

REVIZE	KDO	KDY	REV.

Projektant

Zodpovědný projektant profese

Generální projektant



Zodpovědný projektant ING. ARCH. JOSEF PÁLKA

Akce

PŘÍSTAVBA ZÁKLADNÍ A MATEŘSKÉ ŠKOLY
ELIŠKY PŘEMYSLOVNY 10,
BRNO – STARÝ LÍSKOVEC

DOKUMENTACE PRO PROVEDENÍ STAVBY

Investor MČ Brno–Starý Lískovec Lokalita Brno

Dílčí část-profese

D.1.2 STAV.–KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Výkres

STATICKÝ VÝPOČET

Měřítko Datum LISTOPAD 2016

Zpracoval Ing. Koudelka Ph.D. Kontroloval

Číslo akce	Výkres číslo	Revize
1085	06	00



Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.

Úlehla 1000, 68501 Bučovice

autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

tel.: 776 565 161, i.ko@atlas.cz

zak. číslo: 16 072

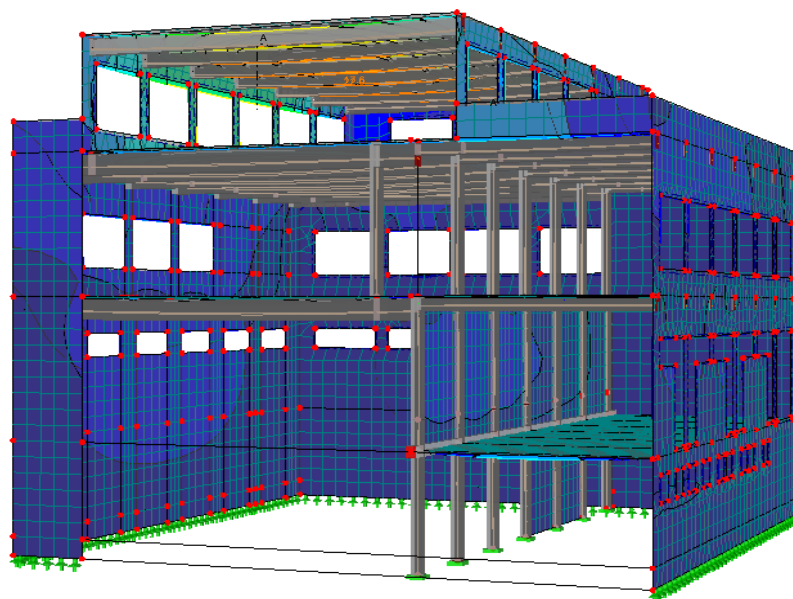
Statický výpočet

Objednatel

Hexaplan International spol. s r.o.
Šámalova 720/72
615 00 Brno

Projekt

Přístavba základní a mateřské školy
Elišky Přemyslovny 10
Brno - Starý Lískovec



V Bučovicích

28.11.2016



Příložený statický výpočet navazuje na statický výpočet ze dne 10.11.2016. který byl zpracován v rozsahu dokumentace pro stavební povolení.

Řešení vychází z parametru daných v nižších stupních projektové dokumentace a současně respektuje a zahrnuje požadavky, které vyplynuly v průběhu zpracování dokumentace pro provedení stavby.

Výpočet je členěn do čtyř oddílů:

Obsah

strana

Oddíl 1	Konstrukce stropu nad 3.NP Nosné stěny ve 3.NP
Oddíl 2	Konstrukce stropu nad 2.NP
Oddíl 3	Konstrukce stropu nad 1.NP
Oddíl 4	Konstrukce stropu nad 1.NP Sloupy, průvlaky a zděné pilíře

Poznámka 1

V průběhu provádění projektových prací nebyly k dispozici dostatečné informace o pevnostních a přetvárných charakteristikách základových půd v podloží plánované stavby. Předběžný návrh základových konstrukcí, který byl proveden na základě poskytnutých informací byl vypracován ve statickém výpočtu z.č. 16 072 z 10.11.2016. Detailní návrh základů bude proveden po předání výsledků geologického průzkumu včetně výsledků laboratorních zkoušek.



