdot l_s^2}{48 \cdot E \cdot I} =$	$\frac{5 \cdot 6,81 \cdot 3,93^2}{48 \cdot 32,00 \cdot 341,33}$	
$w_q =$	1,0 mm		
$w_f =$	2,6 mm		

Zatížení $M_d = 22,80 \text{ kNm}$ $V_d = 23,18 \text{ kN}$ **Návrh průřezu, betonu**Rozměry $b = 1,00 \text{ m}$ $\gamma_c = 1,50$ $h = 0,16 \text{ m}$ $\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C30/ 37 $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$ $I_c = 341 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$ $A_c = 0,160 \text{ m}^2$ $\eta = 1,00$  $f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{cu3} = 3,50$ $\lambda = 0,80$ **Návrh ohybové výztuže** třída tažnostiVýztuž **B500 B** $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$ $\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b

8,00 ks $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$ $E_s = 200,00 \text{ GPa}$

Průměr výztuže

Ø10 $\varepsilon_{yd} = 2,17$ $\xi_{bal,1} = 0,62$

Krytí výztuže

 $c =$ **30 mm**

Plocha výztuže na b

 $A_{s,prov} = 628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $d_1 = 35 \text{ mm}$ $d = 125 \text{ mm}$ **Posouzení - MSÚ - Ohyb****Kontrola vyztužení** $A_{s1,min} = 163 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $A_{s,max} = 6400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ **Otlačení betonu** $M_{Rd} = 32,28 \text{ kNm}$ $>$ $M_d = 22,80 \text{ kNm}$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{8,06 + 0,30 \cdot 5,00}{8,06 + 5,00} = 0,73$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,73 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,73 \cdot 17,78 = 13,01 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistálé kombinace

$$w_{elqp} = 0,73 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,73 \cdot 2,63 = 1,9 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 3,30 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

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

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$$t (25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

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

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

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

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,35 \cdot 0,98 = 2,31$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,25 \cdot 0,98 = 3,20$$

Celkové poměrné smršťování

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0,000526 + 0,000050 = 0,0005762$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 341,33 = 10,92 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 9,66 \cdot 0,0003657 = 3,53 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 13,84 \text{ kNm}$$

>

$$M_{kqp} = 13,01 \text{ kNm}$$

trhliny se neočekávají

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 3,53 \cdot (1 - 0,50) + 1,10 \cdot 0,50 = 2,31 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot M_{cr,lt} / M_{kqp} = 1,9 \cdot 13,01 / 13,01 = 1,9 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot E_{cm} \cdot I_c / E_{c,eff} \cdot I_i = 1,9 \cdot 10,92 / 3,53 = 5,9 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 1,9 - 1,9 = 0,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,00 \cdot 10,92 / 2,31 = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 5,9 + 0,0 = 5,9 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00318 \cdot 3,30^2 = 3,1 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 3,30 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 5,9 + 3,1$$

$$w_{cel} = 9,0 \text{ mm} < w_{lim} = 13,2 \text{ mm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 13,01 \cdot 0,0455 / 0,000114$$

$$\sigma_c = 5,21 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{fr}$$

$$\sigma_x = 20,71 \cdot 13,01 \cdot 0,080 / 0,000114$$

$$\sigma_x = 188,57 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení $M_k = 17,78 \text{ kNm}$

$$M_{cr,lt} = 12,76 \text{ kNm} < M_k = 17,78 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,17 \text{ mm} < w_{lim} = 0,40 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

3.16 Zatížení stropu nad 1.PP

Strop pod venkovní částí

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
zemina	0,500	15,00	= 7,50 kN/m ²	1,35	10,13 kN/m ²
izolace	0,250	1,00	= 0,25 kN/m ²	1,35	0,34 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,220	25,00	= 5,50 kN/m ²	1,35	7,43 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			13,25 kN/m²	1,35	17,89 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení terasa			3,00 kN/m²	1,50	4,50 kN/m²
f celkové zatížení			16,25 kN/m²	1,38	22,39 kN/m²

Strop pod vnitřní částí

Skladba stropu	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
nášlapná vrstva	0,015	22,00	= 0,33 kN/m ²	1,35	0,45 kN/m ²
betonová mazanina	0,050	23,00	= 1,15 kN/m ²	1,35	1,55 kN/m ²
izolace	0,100	2,00	= 0,20 kN/m ²	1,35	0,27 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,220	25,00	= 5,50 kN/m ²	1,35	7,43 kN/m ²
sádrokarton	0,013	8,50	= 0,11 kN/m ²	1,35	0,15 kN/m ²
g celkem stálé zatížení			7,29 kN/m²	1,35	9,84 kN/m²
Proměnné zatížení			charakteristické	γ_Q	návrhové
q užité zatížení kategorie C3			5,00 kN/m²	1,50	7,50 kN/m²
f celkové zatížení			12,29 kN/m²	1,41	17,34 kN/m²

3.17 Návrh a posouzení stropu nad 1.PP

3.17.a Strop pod venkovní částí - běžné místo

Zatížení	Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů				
$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\Psi_{0,1} = 0,70$	$\xi_1 = 0,85$		
Kombinace 1	$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$	zatěžovací šířka			
g₁ stálé zatížení	13,25	1,00	= 13,25 kN/m	γ_G	17,89 kN/m
q₁ proměnné zatížení	3,00	1,00	= 3,00 kN/m	$\gamma_Q \cdot \Psi_{0,1}$	3,15 kN/m
f₁ celkové zatížení			16,25 kN/m	1,29	21,04 kN/m
Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	zatěžovací šířka			
g₂ stálé zatížení	13,25	1,00	= 13,25 kN/m	$\xi_1 \cdot \gamma_G$	15,20 kN/m
q₂ proměnné zatížení	3,00	1,00	= 3,00 kN/m	γ_Q	4,50 kN/m
f₂ celkové zatížení			16,25 kN/m	1,21	19,70 kN/m

Rozhodující kombinace:

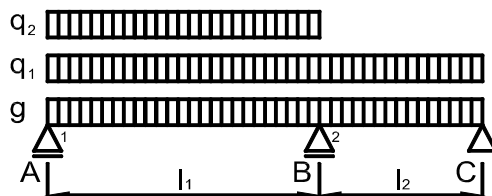
kombinace 1

Schéma konstrukce

$$l_1 = 4,60 \text{ m}$$

$$l_2 = 4,30 \text{ m}$$

$$l = 8,90 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce - Metoda rozdělování momentů - Crossova metoda

Maximální momenty a síly s kombinací užitečného zatížení v polích

styčnickový moment	stálé zatížení	$M_{2g} =$	32,91 kNm	1,35	=	44,43 kNm
	proměnné zatížení v obou polích	$M_{2q} =$	7,45 kNm	1,05	=	7,82 kNm
	celkový styčnickový moment	$M_{2f} =$	40,36 kNm	1,29		52,25 kNm
mezipodporový moment	stálé zatížení	$M_{ABg} =$	20,52 kNm	1,35	=	27,71 kNm
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$M_{ABq} =$	6,02 kNm	1,05	=	6,32 kNm
	celkový mezipodporový moment	$M_{ABf} =$	26,54 kNm	1,28		34,02 kNm
maximální posouvající síla u styčnicku	stálé zatížení	$Q_{21g} =$	37,63 kN	1,35	=	50,80 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$Q_{21q} =$	8,52 kN	1,05	=	8,95 kN
	celková posouvající síla	$Q_{21f} =$	46,15 kN	1,29		59,75 kN
reakce a posouvající síla v levé podpoře	stálé zatížení	$A_{1g} =$	23,32 kN	1,35	=	31,48 kN
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$A_{1q} =$	6,01 kN	1,05	=	6,31 kN
	celková reakce a posouvající síla	$A_{1f} =$	29,33 kN	1,29		37,79 kN
reakce ve střední podpoře	stálé zatížení	$B_{2g} =$	73,77 kN	1,35	=	99,59 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$B_{2q} =$	16,70 kN	1,05	=	17,54 kN
	celková reakce	$B_{2f} =$	90,47 kN	1,29		117,13 kN
reakce a posouvající síla v pravé podpoře	stálé zatížení	$C_{3g} =$	20,83 kN	1,35	=	28,13 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$C_{3q} =$	4,72 kN	1,05	=	4,95 kN
	celková reakce a posouvající síla	$C_{3f} =$	25,55 kN	1,29		33,08 kN

Pružné deformace - kombinace s užitným zatížením pouze v krajním poli

Hodnoty pro pootočení ve styčnicku:

$$\text{tuhosti prutů } k_{21} = 0,22 / \text{m}$$

$$k_{23} = 0,23 / \text{m}$$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro stálé zatížení

$$M_{sg} = 4,42 \text{ kNm}$$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro užitné z. v krajním poli

$$M_{sq} = 7,94 \text{ kNm}$$

$$w_g = \left(\frac{g \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sg}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_g = \left(\frac{13,25 \cdot 4,60^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,60 \cdot 4,42}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 887,33}$$

$$w_g = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_q = \left(\frac{q \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sq}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_q = \left(\frac{3,00 \cdot 4,60^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,60 \cdot 7,94}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 887,33}$$

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

$$w_f = 1,6 \text{ mm}$$

Průřez při horním lici - není třeba posoudit na účinek požáru

Zatížení $M_d = 52,25 \text{ kNm}$ $V_d = 59,75 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

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

$$\gamma_c = 1,50$$

$$h = 0,22 \text{ m}$$

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

Beton

C30/ 37

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

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

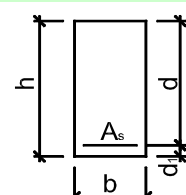
$$f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$I_c = 887 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

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

$$A_c = 0,220 \text{ m}^2$$

$$\eta = 1,00$$



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

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

$$\lambda = 0,80$$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	6,67 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø12	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = \mathbf{30 \text{ mm}}$	Plocha výztuže na b	$A_{s,prov} = 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
		$d_1 = 36 \text{ mm}$	$d = 184 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 239 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 8800 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 57,63 \text{ kNm} > M_d = 52,25 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 101,91 \text{ kN} > V_d = 59,75 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{13,25 + 0,50 \cdot 3,00}{13,25 + 3,00} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 40,36 = 36,64 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot 1,61 = 1,5 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 4,60 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

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

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

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

Začátek dotvarování (dny)

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

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

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

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,24 \cdot 0,98 = 2,20$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,09 \cdot 0,98 = 3,04$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000445 + 0,000050 = 0,0004948$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 887,33 = 28,39 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,01 \cdot 0,0009645 = 9,66 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 26,57 \text{ kNm} < M_{kqp} = 36,64 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 9,66 \cdot \left(1 - 0,74 \right) + 3,04 \cdot 0,74 = 4,78 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 1,5 \cdot \frac{26,57}{36,64} = 1,1 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 1,1 \cdot \frac{28,39}{9,66} = 3,1 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 1,5 - 1,1 = 0,4 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot E_{cm} \cdot I_c / B = 0,40 \cdot 28,39 / 4,78 = 2,4 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 3,1 + 2,4 = 5,5 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot 1/r_{cs} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00243 \cdot 4,60^2 = 4,6 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 4,60 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 5,5 + 4,6$$

$$w_{cel} = 10,1 \text{ mm} < w_{lim} = 18,4 \text{ mm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 36,64 \cdot 0,0609 / 0,000303$$

$$\sigma_c = 7,35 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 19,97 \cdot 36,64 \cdot 0,123 / 0,000303$$

$$\sigma_x = 296,84 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 40,36 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 24,24 \text{ kNm} <$$

$$M_k = 40,36 \text{ kNm}$$

trhliny se očekávají

$$w_k = 0,28 \text{ mm} <$$

$$w_{lim} = 0,40 \text{ mm}$$

šířka trhliny vyhovuje

Průřez při spodním lici - běžná teplota

Zatížení

$$M_d = 34,02 \text{ kNm}$$

$$V_d = 37,79 \text{ kN}$$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

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

$$\gamma_c = 1,50$$

$$h = 0,22 \text{ m}$$

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

Beton

C30/ 37

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

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

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

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

$$I_c = 887 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

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

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

$$A_c = 0,220 \text{ m}^2$$

$$\eta = 1,00$$

$$\lambda = 0,80$$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž

B500 B

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

$$\gamma_s = 1,15$$

Počet ks na b

6,67 ks

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

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

Průměr výztuže

Ø12

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

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

Krytí výztuže

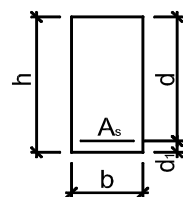
$$c = 50 \text{ mm}$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s,prov} = 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_1 = 56 \text{ mm}$$

$$d = 164 \text{ mm}$$



Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 213 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 8800 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

vyhovuje

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 51,07 \text{ kNm} > M_d = 34,02 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 94,39 \text{ kN} > V_d = 37,79 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{13,25 + 0,50 \cdot 3,00}{13,25 + 3,00} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 26,54 = 24,09 \text{ kNm}$$

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 24,09 \cdot 0,0573 / 0,000238$$

$$\sigma_c = 5,80 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 20,42 \cdot 24,09 \cdot 0,107 / 0,000238$$

$$\sigma_x = 220,53 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 23,90 \text{ kNm} < M_k = 26,54 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,22 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

Průřez při spodním líci - účinek požáru

Požární odolnost

$$t = R 180 \text{ min}$$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$$\xi = 0,85$$

Součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$$\psi_{fi} = 0,6$$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k}$$

$$\eta_{fi,1} = \frac{13,25 + 0,60 \cdot 3,00}{1,35 \cdot 13,25 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 3,00} = 0,72$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k}$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{13,25 + 0,60 \cdot 3,00}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 13,25 + 1,50 \cdot 3,00} = 0,76$$

$$\eta_{fi} = 0,72$$

Zatížení

$$M_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,72 \cdot 34,02 = 24,34 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,72 \cdot 37,79 = 27,04 \text{ kN}$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izotermie 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu

$$b = 1,000 \text{ m} > b_{min} = 0,200 \text{ m}$$

vyhovuje

Stanovení izotermie 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izotermie od hrany betonu

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

Průřez s vyloučením betonu vně izotermie 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$\begin{aligned} b_{fi} &= b - 0 \cdot z = 1,00 - 0,00 \cdot 0,050 = 1,000 \text{ m} \\ h_{fi} &= h - 1 \cdot z = 0,22 - 1,00 \cdot 0,050 = 0,170 \text{ m} \\ \gamma_{c,fi} &= 1,00 & \varepsilon_{cu3} &= 3,50 \\ f_{ck,fi} &= 30,00 \text{ MPa} & \lambda_{fi} &= 0,80 \\ f_{cd,fi} &= 30,00 \text{ MPa} & \eta_{fi} &= 1,00 \\ f_{ctm} &= 2,90 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 56 \text{ mm} \quad \theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

$$\begin{aligned} \text{Redukce pevnosti výztuže} & k_{s1,0,f} = 0,63 \\ \text{Redukce modulu pružnosti výztuže} & k_{s1,0,E} = 0,46 \\ \text{Počet ks na b} & 6,67 \text{ ks} & f_{yk1,fi} &= 312,50 \text{ MPa} & \gamma_{s,fi} &= 1,00 \\ \text{Průměr výztuže} & \varnothing 12 & f_{yd1,fi} &= 312,50 \text{ MPa} & E_{s1,fi} &= 91,00 \text{ GPa} \\ \text{Krytí výztuže} & c_{fi} = 0 \text{ mm} & \varepsilon_{yd1,fi} &= 3,43 & \xi_{bal,1,fi} &= 0,50 \\ & d_{1,fi} = 6 \text{ mm} & \text{Plocha výztuže na b} & A_{s1,fi} &= 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\ & & d_{fi} &= 164 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min,fi} = 213 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max,fi} = 6800 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 754 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd,fi} = 37,71 \text{ kNm} > M_{d,fi} = 24,34 \text{ kNm}$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c,fi} = 141,58 \text{ kN} > V_{d,fi} = 27,04 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

3.17.b Strop pod venkovní částí - v místě otvorů

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zatěžovací šířka

γ_G

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 13,25 \cdot 2,75 = 36,44 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 49,19 \text{ kN/m}$$

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 3,00 \cdot 2,75 = 8,25 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 8,66 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 44,69 \text{ kN/m} \quad 1,29 \quad 57,85 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

zatěžovací šířka

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 13,25 \cdot 2,75 = 36,44 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 41,81 \text{ kN/m}$$

γ_Q

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 3,00 \cdot 2,75 = 8,25 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 12,38 \text{ kN/m}$$

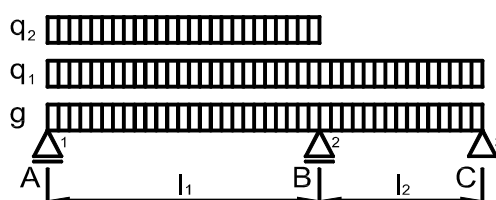
$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 44,69 \text{ kN/m} \quad 1,21 \quad 54,19 \text{ kN/m}$$

Rozhodující kombinace:

kombinace 1

Schéma konstrukce

$$\begin{aligned} l_1 &= 4,60 \text{ m} \\ l_2 &= 4,30 \text{ m} \\ l &= 8,90 \text{ m} \end{aligned}$$



Vnitřní síly a reakce - Metoda rozdělování momentů - Crossova metoda

Maximální momenty a síly s kombinací užitečného zatížení v polích

styčnickový moment	stálé zatížení	$M_{2g} =$	90,50 kNm	1,35	=	122,18 kNm
	proměnné zatížení v obou polích	$M_{2q} =$	20,49 kNm	1,05	=	21,52 kNm
celkový styčnickový moment		$M_{2f} =$	110,99 kNm	1,29		143,69 kNm
mezipodporový moment	stálé zatížení	$M_{ABg} =$	56,44 kNm	1,35	=	76,19 kNm
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$M_{ABq} =$	16,55 kNm	1,05	=	17,37 kNm
celkový mezipodporový moment		$M_{ABf} =$	72,98 kNm	1,28		93,56 kNm
maximální posouvající síla u styčnicku	stálé zatížení	$Q_{21g} =$	103,48 kN	1,35	=	139,70 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$Q_{21q} =$	23,43 kN	1,05	=	24,60 kN
celková posouvající síla		$Q_{21f} =$	126,91 kN	1,29		164,30 kN
reakce a posouvající síla v levé podpoře	stálé zatížení	$A_{1g} =$	64,13 kN	1,35	=	86,58 kN
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$A_{1q} =$	16,52 kN	1,05	=	17,35 kN
celková reakce a posouvající síla		$A_{1f} =$	80,66 kN	1,29		103,93 kN
reakce ve střední podpoře	stálé zatížení	$B_{2g} =$	202,87 kN	1,35	=	273,87 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$B_{2q} =$	45,93 kN	1,05	=	48,23 kN
celková reakce		$B_{2f} =$	248,80 kN	1,29		322,10 kN
reakce a posouvající síla v pravé podpoře	stálé zatížení	$C_{3g} =$	57,29 kN	1,35	=	77,35 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$C_{3q} =$	12,97 kN	1,05	=	13,62 kN
celková reakce a posouvající síla		$C_{3f} =$	70,27 kN	1,29		90,97 kN

Pružné deformace - kombinace s užitečným zatížením pouze v krajním poli

Hodnoty pro pootočení ve styčnicku:

tuhosti prutů $k_{21} = 0,22 / m$ $k_{23} = 0,23 / m$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro stálé zatížení

 $M_{sg} = 12,16 \text{ kNm}$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro užité z. v krajním poli

 $M_{sq} = 21,82 \text{ kNm}$

$$w_g = \left(\frac{g \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sg}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_g = \left(\frac{36,44 \cdot 4,60^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,60 \cdot 12,16}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 1331,00}$$

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

$$w_q = \left(\frac{q \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sq}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_q = \left(\frac{8,25 \cdot 4,60^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,60 \cdot 21,82}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 1331,00}$$

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

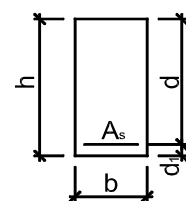
$$w_f = 3,0 \text{ mm}$$

Průřez při horním líci - není třeba posoudit na účinek požáruZatížení $M_d = 143,69 \text{ kNm}$ $V_d = 164,30 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry $b = 1,50 \text{ m}$ $h = 0,22 \text{ m}$ $\gamma_c = 1,50$ $\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C30/ 37 $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$ $I_c = 1331 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$ $A_c = 0,330 \text{ m}^2$ $\eta = 1,00$  $f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{cu3} = 3,50$ $\lambda = 0,80$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž **B500 B** $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$ $\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b

15,00 ks $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$ $E_s = 200,00 \text{ GPa}$

Průměr výztuže

Ø16 $\varepsilon_{yd} = 2,17$ $\xi_{bal,1} = 0,62$

Krytí výztuže

c = 30 mm

Plocha výztuže na b

 $A_{s,prov} = 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $d_1 = 38 \text{ mm}$ $d = 182 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 355 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 13200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 209,99 \text{ kNm} > M_d = 143,69 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 210,46 \text{ kN} > V_d = 164,30 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{36,44 + 0,50 \cdot 8,25}{36,44 + 8,25} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 110,99 = 100,75 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot 2,96 = 2,7 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 4,60 \text{ m}$$

Začátek smršťování (dny)

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

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\%$$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

$$t (25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

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

Charakter zatížení

$$\beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 3,00 \text{ m}$$

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,24 \cdot 0,98 = 2,20$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,09 \cdot 0,98 = 3,04$$

Celkové poměrné smršťování

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0,000445 + 0,000050 = 0,0004948$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 1331,00 = 42,59 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,01 \cdot 0,001595 = 15,97 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 46,78 \text{ kNm} < M_{kqp} = 100,75 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním

$$B = \frac{E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi}{1 - 0,89} = \frac{15,97 \cdot (1 - 0,89) + 8,74 \cdot 0,89}{1 - 0,89} = 9,52 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 2,7 \cdot \frac{46,78}{100,75} = 1,2 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 1,2 \cdot \frac{42,59}{15,97} = 3,3 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 2,7 - 1,2 = 1,4 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 1,44 \cdot \frac{42,59}{9,52} = 6,4 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 3,3 + 6,4 = 9,8 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

Návrh výztuže na smršťování při opačném lici

Počet ks na b

7,50 ks

$$A_{s2} = 1508 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Průměr výztuže

Ø16

$$k = 0,0625$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,063 \cdot 0,00308 \cdot 4,60^2 = 4,1 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 4,60 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 9,8 + 4,1$$

$$w_{cel} = 13,8 \text{ mm} < w_{lim} = 18,4 \text{ mm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 100,75 \cdot 0,0872 / 0,000873$$

$$\sigma_c = 10,07 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 19,97 \cdot 100,75 \cdot 0,095 / 0,000873$$

$$\sigma_x = 218,45 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 110,99 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 38,30 \text{ kNm} <$$

$$M_k = 110,99 \text{ kNm}$$

trhliny se očekávají

$$w_k = 0,16 \text{ mm} <$$

$$w_{lim} = 0,40 \text{ mm}$$

šířka trhliny vyhovuje

Průřez při spodním lici - běžná teplota

Zatížení

$$M_d = 93,56 \text{ kNm}$$

$$V_d = 103,93 \text{ kN}$$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

$$b = 1,50 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$h = 0,22 \text{ m}$$

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

Beton

C30/ 37

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

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

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

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

$$I_c = 1331 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

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

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

$$A_c = 0,330 \text{ m}^2$$

$$\eta = 1,00$$

$$\lambda = 0,80$$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž

B500 B

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

$$\gamma_s = 1,15$$

Počet ks na b

15,00 ks

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

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

Průměr výztuže

Ø16

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

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

Krytí výztuže

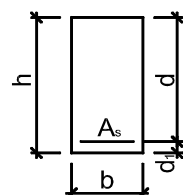
$$c = 50 \text{ mm}$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s,prov} = 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_1 = 58 \text{ mm}$$

$$d = 162 \text{ mm}$$



Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 316 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 13200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

vyhovuje

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 183,77 \text{ kNm} > M_d = 93,56 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 194,74 \text{ kN} > V_d = 103,93 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{36,44 + 0,50 \cdot 8,25}{36,44 + 8,25} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 72,98 = 66,25 \text{ kNm}$$

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 66,25 \cdot 0,0812 / 0,000667$$

$$\sigma_c = 8,06 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 20,28 \cdot 66,25 \cdot 0,081 / 0,000667$$

$$\sigma_x = 162,78 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 36,97 \text{ kNm} < M_k = 72,98 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,16 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

Průřez při spodním líci - účinek požáru

Požární odolnost

$$t = R 180 \text{ min}$$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$$\xi = 0,85$$

Součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$$\psi_{fi} = 0,6$$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k}$$

$$\eta_{fi,1} = \frac{36,44 + 0,60 \cdot 8,25}{1,35 \cdot 36,44 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 8,25} = 0,72$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k}$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{36,44 + 0,60 \cdot 8,25}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 36,44 + 1,50 \cdot 8,25} = 0,76$$

$$\eta_{fi} = 0,72$$

Zatížení

$$M_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,72 \cdot 93,56 = 66,94 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,72 \cdot 103,93 = 74,35 \text{ kN}$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izotermie 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu

$$b = 1,500 \text{ m} > b_{min} = 0,200 \text{ m}$$

vyhovuje

Stanovení izotermie 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izotermie od hrany betonu

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

Průřez s vyloučením betonu vně izotermie 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$\begin{aligned} b_{fi} &= b - 1 \cdot z = 1,50 - 1,00 \cdot 0,050 = 1,450 \text{ m} \\ h_{fi} &= h - 1 \cdot z = 0,22 - 1,00 \cdot 0,050 = 0,170 \text{ m} \\ \gamma_{c,fi} &= 1,00 & \varepsilon_{cu3} &= 3,50 \\ f_{ck,fi} &= 30,00 \text{ MPa} & \lambda_{fi} &= 0,80 \\ f_{cd,fi} &= 30,00 \text{ MPa} & \eta_{fi} &= 1,00 \\ f_{ctm} &= 2,90 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 58 \text{ mm} \quad \theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

$$\begin{aligned} \text{Redukce pevnosti výztuže} & k_{s1,0,f} = 0,63 \\ \text{Redukce modulu pružnosti výztuže} & k_{s1,0,E} = 0,46 \\ \text{Počet ks na b} & 15,00 \text{ ks} & f_{yk1,fi} &= 312,50 \text{ MPa} & \gamma_{s,fi} &= 1,00 \\ \text{Průměr výztuže} & \text{Ø16} & f_{yd1,fi} &= 312,50 \text{ MPa} & E_{s1,fi} &= 91,00 \text{ GPa} \\ \text{Krytí výztuže} & c_{fi} = 0 \text{ mm} & \varepsilon_{yd1,fi} &= 3,43 & \xi_{bal,1,fi} &= 0,50 \\ & d_{1,fi} = 8 \text{ mm} & \text{Plocha výztuže na b} & A_{s1,fi} &= 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\ & & d_{fi} &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min,fi} = 305 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max,fi} = 9860 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 3016 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd,fi} = 142,47 \text{ kNm} > M_{d,fi} = 66,94 \text{ kNm}$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c,fi} = 285,59 \text{ kN} > V_{d,fi} = 74,35 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

3.17.c Strop pod vnitřní částí

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05 \quad \gamma_G$$

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 7,29 \text{ kN/m}^2 \quad 1,35 \quad 9,84 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad 1,05 \quad 5,25 \text{ kN/m}^2$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 12,29 \text{ kN/m}^2 \quad 1,23 \quad 15,09 \text{ kN/m}^2$$

Kombinace 2

$$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15 \quad \xi_1 \cdot \gamma_G$$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 7,29 \text{ kN/m}^2 \quad 1,15 \quad 8,37 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_Q$$

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad 1,50 \quad 7,50 \text{ kN/m}^2$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 12,29 \text{ kN/m}^2 \quad 1,29 \quad 15,87 \text{ kN/m}^2$$

Rozhodující kombinace pro uvažování součinitelů zatížení pro výpočetní model:

kombinace 2

Schéma konstrukce

Materiál beton

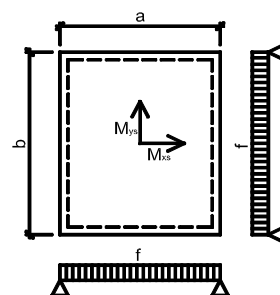
Poissonův součinitel $\mu = 0,15$

geometrie desky $a = 4,50 \text{ m}$

$b = 5,30 \text{ m}$

zaokrouhlený poměr a/b $\gamma = 0,80$

Násobné faktory dle tabulek Bareš



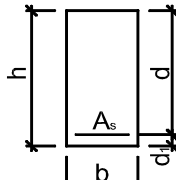
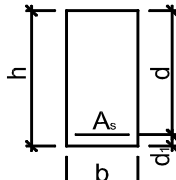
Vnitřní síly