Projekt: **16 072 ZŠ Starý Lískovec**

Úloha: **16 072 Tělocvična -
střecha a stěny 3.NP**

Statický výpočet

PROJEKT

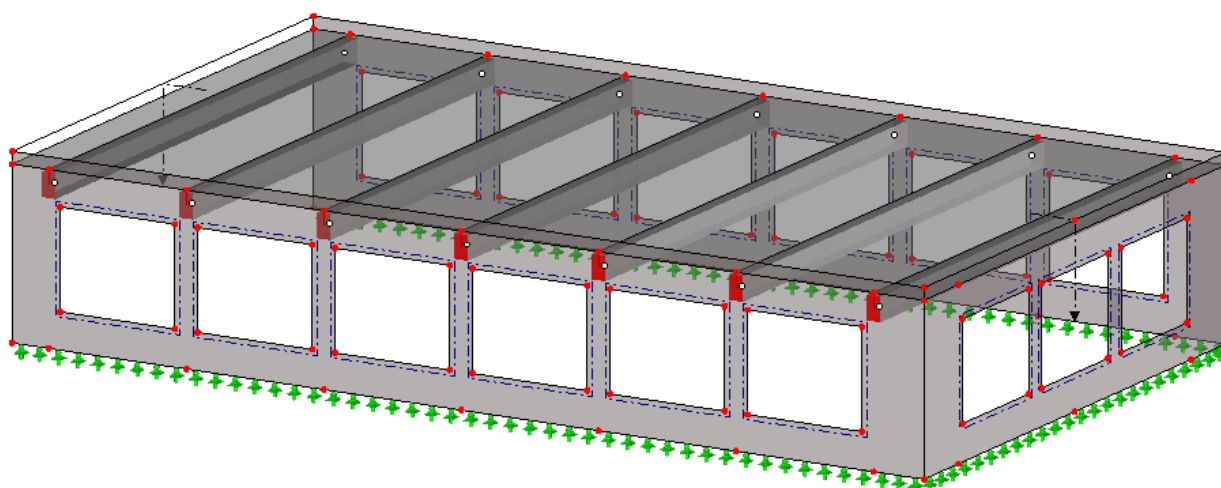
Přístavba základní a mateřské školy Elišky Přemyslovny 10
Dokumentace pro provedení stavby

Oddíl 1
Konstrukce stropu nad 3.NP.
Stěny 3.NP

INVESTOR

MČ Brno-Starý Lískovec

ZHOTOVITEL





Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny3.NP

OBSAH

	Konstrukce	2
1.3	Materiály	2
1.13	Průřezy	2
1.14	Klouby na koncích prutu	2
	Zatížení	3
	Zatěžovací stavy	3
	ZS 1 - Vlastní tíha	3
Obr.	SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	3
	ZS 2 - skladba podlah	3
	ZS 3 - užité	3
	Skupiny ZS	3
	Nastavení pro nelineární výpočet	3
	Výsledky - zatěžovací stavy, skupiny ZS	3

OBSAH

Obr.	Plochy m-x, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	4
Obr.	Průběhy výsledků v řezu s označením A	4
Obr.	Plochy m-y, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	5
Obr.	Pruty V-z, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	5
Obr.	Pruty M-y, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	6
Obr.	Pruty M-y, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	6
Obr.	Pruty M-y; Plochy m-y, SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	7

1.3 MATERIÁLY

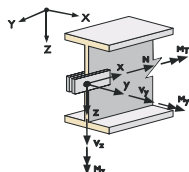
Materiál č.	Materiál - označení	Modul pružn. E [MPa]	Smyk. modul G [MPa]	Poisson. souč. μ [-]	Obj. tíha γ [kN/m ³]	Souč. tepl. rozst. α [1/°C]	Součinitel γ_M [-]
3	Beton C25/30 DIN 1045-1:2008-08 Materiálový model - Izotropní...	26700.000	11100.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
5	Cihly pevnostní třídy 8; malta skupiny II DIN 1053-1:1996-11 Materiálový model - Izotropní...	3000.000	1304.000	0.150	10.00	7.0000E-06	1.000

Obdélník 300/500



1.13 PRŮŘEZY

Průřez č.	Průřez-označení	Mater. č.	I_T [mm ⁴] A [mm ²]	I_y [mm ⁴] A_y [mm ²]	I_z [mm ⁴] A_z [mm ²]
6	Obdélník 300/500	3	2817196032 150000.0	3124999936 125000.0	1124999936 125000.0



1.14 KLOUBY NA KONCÍCH PRUTU

Kloub č.	Posuvný kloub resp. pružina [MN/m]			Momentový kloub resp. pružina [MNm/rad]			Komentář
	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny 3.NP