$M_{xs} =$ nás. faktor	.	f	.	a^2				
$M_{gxs} =$	0,0611	.	7,29	.	$4,50^2$	$=$	9,02 kNm	1,15 $=$ 10,35 kNm
$M_{qxs} =$	0,0611	.	5,00	.	$4,50^2$	$=$	6,19 kNm	1,50 $=$ 9,28 kNm
celkový moment				$M_{fxs} =$	15,21 kNm	1,29	19,63 kNm	
$M_{ys} =$ nás. faktor	.	f	.	b^2				
$M_{gys} =$	0,0269	.	7,29	.	$5,30^2$	$=$	5,51 kNm	1,15 $=$ 6,32 kNm
$M_{qys} =$	0,0269	.	5,00	.	$5,30^2$	$=$	3,78 kNm	1,50 $=$ 5,67 kNm
celkový moment				$M_{fys} =$	9,29 kNm	1,29	11,99 kNm	

Pružné deformace

$w_g =$ násobný faktor	.	$\frac{g}{E}$	.	$\frac{a^4}{h^3}$	$=$	0,0708	.	$\frac{7,29}{32,00}$	.	$\frac{4,50^4}{0,22^3}$
$w_g =$	0,6 mm									
$w_q =$ násobný faktor	.	$\frac{q}{E}$	.	$\frac{a^4}{h^3}$	$=$	0,0708	.	$\frac{5,00}{32,00}$	.	$\frac{4,50^4}{0,22^3}$
$w_q =$	0,4 mm									
$w_f =$	1,0 mm									

Běžná teplota

Zatížení	$M_d = 19,63$ kNm	$V_d = 0,00$ kN	
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	$b = 1,00$ m	$\gamma_c = 1,50$	
	$h = 0,22$ m	$\alpha_{cc} = 1,0$	
Beton	C30/ 37	$f_{ck} = 30,00$ MPa	
	$E_{cm} = 32,00$ GPa	$f_{ctm} = 2,90$ MPa	
	$I_c = 887 \cdot 10^{-6}$ m ⁴	$f_{cm} = 45,00$ MPa	
	$A_c = 0,220$ m ²	$\eta = 1,00$	
Návrh ohybové výztuže	třída tažnosti		
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00$ MPa	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	5,00 ks	$f_{yd} = 434,78$ MPa	$E_s = 200,00$ GPa
Průměr výztuže	Ø10	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 60$ mm	Plocha výztuže na b	$A_{s,prov} = 393 \cdot 10^{-6}$ m ²
		$d_1 = 65$ mm	$d = 155$ mm

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$A_{s1,min} = 202 \cdot 10^{-6}$ m ²	<	$393 \cdot 10^{-6}$ m ²
$A_{s,max} = 8800 \cdot 10^{-6}$ m ²	>	$393 \cdot 10^{-6}$ m ²

Otlačení betonu

$M_{Rd} = 25,74$ kNm	>	$M_d = 19,63$ kNm
----------------------	---	-------------------

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$G + \psi_2 \cdot Q$	$=$	$\frac{7,29 + 0,50 \cdot 5,00}{7,29 + 5,00}$	$= 0,80$
Moment od zatížení kvazistálé kombinace	$M_{kqp} =$	$0,80 \cdot M_k$	
	$M_{kqp} =$	$0,80 \cdot 15,21$	$= 12,11$ kNm
Průžná deformace od kvazistálé kombinace	$w_{elqp} =$	$0,80 \cdot w_{el}$	
	$w_{elqp} =$	$0,80 \cdot 1,05$	$= 0,8$ mm

Rozpětí konstrukce	$l = 4,50 \text{ m}$	Začátek smršťování (dny)	$t_{0,s} = 5$
Prostředí :relativní vlhkost	$RH = 50\%$	Vyšetřovaný okamžik (dny)	$t (25 \text{ let}) = 9\,125$
Začátek dotvarování (dny)	$t_{0,c} = 28$	Charakter zatížení	$\beta = 0,50$
Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí	$u = 2,00 \text{ m}$		

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,24 \cdot 0,98 = 2,20$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,09 \cdot 0,98 = 3,04$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000445 + 0,000050 = 0,0004948$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 887,33 = 28,39 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarování

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,01 \cdot 0,0009027 = 9,04 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 24,14 \text{ kNm} > M_{kqp} = 12,11 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarování

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 9,04 \cdot \left(1 - 0,50 \right) + 1,25 \cdot 0,50 = 5,14 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 0,8 \cdot \frac{12,11}{12,11} = 0,8 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 0,8 \cdot \frac{28,39}{9,04} = 2,6 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

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

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 0,00 \cdot \frac{28,39}{5,14} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 2,6 + 0,0 = 2,6 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00189 \cdot 4,50^2 = 3,4 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 4,50 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 2,6 + 3,4$$

$$w_{cel} = 6,0 \text{ mm} < w_{lim} = 18,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 12,11 \cdot 0,0421 / 0,000125$$

$$\sigma_c = 4,08 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 19,97 \cdot 12,11 \cdot 0,113 / 0,000125$$

$$\sigma_x = 218,82 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 15,21 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 23,59 \text{ kNm} > M_k = 15,21 \text{ kNm}$$

trhliny se neočekávají

$$w_k = 0,00 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm}$$

šířka trhliny vyhovuje

Účinek požáru

Požární odolnost

$t = R\ 180\ min$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$\xi = 0,85$

Součinitel pro proměnné zatížení

$\psi_{0,1} = 0,70$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$\psi_{fi} = 0,6$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k} = \frac{7,29 + 0,60 \cdot 5,00}{1,35 \cdot 7,29 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 5,00} = 0,68$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k} = \frac{7,29 + 0,60 \cdot 5,00}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 7,29 + 1,50 \cdot 5,00} = 0,65$$

$$\eta_{fi} = 0,65$$

Zatížení

$$M_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,65 \cdot 19,63 = 12,73\ kNm$$

$$V_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,65 \cdot 0,00 = 0,00\ kN$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izotermie 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu

$b = 1,000\ m$

$>$

$b_{min} = 0,200\ m$

vyhovuje

Stanovení izotermie 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izotermie od hrany betonu

$z = 50\ mm$

Průřez s vyloučením betonu vně izotermie 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$b_{fi} = b - 0 \cdot z = 1,00 - 0,00 \cdot 0,050 = 1,000\ m$$

$$h_{fi} = h - 1 \cdot z = 0,22 - 1,00 \cdot 0,050 = 0,170\ m$$

$$\gamma_{c,fi} = 1,00 \quad \epsilon_{cu3} = 3,50$$

$$f_{ck,fi} = 30,00\ MPa \quad \lambda_{fi} = 0,80$$

$$f_{cd,fi} = 30,00\ MPa \quad \eta_{fi} = 1,00$$

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

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 65\ mm$$

$$\theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

Redukce pevnosti výztuže

$$k_{s1,0,f} = 0,63$$

Redukce modulu pružnosti výztuže

$$k_{s1,0,E} = 0,46$$

Počet ks na b

5,00 ks

$$f_{yk1,fi} = 312,50\ MPa$$

$$\gamma_{s,fi} = 1,00$$

Průměr výztuže

Ø10

$$f_{yd1,fi} = 312,50\ MPa$$

$$E_{s1,fi} = 91,00\ GPa$$

Krytí výztuže

$$c_{fi} = 10\ mm$$

$$\epsilon_{yd1,fi} = 3,43$$

$$\xi_{bal,1,fi} = 0,50$$

$$d_{1,fi} = 15\ mm$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s1,fi} = 393 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

$$d_{fi} = 155\ mm$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min,fi} = 202 \cdot 10^{-6}\ m^2 < 393 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

$$A_{s,max,fi} = 6800 \cdot 10^{-6}\ m^2 > 393 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd,fi} = 18,77\ kNm > M_{d,fi} = 12,73\ kNm$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

3.18 Návrh a posouzení trámu stropu nad 1.PP

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$

γ_G

reakce spojitého nosníku desky od stálého zatížení 73,77 kN/m

průřez trámu

vlastní tíha $25,00 \cdot 0,35 \cdot 0,67 = 5,86 \text{ kN/m}$

g₁ stálé zatížení 79,63 kN/m 1,35 107,50 kN/m

$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$

q₁ proměnné zatížení 16,70 kN/m 1,05 17,54 kN/m

f₁ celkové zatížení **96,34 kN/m 1,30 125,04 kN/m**

Kombinace 2 $\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$

$\xi_1 \cdot \gamma_G$

g₂ stálé zatížení 79,63 kN/m 1,15 91,38 kN/m

γ_Q

q₂ proměnné zatížení 16,70 kN/m 1,50 25,05 kN/m

f₂ celkové zatížení **96,34 kN/m 1,21 116,43 kN/m**

Rozhodující kombinace:

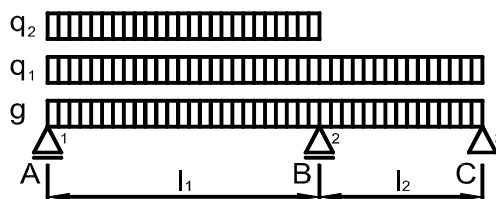
kombinace 1

Schéma konstrukce

$l_1 = 5,90 \text{ m}$

$l_2 = 4,10 \text{ m}$

$l = 10,00 \text{ m}$



Vnitřní síly a reakce - Metoda rozdělování momentů - Crossova metoda

Maximální momenty a síly s kombinací užitečného zatížení v polích

styčnickový moment	stálé zatížení	$M_{2g} = 273,04 \text{ kNm}$	1,35	=	368,60 kNm
	proměnné zatížení v obou polích	$M_{2q} = 57,27 \text{ kNm}$	1,05	=	60,13 kNm
	celkový styčnickový moment	$M_{2f} = 330,31 \text{ kNm}$	1,30		428,74 kNm
mezipodporový moment	stálé zatížení	$M_{ABg} = 223,43 \text{ kNm}$	1,35	=	301,63 kNm
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$M_{ABq} = 52,82 \text{ kNm}$	1,05	=	55,46 kNm
	celkový mezipodporový moment	$M_{ABf} = 276,25 \text{ kNm}$	1,29		357,09 kNm
maximální posouvající síla u styčnicku	stálé zatížení	$Q_{21g} = 281,19 \text{ kN}$	1,35	=	379,61 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$Q_{21q} = 58,98 \text{ kN}$	1,05	=	61,93 kN
	celková posouvající síla	$Q_{21f} = 340,17 \text{ kN}$	1,30		441,54 kN
reakce a posouvající síla v levé podpoře	stálé zatížení	$A_{1g} = 188,64 \text{ kN}$	1,35	=	254,66 kN
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$A_{1q} = 42,01 \text{ kN}$	1,05	=	44,11 kN
	celková reakce a posouvající síla	$A_{1f} = 230,64 \text{ kN}$	1,30		298,77 kN
reakce ve střední podpoře	stálé zatížení	$B_{2g} = 511,04 \text{ kN}$	1,35	=	689,90 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$B_{2q} = 107,19 \text{ kN}$	1,05	=	112,55 kN
	celková reakce	$B_{2f} = 618,23 \text{ kN}$	1,30		802,45 kN
reakce a posouvající síla v pravé podpoře	stálé zatížení	$C_{3g} = 96,65 \text{ kN}$	1,35	=	130,48 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$C_{3q} = 20,27 \text{ kN}$	1,05	=	21,29 kN
	celková reakce a posouvající síla	$C_{3f} = 116,92 \text{ kN}$	1,30		151,77 kN

Pružné deformace - kombinace s užitným zatížením pouze v krajním poli

Hodnoty pro pootočení ve styčniku: tuhosti prutů $k_{21} = 0,17 / m$ $k_{23} = 0,24 / m$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčniku pro stálé zatížení $M_{sg} = 179,17 \text{ kNm}$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčniku pro užitné z. v krajním poli $M_{sq} = 72,68 \text{ kNm}$

$$w_g = \left(\frac{g \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sg}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_g = \left(\frac{79,63 \cdot 5,90}{192} + \frac{1 \cdot 5,90 \cdot 179,17}{16 \cdot (0,17 + 0,24)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 8772,25}$$

$$w_g = 2,4 \text{ mm}$$

$$w_q = \left(\frac{q \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sq}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

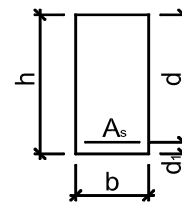
$$w_q = \left(\frac{16,70 \cdot 5,90}{192} + \frac{1 \cdot 5,90 \cdot 72,68}{16 \cdot (0,17 + 0,24)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 8772,25}$$

$$w_q = 0,6 \text{ mm}$$

$$w_r = 3,0 \text{ mm}$$

Průřez při horním líci - není třeba posoudit na účinek požáru

Zatížení	$M_d = 428,74 \text{ kNm}$	$V_d = 441,54 \text{ kN}$	
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	$b = 0,35 \text{ m}$ $h = 0,67 \text{ m}$	$\gamma_c = 1,50$ $\alpha_{cc} = 1,0$	
Beton	C30/ 37 $E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$ $I_c = 8772 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $A_c = 0,235 \text{ m}^2$	$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$ $f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$ $\eta = 1,00$	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{cu3} = 3,50$ $\lambda = 0,80$
Návrh ohybové výztuže	třída tažnosti		
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	3,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø28	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 40 \text{ mm}$	Plocha výztuže na b $d_1 = 54 \text{ mm}$	$A_{s,prov} = 1847 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $d = 616 \text{ mm}$



Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 280 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 1847 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 9380 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 1847 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 448,67 \text{ kNm} > M_d = 428,74 \text{ kNm}$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

ohybová výztuž **zakotvená za místem smykové síly min. 100mm**

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 119,86 \text{ kN} < V_d = 441,54 \text{ kN}$$

nutné vyztužit průřez smykovou výztuží!

Návrh smykové výztuže

Průměr výztuže **Ø10** $A_{sw} = 157 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Střížnost **2** sklon třmínků: $\alpha = 90,00^\circ$

vzdálenost tř. $s = 150 \text{ mm}$ vliv tlakové síly: $\alpha_{cw} = 1,00$

Kontrola vzdálenosti třmínků $s_{max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$

$s_{max} = 0,75 \cdot 616 \cdot (1 + 0,00)$

Vzdálenost třmínků $s_{max} = 400 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ **vyhovuje**

Omezení smyk. vyztužení $\rho_w = 0,00299 > 0,00088$ **vyhovuje**

Únosnost tlakových diagonál

$$V_{Rd,max} = 706,57 \text{ kN} > V_d = 441,54 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Únosnost smykové výztuže v šikmé trhlíně

$$V_{Rd,s} = 631,05 \text{ kN} > V_d = 441,54 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{79,63 + 0,50 \cdot 16,70}{79,63 + 16,70} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 330,31 = 301,68 \text{ kNm}$$

Průžná deformace od kvazistálé kombinace

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot w_{el}$$

$$w_{elqp} = 0,91 \cdot 2,97 = 2,7 \text{ mm}$$

Rozpětí konstrukce

$$l = 5,90 \text{ m} \quad \text{Začátek smršťování (dny)} \quad t_{0,s} = 5$$

Prostředí :relativní vlhkost

$$RH = 50\% \quad \text{Vyšetřovaný okamžik (dny)} \quad t(25 \text{ let}) = 9 \text{ 125}$$

Začátek dotvarování (dny)

$$t_{0,c} = 28 \quad \text{Charakter zatížení} \quad \beta = 0,50$$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2,04 \text{ m}$$

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,22 \cdot 0,98 = 2,18$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 3,07 \cdot 0,98 = 3,02$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000444 + 0,000050 = 0,0004944$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 8772,25 = 280,71 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,06 \cdot 0,0112787 = 113,50 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 110,14 \text{ kNm} < M_{kqp} = 301,68 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = \frac{E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi)}{E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi} + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 113,50 \cdot (1 - 0,93) + 67,34 \cdot 0,93 = 70,41 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlín

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 2,7 \cdot \frac{110,14}{301,68} = 1,0 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlín s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 1,0 \cdot \frac{280,71}{113,50} = 2,4 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlín

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 2,7 - 1,0 = 1,7 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlín s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 1,72 \cdot \frac{280,71}{70,41} = 6,9 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 2,4 + 6,9 = 9,3 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0,089$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,089 \cdot 0,00092 \cdot 5,90^2 = 2,9 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 5,90 / 250$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 9,3 + 2,9$$

$$w_{cel} = 12,2 \text{ mm} < w_{lim} = 23,6 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot x = 301,68 \cdot 0,2696 / 0,006691$$

$$\sigma_c = 12,15 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot (d - x) = 19,87 \cdot 301,68 \cdot 0,346 / 0,006691$$

$$\sigma_x = 310,39 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

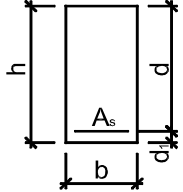
Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení $M_k = 330,31 \text{ kNm}$

$M_{cr,lt} = 85,14 \text{ kNm} < M_k = 330,31 \text{ kNm}$ trhliny se očekávají

$w_k = 0,36 \text{ mm} < w_{lim} = 0,40 \text{ mm}$ šířka trhliny vyhovuje

Průřez při spodním líci - běžná teplota

Zatížení	$M_d = 357,09 \text{ kNm}$	$V_d = 298,77 \text{ kN}$	
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	$b = 0,35 \text{ m}$ $h = 0,67 \text{ m}$	$\gamma_c = 1,50$ $\alpha_{cc} = 1,0$	
Beton	C30/ 37 $E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$ $I_c = 8772 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $A_c = 0,235 \text{ m}^2$	$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$ $f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$ $\eta = 1,00$	
		$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{cu3} = 3,50$ $\lambda = 0,80$	
Návrh ohybové výztuže	třída tažnosti		
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	4,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø28	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 60 \text{ mm}$	Plocha výztuže na b $d_1 = 74 \text{ mm}$	$A_{s,prov} = 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $d = 596 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min} = 271 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 9380 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

vyhovuje

Otlačení betonu

$$M_{Rd} = 556,33 \text{ kNm} > M_d = 357,09 \text{ kNm}$$

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c} = 129,83 \text{ kN} < V_d = 298,77 \text{ kN}$$

nutné vyztužit průřez smykovou výztuží!

Návrh smykové výztuže

Průměr výztuže **Ø10** $A_{sw} = 157 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Střížnost **2** sklon třmínků: $\alpha = 90,00^\circ$

vzdálenost tř. $s = 150 \text{ mm}$ vliv tlakové síly: $\alpha_{cw} = 1,00$

Kontrola vzdálenosti třmínků $s_{max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha)$

$s_{max} = 0,75 \cdot 596 \cdot (1 + 0,00)$

Vzdálenost třmínků $s_{max} = 400 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ vyhovuje

Omezení smyk. vyztužení $\rho_w = 0,00299 > 0,00088$ vyhovuje

Únosnost tlakových diagonál

$$V_{Rd,max} = 683,63 \text{ kN} > V_d = 298,77 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Únosnost smykové výztuže v šikmé trhlíně

$$V_{Rd,s} = 610,56 \text{ kN} > V_d = 298,77 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{79,63 + 0,50 \cdot 16,70}{79,63 + 16,70} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$
$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 276,25 = 252,30 \text{ kNm}$$

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 252,30 \cdot 0,2917 / 0,007428$$

$$\sigma_c = 9,91 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_s = 19,87 \cdot 252,30 \cdot 0,304 / 0,007428$$

$$\sigma_s = 205,38 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 276,25 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 86,70 \text{ kNm} < M_k = 276,25 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,28 \text{ mm} < w_{lim} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{trhliny se očekávají šířka trhliny vyhovuje}$$

Průřez při spodním líci - účinek požáru

Požární odolnost

$$t = R 180 \text{ min}$$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$$\xi = 0,85$$

Součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$$\psi_{fi} = 0,6$$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k} = \frac{79,63 + 0,60 \cdot 16,70}{1,35 \cdot 79,63 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 16,70} = 0,72$$
$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k} = \frac{79,63 + 0,60 \cdot 16,70}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 79,63 + 1,50 \cdot 16,70} = 0,77$$
$$\eta_{fi} = 0,72$$

Zatížení

$$M_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,72 \cdot 357,09 = 256,03 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,72 \cdot 298,77 = 214,21 \text{ kN}$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izotermie 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu

$$b = 0,350 \text{ m} > b_{min} = 0,200 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

Stanovení izotermie 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izotermie od hrany betonu

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

Průřez s vyloučením betonu vně izotermie 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$b_{fi} = b - 0 \cdot z = 0,35 - 0,00 \cdot 0,050 = 0,350 \text{ m}$$

$$h_{fi} = h - 1 \cdot z = 0,67 - 1,00 \cdot 0,050 = 0,620 \text{ m}$$

$$\gamma_{c,fi} = 1,00 \quad \epsilon_{cu3} = 3,50$$

$$f_{ck,fi} = 30,00 \text{ MPa} \quad \lambda_{fi} = 0,80$$

$$f_{cd,fi} = 30,00 \text{ MPa} \quad \eta_{fi} = 1,00$$

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

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 74 \text{ mm} \quad \theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

$$\text{Redukce pevnosti výztuže} \quad k_{s1,0,f} = 0,63$$

$$\text{Redukce modulu pružnosti výztuže} \quad k_{s1,0,E} = 0,46$$

$$\text{Počet ks na b} \quad 4,00 \text{ ks} \quad f_{yk1,fi} = 312,50 \text{ MPa} \quad \gamma_{s,fi} = 1,00$$

$$\text{Průměr výztuže} \quad \varnothing 28 \quad f_{yd1,fi} = 312,50 \text{ MPa} \quad E_{s1,fi} = 91,00 \text{ GPa}$$

$$\text{Krytí výztuže} \quad c_{fi} = 10 \text{ mm} \quad \epsilon_{yd1,fi} = 3,43 \quad \xi_{bal,1,fi} = 0,50$$

$$d_{1,fi} = 24 \text{ mm} \quad \text{Plocha výztuže na b} \quad A_{s1,fi} = 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_{fi} = 596 \text{ mm}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min,fi} = 271 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max,fi} = 8680 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 2463 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Otlačení betonu

$$M_{Rd,fi} = 430,52 \text{ kNm} > M_{d,fi} = 256,03 \text{ kNm}$$

vyhovuje
vyhovuje
vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c,fi} = 194,75 \text{ kN} < V_{d,fi} = 214,21 \text{ kN}$$

nutné vyztužit průřez smykovou výztuží!

Návrh smykové výztuže

$$\text{Průměr výztuže} \quad \varnothing 10 \quad A_{sw} = 157 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Střížnost} \quad 2 \quad \text{sklon třmínků:} \quad \alpha = 90,00^\circ$$

$$\text{vzdálenost tř.} \quad s = 150 \text{ mm} \quad \text{vliv tlakové síly:} \quad \alpha_{cw} = 1,00$$

$$\text{Kontrola vzdálenosti třmínků} \quad s_{max,fi} = 0,75 \cdot d_{fi} \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 596 \cdot (1 + 0,00)$$

$$s_{max,fi} = 400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Vzdálenost třmínků} \quad s_{max,fi} = 400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Omezení smyk. vyztužení} \quad \rho_{w,fi} = 0,00299 > 0,00140 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Únosnost tlakových diagonál} \quad V_{Rd,max,fi} = 1025,45 \text{ kN} > V_{d,fi} = 214,21 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Únosnost smykové výztuže v šikmé trhlíně} \quad V_{Rd,s,fi} = 438,84 \text{ kN} > V_{d,fi} = 214,21 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.19 Návrh a posouzení pilíře

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

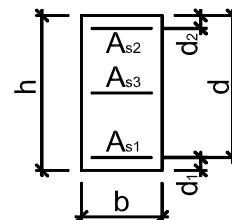
$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

	γ_G	$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$
G₁ stálé zatížení	511,04 kN	1,35 689,90 kN
Q₁ proměnné zatížení	107,19 kN	1,05 112,55 kN
F₁ celkové zatížení	618,23 kN	1,30 802,45 kN

Kombinace 2	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	
G₂ stálé zatížení	511,04 kN	$\xi_1 \cdot \gamma_G = 1,15$ 586,41 kN
Q₂ proměnné zatížení	107,19 kN	$\gamma_Q = 1,50$ 160,78 kN
F₂ celkové zatížení	618,23 kN	1,21 747,20 kN
Rozhodující kombinace: kombinace 1	F_{max} =	802,45 kN

Běžná teplota

Zatížení	$M_{d, top} = 0,00 \text{ kNm}$	moment v hlavě sloupu
	$M_{d, bot} = 0,00 \text{ kNm}$	moment v patě sloupu
	$N_d = 802,45 \text{ kN}$	normálová síla
	$V_d = 0,00 \text{ kN}$	smyková síla
	$M_k = 0,00 \text{ kNm}$	moment v patě od charakteristického zatížení



Poměr kvazistálé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{511,04 + 0,50 \cdot 107,19}{511,04 + 107,19} = 0,91$$

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot M_k$$

$$M_{kqp} = 0,91 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$

Návrh geometrie, průřezu, betonu

Výška	$l = 3,20 \text{ m}$	konstrukční výška sloupu
Rozměry	$b = 0,35 \text{ m}$	$\alpha_{cc} = 1,0$ $\gamma_c = 1,50$
	$h = 0,35 \text{ m}$	$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
Beton	C30/ 37	$f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$ $\varepsilon_{cu3} = 3,50$
	$E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$	$f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$ $\lambda = 0,80$
	$I_c = 1251 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$	$\eta = 1,00$
	$A_c = 0,123 \text{ m}^2$	

Návrh tahové výztuže třída tažnosti

Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$ $\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	3,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$ $E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø16	$\varepsilon_{yd} = 2,17$ $\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 80 \text{ mm}$	Plocha výztuže na b $A_{s1} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
	$d_1 = 88 \text{ mm}$	$d = 262 \text{ mm}$ $z_{s1} = 87 \text{ mm}$

Návrh tlakové výztuže

Počet ks na b	3,00 ks	Plocha výztuže na b $A_{s2} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
Průměr výztuže	Ø16	$d_2 = 88 \text{ mm}$ $\xi_{bal,2} = 2,64$
		$z_{s2} = 87 \text{ mm}$

Návrh vnitřní výztuže

Počet ks na b	2,00 ks	Plocha výztuže na b $A_{s3} = 402 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
Průměr výztuže	Ø16	$A_s = 1608 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Kontrola vyztužení**Účinná délka sloupu**

Rám se ztužujícími stěnami	uložení ve vrcholu: 3	
	uložení v patě: 3	$\beta = 1,00$

$$l_0 = \beta \cdot l = 1,00 \cdot 3,20 = 3,20 \text{ m}$$

$$\lambda_{lim} = 30,66 < \lambda = 31,67 \quad \text{nutné uvažovat účinek II.řádu}$$

Návrhové vnitřní síly	$N_d = 802,45 \text{ kN}$	$M_d = 32,44 \text{ kNm}$
------------------------------	---------------------------	---------------------------

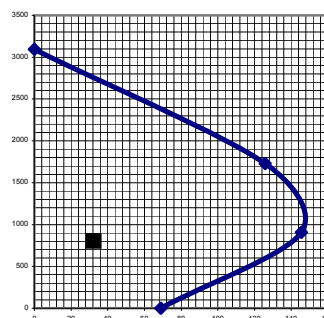
Body interakčního diagramu

Bod 0	$N_{Rd0} = 3093,40 \text{ kN}$	$M_{Rd0} = 0,00 \text{ kNm}$
Bod 1	$N_{Rd1} = 1729,45 \text{ kN}$	$M_{Rd1} = 125,81 \text{ kNm}$
Bod 2	$N_{Rdbal} = 905,05 \text{ kN}$	$M_{Rdbal} = 145,51 \text{ kNm}$
Bod 3	$N_{Rd} = 0,00 \text{ kN}$	$M_{Rd} = 68,86 \text{ kNm}$

Otlačení betonu

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Normálová síla a Moment



výslednice sil je v oblasti
interakčního diagramu, průřez
vyhovuje

Účinek požáru

Požární odolnost

$t = R 180 \text{ min}$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$\xi = 0,85$

Součinitel pro proměnné zatížení

$\psi_{0,1} = 0,70$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$\psi_{fi} = 0,6$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k} = \frac{511,04 + 0,60 \cdot 107,19}{1,35 \cdot 511,04 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 107,19} = 0,72$$

$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k} = \frac{511,04 + 0,60 \cdot 107,19}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 511,04 + 1,50 \cdot 107,19} = 0,77$$

$$\eta_{fi} = 0,72$$

Zatížení

$M_{d,top,fi}$	$= \eta_{fi} \cdot M_{d,top}$	$= 0,72 \cdot 0,00$	$= 0,00 \text{ kNm}$	moment v hlavě sloupu
$M_{d,bot,fi}$	$= \eta_{fi} \cdot M_{d,bot}$	$= 0,72 \cdot 0,00$	$= 0,00 \text{ kNm}$	moment v patě sloupu
$N_{d,fi}$	$= \eta_{fi} \cdot N_d$	$= 0,72 \cdot 802,45$	$= 575,35 \text{ kN}$	normálová síla
$V_{d,fi}$	$= \eta_{fi} \cdot V_d$	$= 0,72 \cdot 0,00$	$= 0,00 \text{ kN}$	smyková síla
$M_{k,fi}$	$= \eta_{fi} \cdot M_k$	$= 0,72 \cdot 0,00$	$= 0,00 \text{ kNm}$	moment v patě od char. zat.