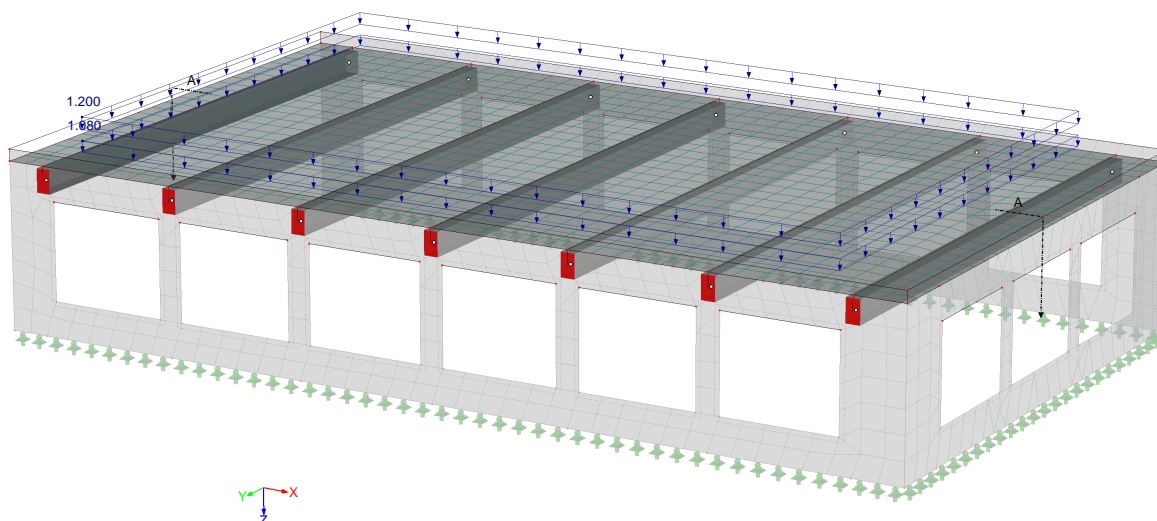
ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS č.	Označení ZS	Souč. ZS	Charakter zatížení	Vlastní tíha	Výpočetní teorie
1	Vlastní tíha	1.0000	Stálé	1.00	I. řád
2	skladba podlah	1.0000	Stálé	-	I. řád
3	užitné	1.0000	Proměnné	-	I. řád
4	užitné příčky	1.0000	Proměnné	-	I. řád

SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů

Izometrie



ZS2
skladba podlah

2.4 ZATÍŽENÍ NA PLOCHU

ZS2

č.	Na plochách č.	Zatížení typ	Zatížení průběh	Zatížení směr	Parametry zatížení		
					Symbol	Hodnota	Jednotky
4	41	Síla	Konstantní	ZL	p_1	0.800	kN/m ²

ZS3
užitné

2.4 ZATÍŽENÍ NA PLOCHU

ZS3

č.	Na plochách č.	Zatížení typ	Zatížení průběh	Zatížení směr	Parametry zatížení		
					Symbol	Hodnota	Jednotky
4	41	Síla	Konstantní	ZL	p_1	0.800	kN/m ²

SKUPINY SZS

SZS č.	Označení SZS	Součinitel	Zatěžovací stavy ve SZS	Výpočetní teorie
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	1.0000	1.35*SZS1 + 1.35*SZS2 + 1.5*SZS3 + 1.5*SZS4	II. řád

NASTAVENÍ PRO NELINEÁRNÍ VÝPOČET

SZS č.	Označení SZS	Příznivé působení tahových sil	Výsledky vydělit součinitelem SZS	Tuhost redukovat Gamou-M
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



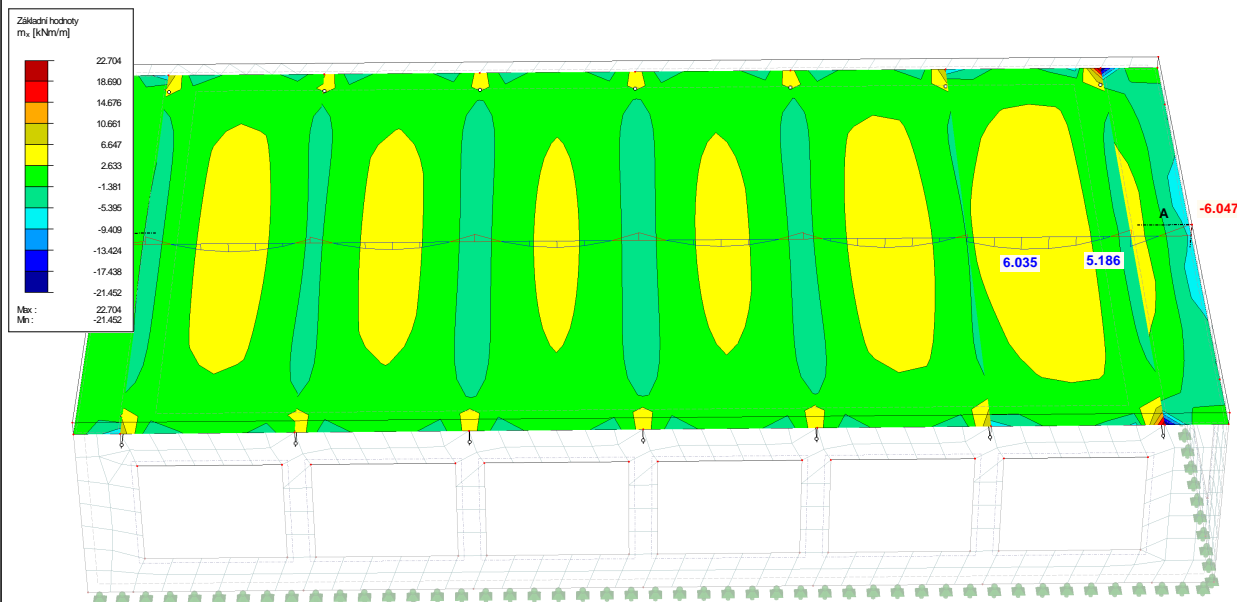
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny 3.NP