Moment od zatížení kvazistálé kombinace

$$M_{kqp,fi} = 0,91 \cdot M_{k,fi}$$

$$M_{kqp,fi} = 0,91 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kNm}$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izoterm 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu

$$b = 0,350 \text{ m}$$

$$b_{min} = 0,200 \text{ m}$$

vyhovuje

Stanovení izoterm 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izoterm od hrany betonu

$$z = 85 \text{ mm}$$

Průřez s vyloučením betonu vně izoterm 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$b_{fi} = b - 2 \cdot z = 0,35 - 2 \cdot 0,085 = 0,180 \text{ m}$$

$$h_{fi} = h - 2 \cdot z = 0,35 - 2 \cdot 0,085 = 0,180 \text{ m}$$

$$A_c = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{c,fi} = 1,00$$

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

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

$$\lambda_{fi} = 0,80$$

$$f_{cd,fi} = 30,00 \text{ MPa}$$

$$\eta_{fi} = 1,00$$

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 88 \text{ mm}$$

$$\theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

Redukce pevnosti výztuže

$$k_{s1,0,f} = 0,63$$

Redukce modulu pružnosti výztuže

$$k_{s1,0,E} = 0,46$$

Počet ks na b

3,00 ks

$$f_{yk1,fi} = 312,50 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{s,fi} = 1,00$$

Průměr výztuže

Ø16

$$f_{yd1,fi} = 312,50 \text{ MPa}$$

$$E_{s1,fi} = 91,00 \text{ GPa}$$

Krytí výztuže

$$c_{fi} = -5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd1,fi} = 3,43$$

$$\xi_{bal,1,fi} = 0,50$$

$$d_{1,fi} = 3 \text{ mm}$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s1,fi} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$d_{fi} = 177 \text{ mm}$$

$$z_{s1,fi} = 87 \text{ mm}$$

Redukce tlakové výztuže vzhledem k teplotě

Redukce pevnosti výztuže

$$k_{s2,0,f} = 0,45$$

Redukce modulu pružnosti výztuže

$$k_{s2,0,E} = 0,45$$

Počet ks na b

3,00 ks

$$f_{yk2,fi} = 226,25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{s,fi} = 1,00$$

Průměr výztuže

Ø16

$$f_{yd2,fi} = 226,25 \text{ MPa}$$

$$E_{s2,fi} = 90,50 \text{ GPa}$$

$$d_{2,fi} = 3 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd2,fi} = 2,50$$

$$\xi_{bal,2,fi} = 3,50$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s2,fi} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$z_{s2,fi} = 87 \text{ mm}$$

Redukce vnitřní výztuže vzhledem k teplotě

Redukce pevnosti výztuže

$$k_{s3,0,f} = 0,45$$

Redukce modulu pružnosti výztuže

$$k_{s3,0,E} = 0,45$$

Počet ks na b

2,00 ks

$$f_{yk3,fi} = 226,25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{s,fi} = 1,00$$

Průměr výztuže

Ø16

$$f_{yd3,fi} = 226,25 \text{ MPa}$$

$$E_{s3,fi} = 90,50 \text{ GPa}$$

Plocha výztuže na b

$$A_{s3,fi} = 402 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,fi} = 1608 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Účinná délka sloupu

$$l_0 = 3,20 \text{ m}$$

$$\lambda_{lim,fi} = 25,95$$

<

$$\lambda_{fi} = 61,58$$

nutné uvažovat účinek II.řádu

Návrhové vnitřní síly

$$N_{d,fi} = 575,35 \text{ kN}$$

$$M_{d,fi} = 32,54 \text{ kNm}$$

Body interakčního diagramu

Bod 0

$$N_{Rd0,fi} = 1263,14 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0,fi} = 0,00 \text{ kNm}$$

Bod 1

$$N_{Rd1,fi} = 901,11 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1,fi} = 26,55 \text{ kNm}$$

Bod 2

$$N_{Rdbal,fi} = 333,93 \text{ kN}$$

$$M_{Rdbal,fi} = 49,22 \text{ kNm}$$

Bod 3

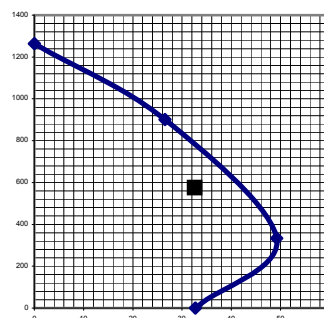
$$N_{Rd,fi} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,fi} = 32,70 \text{ kNm}$$

Otlačení betonu

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Normálová síla a Moment



výslednice sil je v oblasti
interakčního diagramu, průřez
vyhovuje

3.20 Návrh a posouzení podzemní stěny**3.20.a Svislý směr****Návrhový přístup 1****Kombinace 2**

A2 + M2 + R1

součinitel zatížení pro stálé zatížení

$\gamma_{Eg} = 1,00$

součinitel zatížení pro proměnné zatížení

$\gamma_{Eq} = 1,30$

Parametry zeminy

zemina

S4

SM

písek hlinitý nebo jílovitý

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

$$\varphi_{efd} = \frac{\varphi_{efn}}{\gamma_{\varphi}} = \frac{28^\circ}{1,25} = 22^\circ$$

$$\gamma = 18,0 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel zemního tlaku

$$K_o = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 22^\circ = 0,62$$

Zatížení

zatěžovací šířka

 γ

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 3,00 \cdot 0,62 \cdot 1,00 = 1,86 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 2,79 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 1,86 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 2,79 \text{ kN/m}$$

zatěžovací šířka

 γ

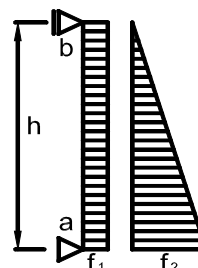
$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 18,00 \cdot 3,70 \cdot 0,62 \cdot 1,00 = 41,22 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 55,65 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 41,22 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 55,65 \text{ kN/m}$$

Schéma konstrukce

výška konstrukce

$$h = 3,70 \text{ m}$$

**Vnitřní síly a reakce**

$$M = 36/295 \cdot f_1 \cdot h^2$$

$$M = 61/951 \cdot f_2 \cdot h^2$$

$$M_q = 36/295 \cdot 1,86 \cdot 3,70^2 = 3,10 \text{ kNm} \quad 1,50 = 4,65 \text{ kNm}$$

$$M_g = 61/951 \cdot 41,22 \cdot 3,70^2 = 36,20 \text{ kNm} \quad 1,35 = 48,87 \text{ kNm}$$

$$\text{celkový moment} \quad M_f = 39,30 \text{ kNm} \quad 1,36 \quad 53,52 \text{ kNm}$$

$$V_b = 1/2 \cdot f_1 \cdot h$$

$$V_b = 1/6 \cdot f_2 \cdot h$$

$$V_q = 1/2 \cdot 1,86 \cdot 3,70 = 3,44 \text{ kN} \quad 1,50 = 5,15 \text{ kN}$$

$$V_g = 1/6 \cdot 41,22 \cdot 3,70 = 25,42 \text{ kN} \quad 1,35 = 34,32 \text{ kN}$$

$$\text{posouvající síla a reakce v podpoře B} \quad V_b = 28,85 \text{ kN} \quad 1,37 \quad 39,47 \text{ kN}$$

$$V_a = 1/2 \cdot f_1 \cdot h$$

$$V_a = 1/3 \cdot f_2 \cdot h$$

$$V_q = 1/2 \cdot 1,86 \cdot 3,70 = 3,44 \text{ kN} \quad 1,50 = 5,15 \text{ kN}$$

$$V_g = 1/3 \cdot 41,22 \cdot 3,70 = 50,84 \text{ kN} \quad 1,35 = 68,63 \text{ kN}$$

$$\text{posouvající síla a reakce v podpoře A} \quad V_a = 54,27 \text{ kN} \quad 1,36 \quad 73,79 \text{ kN}$$

Pružné deformace - zjednodušený výpočet (strana bezpečnosti)

$$w_g = \frac{37}{364} \cdot \frac{M_g}{E} \cdot \frac{h^2}{I} = \frac{37}{364} \cdot \frac{36,20}{32,00} \cdot \frac{3,70^2}{2250,00}$$

$$w_g = 0,7 \text{ mm}$$

$$w_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q}{E} \cdot \frac{h^2}{I} = \frac{5}{48} \cdot \frac{3,10}{32,00} \cdot \frac{3,70^2}{2250,00}$$

$$w_q = 0,1 \text{ mm}$$

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

Běžná teplota

Zatížení $M_d = 53,52 \text{ kNm}$

$V_d = 73,79 \text{ kN}$

Návrh průřezu, betonu

Rozměry

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

$\gamma_c = 1,50$

$h = 0,30 \text{ m}$

$\alpha_{cc} = 1,0$

Beton

C30/ 37

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

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

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

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

$I_c = 2250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

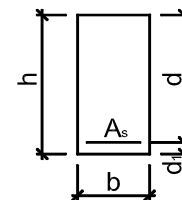
$f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$

$\varepsilon_{cu3} = 3,50$

$A_c = 0,300 \text{ m}^2$

$\eta = 1,00$

$\lambda = 0,80$



Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž

B500 B

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

$\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b

5,00 ks

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

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

Průměr výztuže

Ø12

$\varepsilon_{yd} = 2,17$

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

Krytí výztuže

$c = 42 \text{ mm}$

Plocha výztuže na b

$A_{s,prov} = 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$d_1 = 48 \text{ mm}$

$d = 252 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$A_{s1,min} = 328 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$A_{s,max} = 12000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Otlačení betonu

$M_{Rd} = 60,45 \text{ kNm} > M_d = 53,52 \text{ kNm}$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$V_{Rd,c} = 125,61 \text{ kN} > V_d = 73,79 \text{ kN}$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{36,20 + 0,50 \cdot 3,10}{36,20 + 3,10} = 0,96$$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

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

$M_{kqp} = 0,96 \cdot 39,30 = 37,75 \text{ kNm}$

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

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

$w_{elqp} = 0,96 \cdot 0,76 = 0,7 \text{ mm}$

Rozpětí konstrukce

$l = 3,70 \text{ m}$

Začátek smršťování (dny)

$t_{0,s} = 5$

Prostředí :relativní vlhkost

$RH = 50\%$

Vyšetřovaný okamžik (dny)

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

Začátek dotvarování (dny)

$t_{0,c} = 28$

Charakter zatížení

$\beta = 0,50$

Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

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

Součinitel dotvarování pro zatížení

$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,14 \cdot 0,98 = 2,09$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 2,96 \cdot 0,98 = 2,89$

Celkové poměrné smršťování

$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000389 + 0,000050 = 0,0004393$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 2250,00 = 72,00 \text{ MNm}^2$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním

$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,36 \cdot 0,0023596 = 24,44 \text{ MNm}^2$

$M_{cr,lt} = 46,74 \text{ kNm}$

$>$

$M_{kqp} = 37,75 \text{ kNm}$

trhliny se neočekávají

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$
$$B = 24,44 \cdot \left(1 - 0,50 \right) + 4,90 \cdot 0,50 = 14,67 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 0,7 \cdot \frac{37,75}{37,75} = 0,7 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 0,7 \cdot \frac{72,00}{24,44} = 2,2 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 0,7 - 0,7 = 0,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 0,00 \cdot \frac{72,00}{14,67} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 2,2 + 0,0 = 2,2 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

$$k = 0$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,000 \cdot 0,00108 \cdot 3,70^2 = 0,0 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 250 = 3,70 / 250$$

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

$$w_{cel} = 2,2 \text{ mm} < w_{lim} = 14,8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = \frac{M_k}{I_{ir}} = \frac{37,75}{0,0641 / 0,000473}$$

$$\sigma_c = 5,11 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot (d - x)$$

$$\sigma_x = 19,31 \cdot \frac{37,75}{0,188 / 0,000473}$$

$$\sigma_x = 289,42 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_k = 39,30 \text{ kNm}$$

$$M_{cr,lt} = 44,39 \text{ kNm} > M_k = 39,30 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

$$w_k = 0,00 \text{ mm} < w_{lim} = 0,20 \text{ mm} \quad \text{šířka trhliny vyhovuje}$$

Účinek požáru

Požární odolnost

$$t = R 180 \text{ min}$$

Účinek zatížení při požáru

Redukční součinitel nepříznivých stálých zatížení

$$\xi = 0,85$$

Součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_{0,1} = 0,70$$

Součinitel pro časté hodnoty proměnných zatížení při požární situaci

proměnné zatížení:

schromažďovací plocha

$$\psi_{fi} = 0,6$$

Redukční součinitel pro kombinaci zatížení

$$\eta_{fi,1} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_k}$$
$$\eta_{fi,1} = \frac{36,20 + 0,60 \cdot 3,10}{1,35 \cdot 36,20 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 3,10} = 0,73$$
$$\eta_{fi,2} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k}$$
$$\eta_{fi,2} = \frac{36,20 + 0,60 \cdot 3,10}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 36,20 + 1,50 \cdot 3,10} = 0,82$$
$$\eta_{fi} = 0,73$$

Zatížení

$$M_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_d = 0,73 \cdot 53,52 = 39,08 \text{ kNm}$$

$$V_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot V_d = 0,73 \cdot 73,79 = 53,87 \text{ kN}$$

Zjednodušená výpočetní metoda výpočtu - metoda izotermie 500°C

Podmínka minimální šířky průřezu $b = 1,00 \text{ m} > b_{min} = 0,200 \text{ m}$ **vyhovuje**