■ PLOCHY M-X, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

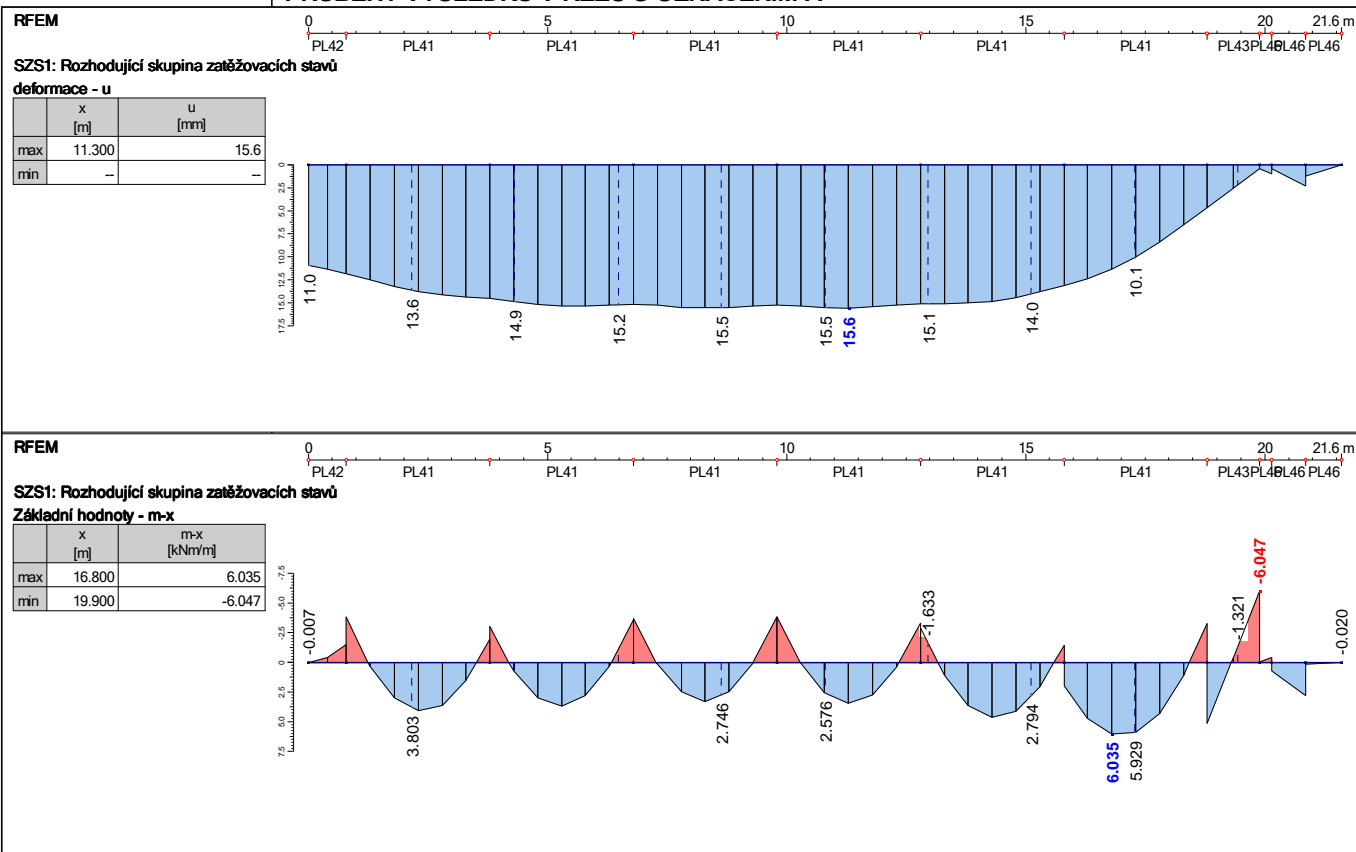
SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN/m]
Plochy m-x

Izometrie



Plochy Max m-x: 22.704, Min m-x: -21.452 [kNm/m]

■ PRŮBĚHY VÝSLEDKŮ V ŘEZU S OZNAČENÍM A





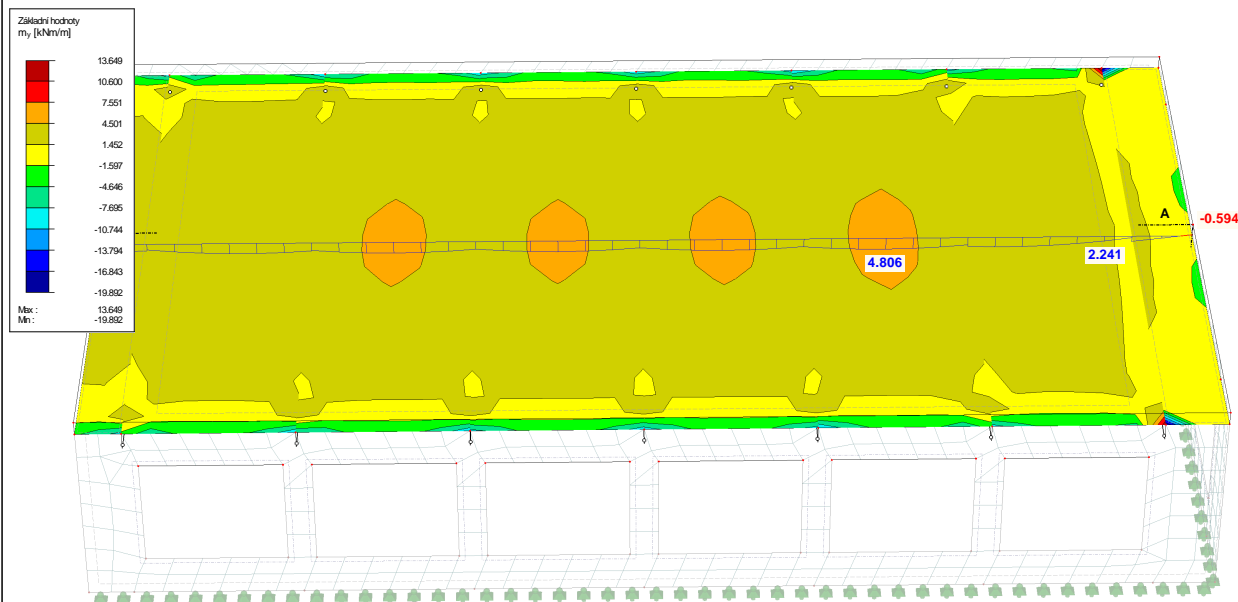
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny 3.NP