Stanovení izotermie 500°C pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

Vzdálenost izotermie od hrany betonu $z = 50 \text{ mm}$

Průřez s vyloučením betonu vně izotermie 500°C idealizovaný do pravoúhelníkového tvaru

$$b_{fi} = b - 0 \cdot z = 1,00 - 0,00 \cdot 0,050 = 1,000 \text{ m}$$

$$h_{fi} = h - 1 \cdot z = 0,30 - 1,00 \cdot 0,050 = 0,250 \text{ m}$$

$$\gamma_{c,fi} = 1,00 \quad \varepsilon_{cu3} = 3,50$$

$$f_{ck,fi} = 30,00 \text{ MPa} \quad \lambda_{fi} = 0,80$$

$$f_{cd,fi} = 30,00 \text{ MPa} \quad \eta_{fi} = 1,00$$

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

Stanovení teploty v těžišti výztuže pro typ konstrukce dle přílohy "A" ČSN EN 1992-1-2

$$a_{fi} = d_1 = 48 \text{ mm} \quad \theta = 550^\circ$$

Redukce tahové výztuže vzhledem k teplotě

Redukce pevnosti výztuže $k_{s1,0,f} = 0,63$

Redukce modulu pružnosti výztuže $k_{s1,0,E} = 0,46$

Počet ks na b **5,00 ks** $f_{yk1,fi} = 312,50 \text{ MPa} \quad \gamma_{s,fi} = 1,00$

Průměr výztuže **Ø12** $f_{yd1,fi} = 312,50 \text{ MPa} \quad E_{s1,fi} = 91,00 \text{ GPa}$

Krytí výztuže $c_{fi} = -8 \text{ mm} \quad \varepsilon_{yd1,fi} = 3,43 \quad \xi_{bal,1,fi} = 0,50$

$d_{1,fi} = -2 \text{ mm}$ Plocha výztuže na b $A_{s1,fi} = 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$$d_{fi} = 252 \text{ mm}$$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$$A_{s1,min,fi} = 328 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max,fi} = 10000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 565 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

vyhovuje

Otlačení betonu

$$M_{Rd,fi} = 44,01 \text{ kNm} > M_{d,fi} = 39,08 \text{ kNm}$$

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Smyk

Únosnost betonu ve smyku

$$V_{Rd,c,fi} = 161,95 \text{ kN} > V_{d,fi} = 53,87 \text{ kN}$$

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

3.20.b Vodorovný směr

Průřez, beton

Rozměry $b = 1,00 \text{ m} \quad \gamma_c = 1,50$

$$h = 0,30 \text{ m} \quad \alpha_{cc} = 1,0$$

Beton **C30/ 37** $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

$$E_{cm} = 32,00 \text{ GPa} \quad f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa} \quad f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$$

$$I_c = 2250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \quad f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$$

Poměrné autogenní smršťování

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca} = 0,93 \cdot 0,000050 = 0,000047$$

Tahová síla od autogenního smršťování

$$F_t = 447,20 \text{ kN}$$

Návrh výztuže

třída tažnosti

Výztuž **B500 B** $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa} \quad \gamma_s = 1,15$

Počet ks **13,33 ks** $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

Průměr výztuže **Ø12** Plocha výztuže $A_{s,prov} = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

Posouzení

$$N_{Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 1,51 \cdot 434,78 = 655,62 \text{ kN} > N_d = 447,20 \text{ kN}$$

vyhovuje

3.20.c Maximální vzdálenost řízených spár

NIŽŠÍ STĚNA

Geometrie	výška stěny	H = 3,20 m
	tloušťka stěny	T = 0,30 m
	vzálenost plánovaných spár	L = 5,00 m

Posouzení

$$L_{max} = \frac{H}{2 \cdot T} = \frac{3,20}{2 \cdot 0,30} = 5,33 \text{ m} > 5,00 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

VYŠŠÍ STĚNA

Geometrie	výška stěny	H = 3,60 m
	tloušťka stěny	T = 0,30 m
	vzálenost plánovaných spár	L = 6,00 m

Posouzení

$$L_{max} = \frac{H}{2 \cdot T} = \frac{3,60}{2 \cdot 0,30} = 6,00 \text{ m} > 6,00 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

3.21 Zatížení podzemní stěnou

Skladba stěny	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
tíha předstěny	0,150	25,00	= 3,75 kN/m ²	1,35	5,06 kN/m ²
izolace	0,100	2,00	= 0,20 kN/m ²	1,35	0,27 kN/m ²
tíha stěny	0,300	25,00	= 7,50 kN/m ²	1,35	10,13 kN/m ²
omítka	0,020	18,00	= 0,36 kN/m ²	1,35	0,49 kN/m ²
g zatížení na m² stěny			11,81 kN/m²	1,35	15,94 kN/m²

3.22 Zatížení základové desky

Skladba podlahy	tloušťka	objemová tíha	charakteristické	γ_G	návrhové
betonová mazanina	0,080	23,00	= 1,84 kN/m ²	1,35	2,48 kN/m ²
izolace	0,080	0,50	= 0,04 kN/m ²	1,35	0,05 kN/m ²
vlastní tíha desky	0,350	25,00	= 8,75 kN/m ²	1,35	11,81 kN/m ²
g zatížení na m² stěny			10,63 kN/m²	1,35	14,35 kN/m²

3.23 Návrh a posouzení základové desky

Výpočet tuhosti podloží

$$s = \sum \frac{\sigma_{z,i} - m_i \cdot \sigma_{or,i}}{E_{oed,i}} \cdot h_i$$

$$z_{r3,i} = \chi_{1,i} \cdot \chi_{2,i} \cdot z_i \quad \sigma_{or,1} = \sum \gamma_i \cdot (z_i - z_{i-1})$$

$$\sigma_{z,i} = l_{0,i} \cdot \sigma_{o1} \quad b_s = 0,50 \text{ m} \quad l_s = 0,50 \text{ m}$$

Geologický profil včetně hloubky založení

hloubka d	zemina	E_{def}	v	γ	m	E_{oed}
0,00 - 4,00 m	F3 měkká	6,00 MPa	0,35	18,0 kg/m ³	0,20	9,63 MPa
hloubka nestlačitelné vrstvy	$z_{ic} =$	4,50 m				
hloubka založení	$D =$	0,00 m				

Výpočet sedání pod rohem základu rozměru 1,0x1,0m na rovnoměrné zatížení od jednotkového zatížení 1000kN

vrstva i	z_i	h_i	$\chi_{1,i}$	$\chi_{2,i}$	$z_{r3,i}$	$l_{0,i}$	
	d_i	γ_i	$\sigma_{z,i}$	m_i	$\sigma_{or,i}$	$E_{oed,i}$	s_i
1.	0,50 m	1,00 m	1,00	1,00	0,50 m	0,175	
	0,50 m	18,0 kg/m ³	175,22 kPa	0,20	9,00 kPa	9,63 MPa	18,0 mm
2.	1,50 m	1,00 m	1,00	0,99	1,48 m	0,046	
	1,50 m	18,0 kg/m ³	45,69 kPa	0,20	27,00 kPa	9,63 MPa	4,2 mm
3.	2,50 m	1,00 m	1,00	0,93	2,34 m	0,020	
	2,50 m	18,0 kg/m ³	20,34 kPa	0,20	45,00 kPa	9,63 MPa	1,2 mm
4.	3,50 m	1,00 m	1,00	0,87	3,03 m	0,012	
	3,50 m	18,0 kg/m ³	12,44 kPa	0,20	63,00 kPa	9,63 MPa	0,0 mm

$$s_{roh} = 23,4 \text{ mm}$$

Tuhost podloží (modul stlačitelnosti podloží)

$$C_{roh} = 1000 / s_{roh} = 1000 / 0,0234 = 42,82 \text{ MN/m}^3$$

Výpočetní model základové desky pro svislé zatížení ze stěny

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

$$\text{Kombinace 1} \quad \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$$

zat. šířka nebo výška

 γ_G

$$\text{stálé zatížení stropu} \quad 13,25 \cdot 3,50 = 46,38 \text{ kN/m}$$

$$\text{tíha stěny} \quad 11,81 \cdot 3,30 = 38,97 \text{ kN/m}$$

$$g_1 \text{ stálé zatížení} \quad 85,35 \text{ kN/m} \quad 1,35 \quad 115,22 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$$

$$\text{proměnné zatížení stropu} \quad 3,00 \cdot 3,50 = 10,50 \text{ kN/m}$$

$$q_1 \text{ proměnné zatížení} \quad 10,50 \text{ kN/m} \quad 1,05 \quad 11,03 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \text{ celkové zatížení} \quad 95,85 \text{ kN/m} \quad 1,32 \quad 126,24 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kombinace 2} \quad \xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$$

$$\xi_1 \cdot \gamma_G$$

$$g_2 \text{ stálé zatížení} \quad 85,35 \text{ kN/m} \quad 1,15 \quad 97,94 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_Q$$

$$q_2 \text{ proměnné zatížení} \quad 10,50 \text{ kN/m} \quad 1,50 \quad 15,75 \text{ kN/m}$$

$$f_2 \text{ celkové zatížení} \quad 95,85 \text{ kN/m} \quad 1,19 \quad 113,69 \text{ kN/m}$$

Rozhodující kombinace: kombinace 1

$$F_{max} = 126,24 \text{ kN/m}$$

Charakteristika podloží

$$\text{modul stlačitelnosti podloží} \quad C = 42,82 \text{ MN/m}^3$$

Návrh průřezu a betonu

$$\text{šířka desky} \quad b = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{tloušťka desky} \quad h = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{beton} \quad \text{C30/37} \quad E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$$

moment setrvačnosti desky

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 1,00 \cdot 0,35^3 = 0,0036 \text{ m}^4$$

Vnitřní síly a deformace

$$k = C \cdot b = 42,82 \cdot 1,00 = 42,82 \text{ MPa}$$

$$r = \left(\frac{4 \cdot E \cdot I}{k} \right)^{1/4}$$

$$r = \left(\frac{4 \cdot 32,00 \cdot 0,0036}{42,82} \right)^{1/4} = 1,81 \text{ m}$$

$$\varphi = y / r$$

Moment

$$M_d = -F \cdot r \cdot e^{-\varphi} \cdot \sin \varphi$$

Posouvající síla

$$Q_d = -F \cdot e^{-\varphi} \cdot (\cos \varphi - \sin \varphi)$$

Rovnice ohybové čáry (deformace)

$$v = \frac{2 \cdot F \cdot e^{-\varphi} \cdot \cos \varphi}{k \cdot r}$$

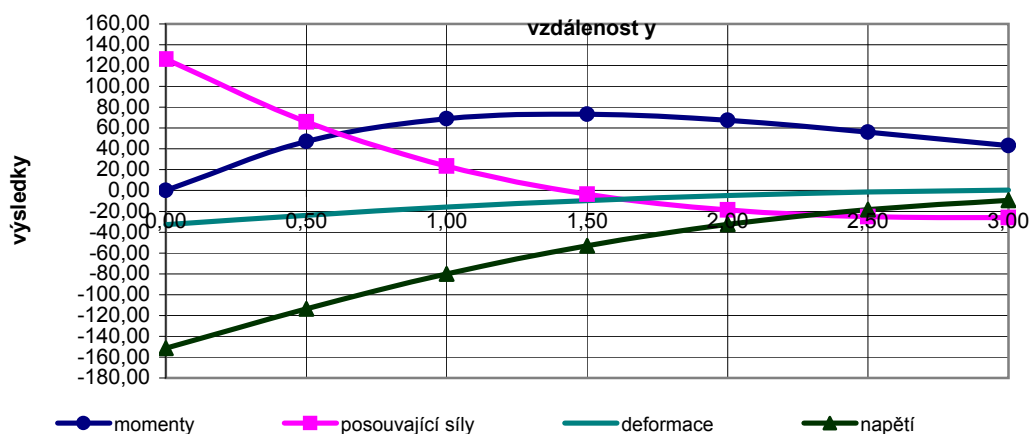
Napětí v základové spáře

$$p = C \cdot v - 25 \cdot 1,35 \cdot h$$

Tabulka grafu

hustota grafu 0,50 m

y	φ	M_d	Q_d	v	p
m		kNm	kN	$10^{-1} \cdot \text{mm}$	kPa
0,00	0,00	0,00	126,24	-32,62	-151,48
0,50	0,28	47,26	65,96	-23,80	-113,71
1,00	0,55	68,96	23,63	-15,96	-80,16
1,50	0,83	73,44	-3,45	-9,60	-52,94
2,00	1,11	67,49	-18,63	-4,83	-32,51
2,50	1,38	56,24	-25,20	-1,53	-18,36
3,00	1,66	43,25	-26,05	0,55	-9,46



Výpočetní model základové desky pro zatížení vztlakem vody

Zatížení

výška vodního sloupce

 γ_G

vztlak vody

$$10,00 \cdot 1,55 = 15,50 \text{ kN/m}^2$$

$$1,35 \cdot 20,93 \text{ kN/m}^2$$

skladba podlahy

$$-10,63 \text{ kN/m}^2$$

$$0,90 \cdot -9,57 \text{ kN/m}^2$$

g stálé zatížení

$$4,87 \text{ kN/m}^2$$

$$2,33 \cdot 11,36 \text{ kN/m}^2$$

q proměnné zatížení

$$0,00 \text{ kN/m}^2$$

$$1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2$$

f celkové zatížení

$$4,87 \text{ kN/m}^2$$

$$2,33 \cdot 11,36 \text{ kN/m}^2$$

Schéma konstrukce

Materiál

beton

Poissonův součinitel

$$\mu = 0,15$$

geometrie desky

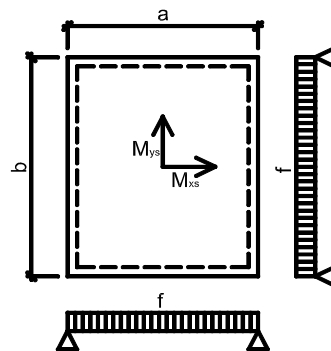
$$a = 6,00 \text{ m}$$

$$b = 9,30 \text{ m}$$

zaokrouhlený poměr a/b

$$\gamma = 0,60$$

Násobné faktory dle tabulek Bareš



Vnitřní síly

$$M_{xs} = \text{nás. faktor} \cdot f \cdot a^2$$

$$M_{gxs} = 0,0857 \cdot 4,87 \cdot 6,00^2 = 15,02 \text{ kNm} \quad 2,33 = 35,04 \text{ kNm}$$

$$M_{qxs} = 0,0857 \cdot 0,00 \cdot 6,00^2 = 0,00 \text{ kNm} \quad 1,50 = 0,00 \text{ kNm}$$

celkový moment

$$M_{fxs} = 15,02 \text{ kNm} \quad 2,33 = 35,04 \text{ kNm}$$

Proměnné
zatížení
působí
příznivě a
není proto
uvažováno.


$M_{ys} =$ nás. faktor	.	f	.	b^2				
$M_{gys} =$	0,0131	.	4,87	.	$9,30^2$	$=$	5,52 kNm	2,33 $=$ 12,87 kNm
$M_{qys} =$	0,0131	.	0,00	.	$9,30^2$	$=$	0,00 kNm	1,50 $=$ 0,00 kNm
celkový moment				$M_{fys} =$	5,52 kNm	2,33	12,87 kNm	

Pružné deformace

$w_g =$ násobný faktor	.	$\frac{g}{E}$	.	$\frac{a^4}{h^3}$	$=$	0,1015	.	$\frac{4,87}{32,00}$	.	$\frac{6,00^4}{0,35^3}$
$w_g =$	0,5 mm									
$w_q =$ násobný faktor	.	$\frac{q}{E}$	.	$\frac{a^4}{h^3}$	$=$	0,1015	.	$\frac{0,00}{32,00}$	.	$\frac{6,00^4}{0,35^3}$
$w_q =$	0,0 mm									
$w_f =$	0,5 mm									

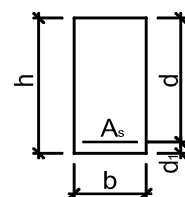
Návrh a posouzení průřezu základové desky v poli

Zatížení	napětí v zemině pod stěnou			plocha působení napětí			zatěžovací šířka					
$V_d =$	126,24	-	100,00	.	0,40	.	1,00	+	11,36	.	3,00	$=$ 120,32 kN
$M_d =$	73,44	+	35,04	$=$ 108,48 kNm								



Návrh průřezu, betonu

Rozměry	$b = 1,00$ m	$\gamma_c = 1,50$
	$h = 0,35$ m	$\alpha_{cc} = 1,0$
Beton	C30/ 37	$f_{ck} = 30,00$ MPa
	$E_{cm} = 32,00$ GPa	$f_{ctm} = 2,90$ MPa
	$I_c = 3573 \cdot 10^{-6}$ m ⁴	$f_{cm} = 45,00$ MPa
	$A_c = 0,350$ m ²	$\eta = 1,00$
		$f_{cd} = 20,00$ MPa
		$\varepsilon_{cu3} = 3,50$
		$\lambda = 0,80$

**Návrh ohybové výztuže**

	třída tažnosti		
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00$ MPa	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	6,67 ks	$f_{yd} = 434,78$ MPa	$E_s = 200,00$ GPa
Průměr výztuže	Ø16	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 50$ mm	Plocha výztuže na b	$A_{s,prov} = 1340 \cdot 10^{-6}$ m ²
		$d_1 = 58$ mm	$d = 292$ mm

Posouzení - MSÚ - Ohyb**Kontrola vyztužení**

$A_{s1,min} =$	$380 \cdot 10^{-6}$ m ²	$<$	$1340 \cdot 10^{-6}$ m ²
$A_{s,max} =$	$14000 \cdot 10^{-6}$ m ²	$>$	$1340 \cdot 10^{-6}$ m ²

Otlačení betonu

$M_{Rd} = 161,68$ kNm	$>$	$M_d = 108,48$ kNm	vyhovuje
-----------------------	-----	--------------------	----------

Posouzení - MSÚ - Smyk**Únosnost betonu ve smyku**

$V_{Rd,c} = 153,50$ kN	$>$	$V_d = 120,32$ kN
------------------------	-----	-------------------

vyhovuje, není nutné vyztužit průřez smykovou výztuží

Posouzení - MSP - Deformace

$M_k =$	73,44 / 1,32	+	15,02	$=$ 70,78 kNm
$w_{el} =$	3,26	+	0,47	$=$ 3,73 mm

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$G + \psi_2 \cdot Q$	$=$	$85,35 + 0,30 \cdot 10,50$	$=$ 0,92
$G + Q$	$=$	$85,35 + 10,50$	

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$M_{kqp} =$	0,92	.	M_k	
$M_{kqp} =$	0,92	.	70,78	$=$ 65,35 kNm

Průžná deformace od kvazistalé kombinace

$w_{elqp} =$	0,92	.	w_{el}	
$w_{elqp} =$	0,92	.	3,73	$=$ 3,4 mm

Rozpětí konstrukce	$l = 6,00 \text{ m}$	Začátek smršťování (dny)	$t_{0,s} = 5$
Prostředí :relativní vlhkost	$RH = 50\%$	Vyšetřovaný okamžik (dny)	$t (25 \text{ let}) = 9\,125$
Začátek dotvarování (dny)	$t_{0,c} = 28$	Charakter zatížení	$\beta = 0,50$
Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí	$u = 2,00 \text{ m}$		

Součinitel dotvarování pro zatížení

$$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,09 \cdot 0,98 = 2,04$$

Součinitel dotvarování pro smršťování

$$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 2,89 \cdot 0,98 = 2,82$$

Celkové poměrné smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000387 + 0,000050 = 0,000437$$

Deformace od dlouhodobého zatížení

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

$$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 3572,92 = 114,33 \text{ MNm}^2$$

Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažovaným dotvarováním

$$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,52 \cdot 0,0038979 = 41,02 \text{ MNm}^2$$

$$M_{cr,lt} = 67,66 \text{ kNm} > M_{kqp} = 65,35 \text{ kNm} \quad \text{trhliny se neočekávají}$$

Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažovaným dotvarováním

$$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot \left(1 - \xi \right) + E_{c,eff} \cdot I_{ir} \cdot \xi$$

$$B = 41,02 \cdot \left(1 - 0,50 \right) + 13,39 \cdot 0,50 = 27,21 \text{ MNm}^2$$

Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{el,qp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 3,4 \cdot \frac{65,35}{65,35} = 3,4 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 3,4 \cdot \frac{114,33}{41,02} = 9,6 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{el,qp} - w_{el,cr} = 3,4 - 3,4 = 0,0 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 0,00 \cdot \frac{114,33}{27,21} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 9,6 + 0,0 = 9,6 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

Návrh výztuže na smršťování při opačném lici

$$\text{Počet ks na b} \quad 4,00 \text{ ks} \quad A_{s2} = 804 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Průměr výztuže} \quad \varnothing 16 \quad k = 0,050$$

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,050 \cdot 0,00104 \cdot 6,00^2 = 1,9 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 400 = 6,00 / 400$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 9,6 + 1,9$$

$$w_{cel} = 11,5 \text{ mm} < w_{lim} = 15,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 65,35 \cdot 0,0991 / 0,001272$$

$$\sigma_c = 5,09 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{ir}$$

$$\sigma_x = 19,00 \cdot 65,35 \cdot 0,193 / 0,001272$$

$$\sigma_x = 188,28 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 61,58 \text{ kNm} < M_k = 70,78 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,19 \text{ mm} < w_{lim} = 0,20 \text{ mm} \quad \text{trhliny se očekávají}$$

šířka trhliny vyhovuje

Návrh a posouzení průřezu základové desky v pruhu pod sloupem

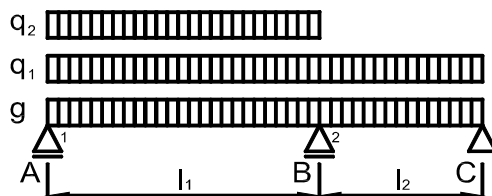
Zatížení	výška vodního sloupce	zat. šířka	γ_G
vztlak vody	10,00	1,55	6,00
skladba podlahy	-10,63	6,00	
g stálé zatížení			
q proměnné zatížení			
f celkové zatížení			

Schéma konstrukce

$$l_1 = 4,50 \text{ m}$$

$$l_2 = 4,30 \text{ m}$$

$$l = 8,80 \text{ m}$$



Vnitřní síly a reakce - Metoda rozdělování momentů - Crossova metoda

Maximální momenty a síly s kombinací užitého zatížení v polích

styčnickový moment	stálé zatížení	$M_{2g} =$	70,82 kNm	2,33	=	165,17 kNm
	proměnné zatížení v obou polích	$M_{2q} =$	0,00 kNm	1,50	=	0,00 kNm
	celkový styčnickový moment	$M_{2f} =$	70,82 kNm	2,33		165,17 kNm
mezipodporový moment	stálé zatížení	$M_{ABg} =$	42,79 kNm	2,33	=	99,80 kNm
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$M_{ABq} =$	0,00 kNm	1,50	=	0,00 kNm
	celkový mezipodporový moment	$M_{ABf} =$	42,79 kNm	2,33		99,80 kNm
maximální posouvající síla u styčnicku	stálé zatížení	$Q_{21g} =$	81,48 kN	2,33	=	190,04 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$Q_{21q} =$	0,00 kN	1,50	=	0,00 kN
	celková posouvající síla	$Q_{21f} =$	81,48 kN	2,33		190,04 kN
reakce a posouvající síla v levé podpoře	stálé zatížení	$A_{1g} =$	50,01 kN	2,33	=	116,63 kN
	proměnné zatížení pouze v krajním poli	$A_{1q} =$	0,00 kN	1,50	=	0,00 kN
	celková reakce a posouvající síla	$A_{1f} =$	50,01 kN	2,33		116,63 kN
reakce ve střední podpoře	stálé zatížení	$B_{2g} =$	160,78 kN	2,33	=	374,97 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$B_{2q} =$	0,00 kN	1,50	=	0,00 kN
	celková reakce	$B_{2f} =$	160,78 kN	2,33		374,97 kN
reakce a posouvající síla v pravé podpoře	stálé zatížení	$C_{3g} =$	46,35 kN	2,33	=	108,11 kN
	proměnné zatížení v obou polích	$C_{3q} =$	0,00 kN	1,50	=	0,00 kN
	celková reakce a posouvající síla	$C_{3f} =$	46,35 kN	2,33		108,11 kN

Pružné deformace - kombinace s užitným zatížením pouze v krajním poli

Hodnoty pro pootočení ve styčnicku:

$$\text{tuhosti prutů } k_{21} = 0,22 / \text{m}$$

$$k_{23} = 0,23 / \text{m}$$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro stálé zatížení

$$M_{sg} = 6,43 \text{ kNm}$$

rozdíl momentů v dokonalém vetknutí obou polí ve styčnicku pro užité z. v krajním poli

$$M_{sq} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$w_g = \left(\frac{g \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sq}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_g = \left(\frac{29,22 \cdot 4,50^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,50 \cdot 6,43}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 7145,83}$$

$$w_g = 0,3 \text{ mm}$$

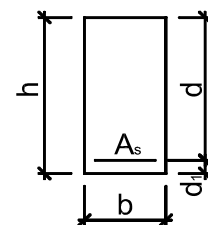
$$w_q = \left(\frac{q \cdot l_1^4}{192} + \frac{1 \cdot l_1 \cdot M_{sq}}{16 \cdot (k_{21} + k_{23})} \right) \cdot \frac{1}{E \cdot I}$$

$$w_q = \left(\frac{0,00 \cdot 4,50^4}{192} + \frac{1 \cdot 4,50 \cdot 0,00}{16 \cdot (0,22 + 0,23)} \right) \cdot \frac{1}{32,00 \cdot 7145,83}$$

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

$$w_f = 0,3 \text{ mm}$$

Zatížení	$V_d = 374,97 \text{ kN}$	b	
	$M_d = 99,80 + 73,44 \cdot 2,00 = 246,68 \text{ kNm}$		
Návrh průřezu, betonu			
Rozměry	$b = 2,00 \text{ m}$	$\gamma_c = 1,50$	
	$h = 0,35 \text{ m}$	$\alpha_{cc} = 1,0$	
Beton	C30/ 37	$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$	
	$E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$	$f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
	$I_c = 7146 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$	$f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$	$\varepsilon_{cu3} = 3,50$
	$A_c = 0,700 \text{ m}^2$	$\eta = 1,00$	$\lambda = 0,80$
Návrh ohybové výztuže	třída tažnosti		
Výztuž	B500 B	$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1,15$
Počet ks na b	16,00 ks	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$	$E_s = 200,00 \text{ GPa}$
Průměr výztuže	Ø16	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\xi_{bal,1} = 0,62$
Krytí výztuže	$c = 50 \text{ mm}$	Plocha výztuže na b	$A_{s,prov} = 3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
		$d_1 = 58 \text{ mm}$	$d = 292 \text{ mm}$
Posouzení - MSÚ - Ohyb			
Kontrola vyztužení			
$A_{s1,min} = 759 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$<$	$3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	
$A_{s,max} = 28000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	$>$	$3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	vyhovuje
Otlačení betonu			vyhovuje
$M_{Rd} = 383,96 \text{ kNm}$	$>$	$M_d = 246,68 \text{ kNm}$	vyhovuje
Posouzení - MSP - Deformace			
$M_k = 73,44 \cdot 2,00 / 1,32 + 42,79 = 154,30 \text{ kNm}$			
$w_{el} = 0,29 + 3,26 = 3,55 \text{ mm}$			
Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci			
$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{85,35 + 0,50 \cdot 10,50}{85,35 + 10,50} = 0,95$			
Moment od zatížení kvazistalé kombinace	$M_{kqp} = 0,95 \cdot M_k$		
	$M_{kqp} = 0,95 \cdot 154,30 = 145,85 \text{ kNm}$		
Průžná deformace od kvazistalé kombinace	$w_{elqp} = 0,95 \cdot w_{el}$		
	$w_{elqp} = 0,95 \cdot 3,55 = 3,4 \text{ mm}$		
Rozpětí konstrukce	$l = 4,50 \text{ m}$	Začátek smršťování (dny)	$t_{0,s} = 5$
Prostředí :relativní vlhkost	$RH = 50\%$	Vyšetřovaný okamžik (dny)	$t(25 \text{ let}) = 9125$
Začátek dotvarování (dny)	$t_{0,c} = 28$	Charakter zatížení	$\beta = 0,50$
Obvod prvku vystavený okolnímu prostředí	$u = 4,00 \text{ m}$		
Součinitel dotvarování pro zatížení			
$\phi_c(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,09 \cdot 0,98 = 2,04$			
Součinitel dotvarování pro smršťování			
$\phi_s(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_s(t, t_0) = 2,89 \cdot 0,98 = 2,82$			
Celkové poměrné smršťování			
$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000387 + 0,000050 = 0,000437$			
Deformace od dlouhodobého zatížení			
Ohybová tuhost betonového průřezu bez výztuže z výpočetního modelu bez uvažování dotvarování			
$E_{cm} \cdot I_c = 32,00 \cdot 7145,83 = 228,67 \text{ MNm}^2$			
Ohybová tuhost betonového průřezu s výztuží s uvažováním dotvarováním			
$E_{c,eff} \cdot I_i = 10,52 \cdot 0,0079155 = 83,31 \text{ MNm}^2$			
$M_{cr,lt} = 138,61 \text{ kNm} < M_{kqp} = 145,85 \text{ kNm}$		trhliny se očekávají	
Ohybová tuhost průřezu s trhlinami s uvažováním dotvarováním			
$B = E_{c,eff} \cdot I_i \cdot (1 - \xi) + E_{c,eff} \cdot I_{tr} \cdot \xi$			
$B = 83,31 \cdot (1 - 0,55) + 30,61 \cdot 0,55 = 54,41 \text{ MNm}^2$			