■ PLOCHY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN/m]
Plochy m-y

Izometrie

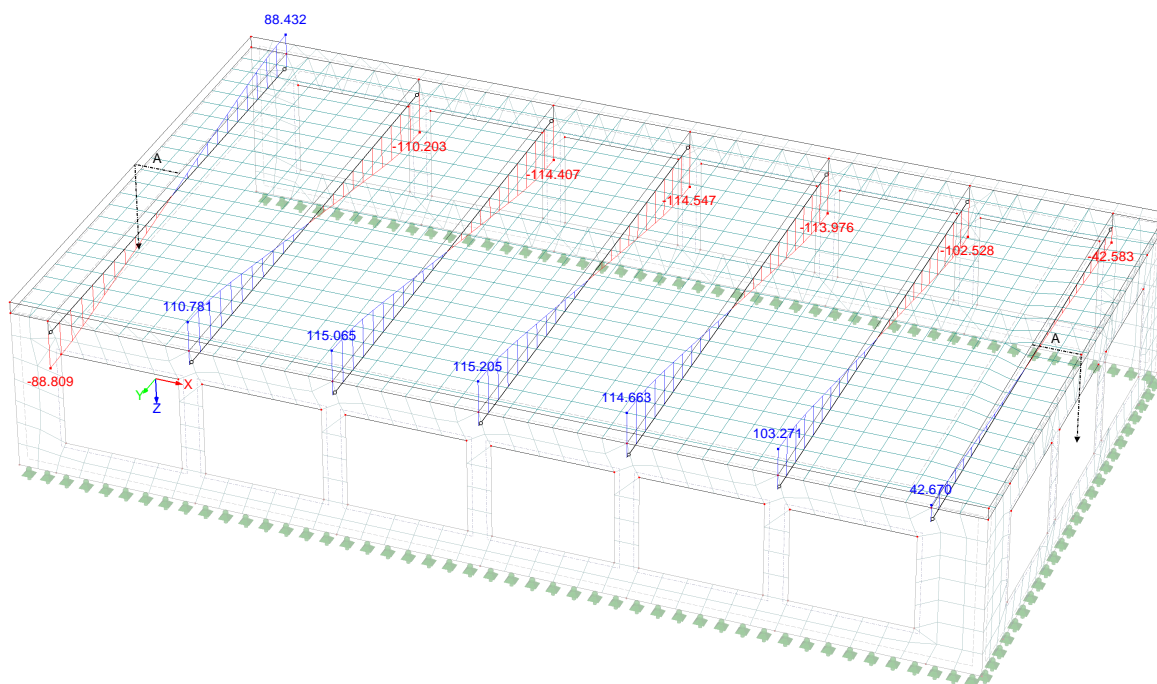


Plochy Max m-y: 13.649, Min m-y: -19.892 [kNm/m]

■ PRUTY V-Z, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN/m]
Pruty V-z

Izometrie



Pruty Max V-z: 115.205, Min V-z: -114.547 [kN]



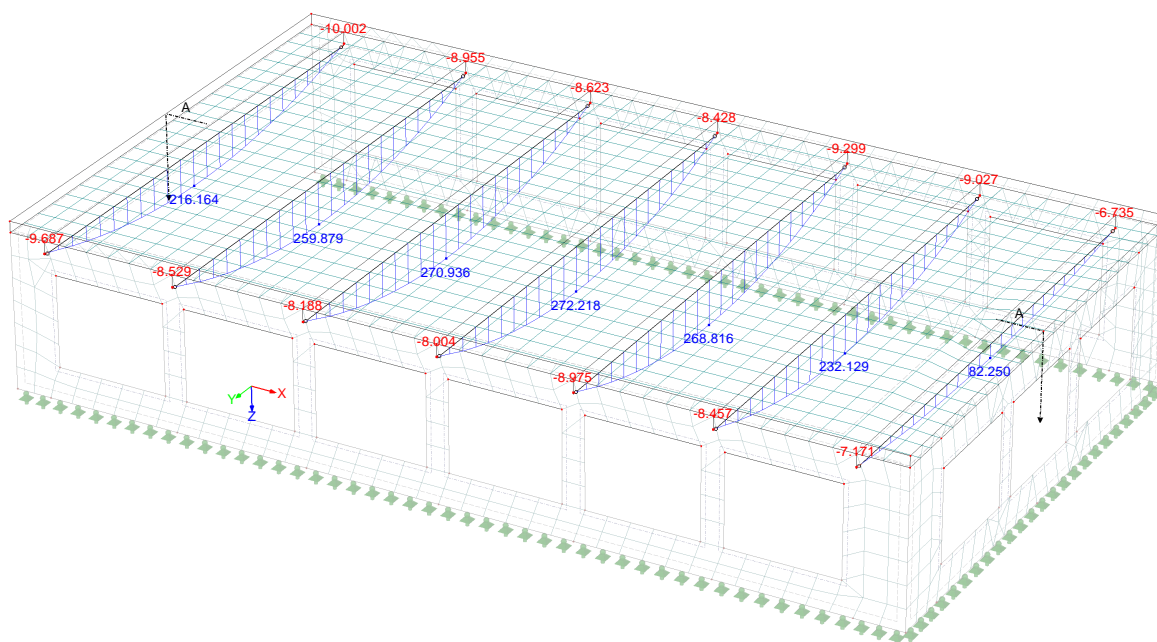
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny 3.NP