Průžná deformace do vzniku trhlin

$$w_{el,cr} = w_{elqp} \cdot \frac{M_{cr,lt}}{M_{kqp}} = 3,4 \cdot \frac{138,61}{145,85} = 3,2 \text{ mm}$$

Deformace do vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,cr,\phi} = w_{el,cr} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{E_{c,eff} \cdot I_i} = 3,2 \cdot \frac{228,67}{83,31} = 8,8 \text{ mm}$$

Průžná deformace po vzniku trhlin

$$w_{el,B} = w_{elqp} - w_{el,cr} = 3,4 - 3,2 = 0,2 \text{ mm}$$

Deformace po vzniku trhlin s dotvarováním

$$w_{el,B,\phi} = w_{el,B} \cdot \frac{E_{cm} \cdot I_c}{B} = 0,17 \cdot \frac{228,67}{54,41} = 0,7 \text{ mm}$$

$$w_f = w_{el,cr,\phi} + w_{el,B,\phi} = 8,8 + 0,7 = 9,5 \text{ mm}$$

Deformace od smršťování

k = 0

$$w_{cs} = k \cdot \frac{1}{r_{cs}} \cdot l^2 = 0,000 \cdot 0,00114 \cdot 4,50^2 = 0,0 \text{ mm}$$

Celková deformace od dlouhodobého zatížení a smršťování

$$w_{lim} = l / 400 = 4,50 / 400$$

$$w_{cel} = w_f + w_{cs} = 9,5 + 0,0$$

$$w_{cel} = 9,5 \text{ mm} < w_{lim} = 11,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Kontrola napětí v betonu

$$\sigma_c = \frac{M_k}{I_{ir}} = \frac{145,85}{0,1065} = 0,002909$$

$$\sigma_c = 5,34 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot \frac{M_k}{I_{ir}} \cdot (d - x) = 19,00 \cdot \frac{145,85}{0,002909} \cdot 0,186$$

$$\sigma_x = 176,75 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení

$$M_{cr,lt} = 124,11 \text{ kNm} < M_k = 154,30 \text{ kNm}$$

$$w_k = 0,17 \text{ mm} < w_{lim} = 0,20 \text{ mm}$$

$$M_k = 154,30 \text{ kNm}$$

$$M_k = 154,30 \text{ kNm}$$

$$w_{lim} = 0,20 \text{ mm}$$

trhliny se očekávají
šířka trhliny vyhovuje

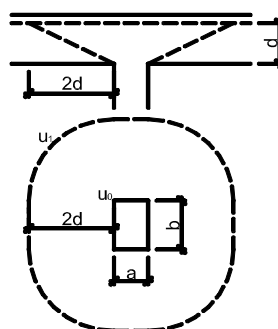
Posouzení - MSÚ - Protlačení sloupu

Zatížení

$$V_d = 374,97 \text{ kN}$$

Poloha sloupu obvodový sloup

$$\beta = 1,4$$



Návrh průřezu, vyztužení a betonu

Rozměry

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

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

$$d = 0,280 \text{ m}$$

$$A_{sa} = 750 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ vyztužení ve směru a na bm}$$

$$\rho_{sa} = 0,0027$$

$$A_{sb} = 750 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ vyztužení ve směru b na bm}$$

$$\rho_{sb} = 0,0027$$

Beton

$$C30/ 37$$

$$\gamma_c = 1,50$$

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

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

Posouzení na obvodu sloupu

$$v_{d,0} = 1,34 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 5,28 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 5,28 \text{ MPa}$$

maximální únosnost na obvodu sloupu není překročena, vyhovuje

Únosnost desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa}$$

Posouzení v základním kontrolovaném obvodu u_1

$$v_{d,u1} = 0,38 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa}$$

smyková výztuž není nutná

Návrh a posouzení průřezu základové desky pod sloupem

Zatížení Kombinace zatížení jako méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů

$$\gamma_G = 1,35 \quad \gamma_Q = 1,50 \quad \psi_{0,1} = 0,70 \quad \xi_1 = 0,85$$

Kombinace 1 $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1} = 1,50 \cdot 0,70 = 1,05$

g₁ stálé zatížení γ_G 511,04 kN/m 1,35 689,90 kN/m

q₁ proměnné zatížení $\gamma_Q \cdot \psi_{0,1}$ 107,19 kN/m 1,05 112,55 kN/m

f₁ celkové zatížení **618,23 kN/m 1,30 802,45 kN/m**

Kombinace 2 $\xi_1 \cdot \gamma_G = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$

g₂ stálé zatížení $\xi_1 \cdot \gamma_G$ 511,04 kN/m 1,15 586,41 kN/m

q₂ proměnné zatížení γ_Q 107,19 kN/m 1,50 160,78 kN/m

f₂ celkové zatížení **618,23 kN/m 1,21 747,20 kN/m**

Rozhodující kombinace: kombinace 1 **F_{max} = 802,45 kN/m**

Charakteristika podloží

modul stlačitelnosti podloží **C = 42,82 MN/m³**

Návrh průřezu a betonu

šířka desky **b = 2,00 m**

tloušťka desky **h = 0,35 m**

beton **C30/ 37** **E_{cm} = 32,00 GPa**

moment setrvačnosti desky

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 2,00 \cdot 0,35^3 = 0,0071 \text{ m}^4$$

Vnitřní síly a deformace

$$k = \frac{C \cdot b}{4} = \frac{42,82 \cdot 2,00}{4} = 85,64 \text{ MPa}$$

$$r = \left(\frac{4 \cdot E \cdot I}{k} \right)^{1/4}$$

$$r = \left(\frac{4 \cdot 32,00 \cdot 0,0071}{85,64} \right)^{1/4} = 1,81 \text{ m}$$

$$\varphi = x / r$$

Moment

$$M_d = \frac{1}{4} \cdot F \cdot r \cdot e^{-\varphi} \cdot (\cos \varphi - \sin \varphi)$$

Posouvající síla

$$Q_d = \frac{1}{2} \cdot F \cdot e^{-\varphi} \cdot \cos \varphi$$

Rovnice ohybové čáry (deformace)

$$v = \frac{F \cdot e^{-\varphi} \cdot (\cos \varphi + \sin \varphi)}{2 \cdot k \cdot r}$$

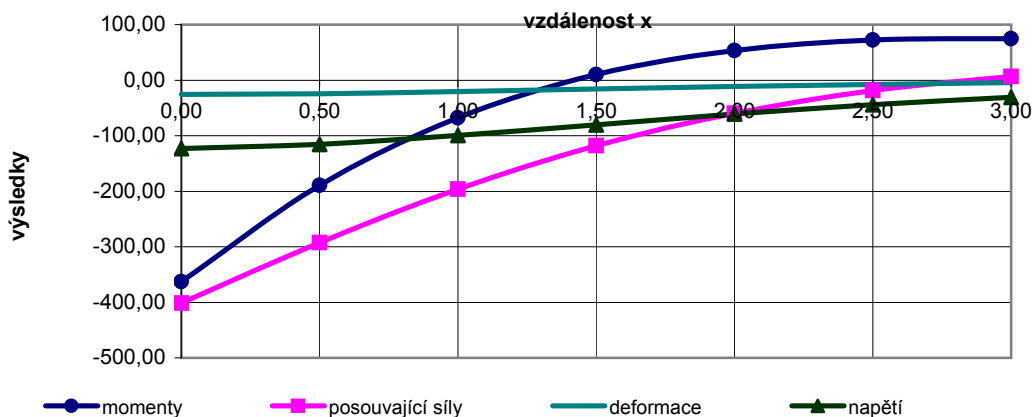
Napětí v základové spáře

$$p = C \cdot v - 25 \cdot 1,35 \cdot h$$

Tabulka grafu

hustota grafu **0,50 m**

x	φ	M _d	Q _d	v	p
m		kNm	kN	10 ⁻¹ · mm	kPa
0,00	0,00	-362,67	-401,22	-25,92	-122,78
0,50	0,28	-189,48	-292,71	-24,27	-115,75
1,00	0,55	-67,89	-196,34	-20,51	-99,65
1,50	0,83	9,92	-118,14	-15,97	-80,19
2,00	1,11	53,51	-59,45	-11,50	-61,07
2,50	1,38	72,38	-18,80	-7,60	-44,36
3,00	1,66	74,83	6,76	-4,47	-30,97



Zatížení $M_d = 362,67 / 2 = 181,33 \text{ kNm}$ ohybový moment pro jeden směr

$V_d = 802,45 \text{ kN}$ síla na protlačení

Návrh průřezu, betonu

Rozměry $b = 2,00 \text{ m}$

$\gamma_c = 1,50$

$h = 0,35 \text{ m}$ $\alpha_{cc} = 1,0$

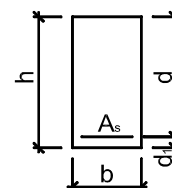
Beton

C30/ 37 $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 32,00 \text{ GPa}$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

$I_c = 7146 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ $f_{cm} = 45,00 \text{ MPa}$

$A_c = 0,700 \text{ m}^2$ $\eta = 1,00$



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

$\varepsilon_{cu3} = 3,50$

$\lambda = 0,80$

Návrh ohybové výztuže

třída tažnosti

Výztuž **B500 B**

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

$\gamma_s = 1,15$

Počet ks na b **16,00 ks**

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

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

Průměr výztuže **Ø16**

$\varepsilon_{yd} = 2,17$

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

Krytí výztuže $c = 45 \text{ mm}$

Plocha výztuže na b

$A_{s,prov} = 3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$d_1 = 53 \text{ mm}$

$d = 297 \text{ mm}$

Posouzení - MSÚ - Ohyb

Kontrola vyztužení

$A_{s1,min} = 772 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 < 3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$A_{s,max} = 28000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 > 3217 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Otlačení betonu

$M_{Rd} = 390,96 \text{ kNm} > M_d = 181,33 \text{ kNm}$

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

Posouzení - MSP - Omezení napětí

Poměr kvazistalé kombinace k charakteristické kombinaci

$$\frac{G + \psi_2 \cdot Q}{G + Q} = \frac{511,04 + 0,30 \cdot 107,19}{511,04 + 107,19} = 0,88$$

Moment od zatížení charakteristické komb.

$M_k = M_d / \gamma =$

$M_k = 181,33 / 1,30 = 139,70 \text{ kNm}$

Moment od zatížení kvazistalé kombinace

$M_{kqp} = 0,88 \cdot M_k$

$M_{kqp} = 0,88 \cdot 139,70 = 122,75 \text{ kNm}$

Kontrola napětí v betonu

$\sigma_c = M_k \cdot x / I_{ir} = 122,75 \cdot 0,1083 / 0,003061$

$\sigma_c = 4,34 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30,00 = 13,50 \text{ MPa}$

vyhovuje

Kontrola napětí ve výztuži

$$\sigma_x = \alpha_e \cdot M_k \cdot (d - x) / I_{fr}$$

$$\sigma_x = 19,33 \cdot 122,75 \cdot 0,189 / 0,003061$$

$$\sigma_x = 146,25 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500,00 = 400,00 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Posouzení - MSP - Trhliny

Moment od celkového zatížení $M_k = 139,70 \text{ kNm}$

$M_{cr,lt} = 124,53 \text{ kNm} < M_k = 139,70 \text{ kNm}$ trhliny se očekávají

$w_k = 0,13 \text{ mm} < w_{lim} = 0,20 \text{ mm}$ šířka trhliny vyhovuje

Posouzení - MSÚ - Protlačení sloupu

Zatížení Reakce z modelu $R_d = 802,45 \text{ kN}$

Napětí pod sloupem z modelu $\sigma_d = 100,00 \text{ kPa}$

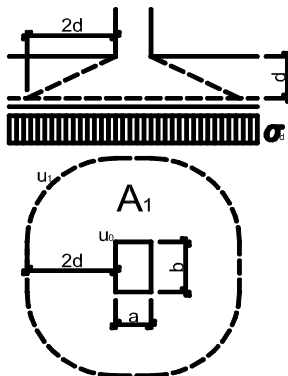
Vnitřní plocha ohraničená základním obvodem u_1

$$A_1 = 2,09 \text{ m}^2$$

Poloha sloupu **obvodový sloup** $\beta = 1,4$

Redukované zatížení o napětí pod roznášecím kuželem

$$V_d = R_d - \sigma_d \cdot A_1 = 802,45 - 100,00 \cdot 2,09 = 593,10 \text{ kN}$$



Návrh průřezu, vyztužení a betonu

Rozměry $a = 0,35 \text{ m}$
 $b = 0,35 \text{ m}$
 $d = 0,300 \text{ m}$

$A_{sa} = 1608 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ vyztužení ve směru a na bm $\rho_{sa} = 0,0054$
 $A_{sb} = 1608 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ vyztužení ve směru b na bm $\rho_{sb} = 0,0054$

Beton **C30/ 37** $\gamma_c = 1,50$
 $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$ $f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$

Posouzení na obvodu sloupu

$$v_{d,0} = 1,98 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 5,28 \text{ MPa}$$

maximální únosnost na obvodu sloupu není překročena, vyhovuje

Únosnost desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = 0,55 \text{ MPa}$$

Posouzení v základním kontrolovaném obvodu u_1

$$v_{d,u1} = 0,54 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,55 \text{ MPa}$$

smyková výztuž není nutná

3.24 Posouzení zeminy v základové spáře

Tabulková výpočtová únosnost dle IG průřezu: Zemina F3 - hlína písčítá se štěrčíky $R_{dt} = 140 \text{ kPa}$

Max. napětí z modelu základové desky (charakteristická hodnota): $\sigma = 151,48 / 1,32 = 115 \text{ kPa}$

Posouzení $R_{dt} = 140 \text{ kPa} > 115 \text{ kPa} = \sigma$ vyhovuje