PRUTY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN/m]
Pruty M-y

Izometrie

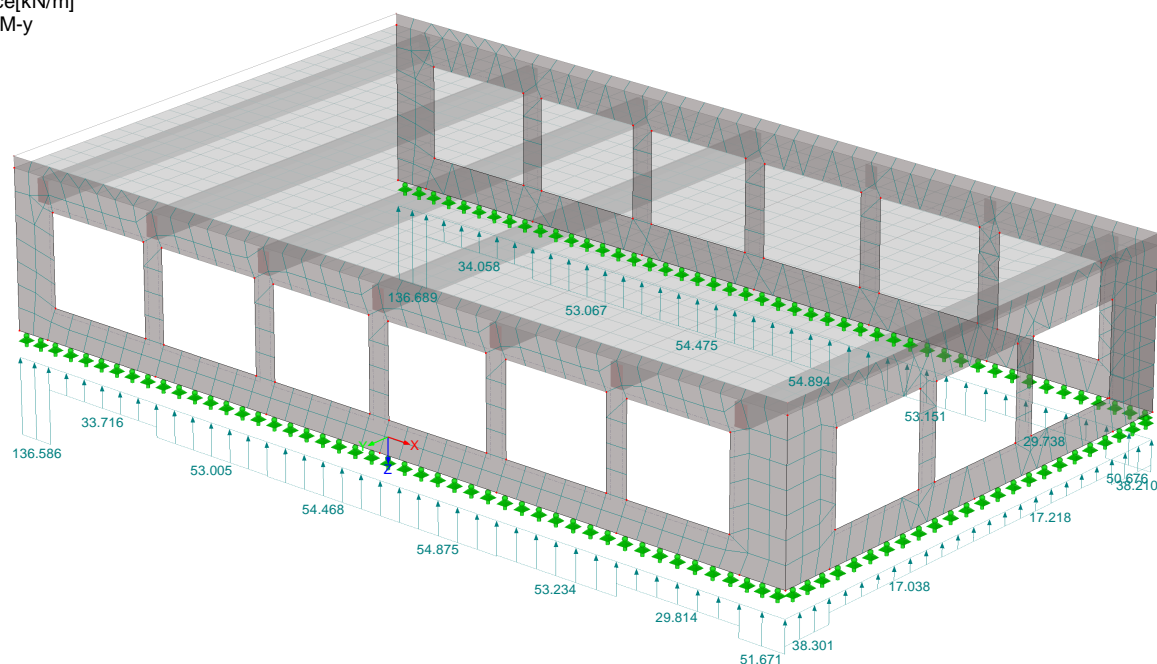


Pruty Max M-y: 272.218, Min M-y: -10.002 [kNm]

PRUTY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN/m]
Pruty M-y

Izometrie



Pruty Max M-y: -, Min M-y: -



Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
střecha a stěny3.NP

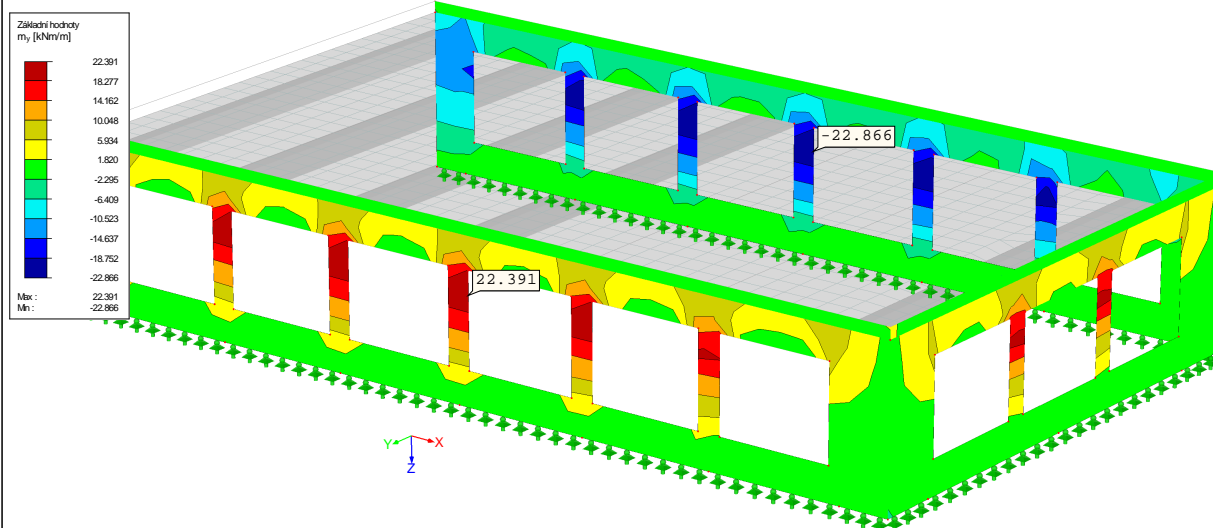
■ PRUTY M-Y; PLOCHY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů

Plochy m-y

Pruty M-y

Izometrie



Pruty Max M-y: -, Min M-y: -

Plochy Max m-y: 22.391, Min m-y: -22.866 [kNm/m]

Hodnoty: m-y [kNm/m]

**Posouzení dimenzí desky** strop nad 3.NP

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 6,10 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Rozdělovací

$$A_{s,roz,n} = 56,52$$

$$\phi = 6$$

$$a_{s,roz} = 100$$

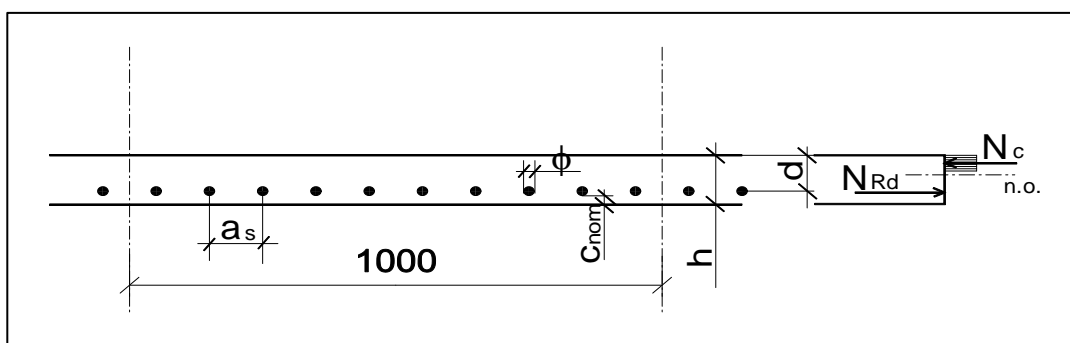
$$A_{s,roz} = 282,6$$

O.K.

max. vzdálenost

$$a_{s,roz} = 360$$

$$3. h = 400$$

**GEOMETRIE DESKY**

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

$$h = 120 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$C_{výztuže} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - C_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 92 \text{ mm}$$

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

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

$$C_{nom} = 25 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 6 \text{ mm}$$

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

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

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

plocha 1 ks

$$A_{st,1} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1B} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{st,1A} = 28,26 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st} = A_{st,1} \cdot (1/a_s)$$

$$A_{st} = 282,6 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na šířku desky b

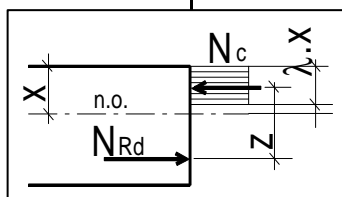
$$A_{stb} = A_{st} \cdot b$$

$$A_{stb} = 282,6 \text{ mm}^3$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 122,87 \text{ kN/m}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE

součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 9,22 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 88,31 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 10,85 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$6,10 \text{ kNm/m} \leq$$

$$10,85 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$282,6 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 124,384 \text{ mm}^2$$

$$282,6 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,10016541$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,61685824$$

Vyhovuje

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,00217391$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$



Posouzení dimenzí T trámu

Trám (žebro) stropu nad 3.NP v poli

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 273,00 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL B 500 charakteristická hodnota meze kluzu
dílčí součinitel spolehlivosti
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

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

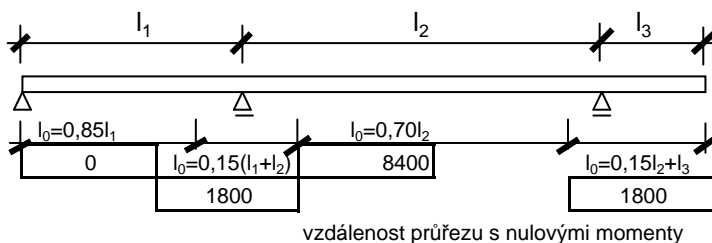
BETON C 25/30 charakteristická hodnota pevnosti
dílčí součinitel spolehlivosti
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Geometrie konstrukce - spolupůsobící šířka desky



$$l_1 = 0 \text{ mm}$$

$$l_2 = 12000 \text{ mm}$$

$$l_3 = 0 \text{ mm}$$

$$l_0 = 12000 \text{ mm}$$

vzdálenost průřezu s nulovými momenty

$$0,1 \cdot l_0 = 1200$$

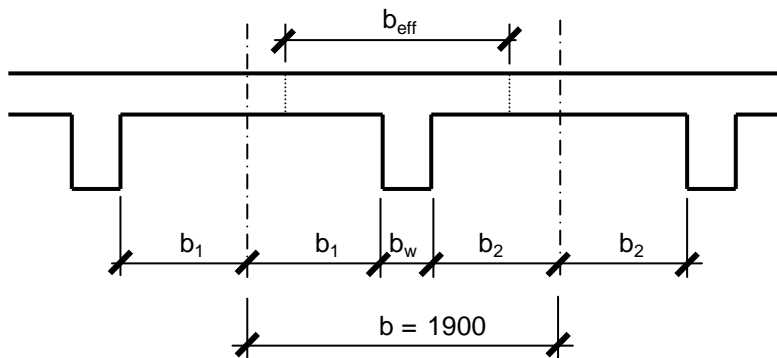
$$0,2 \cdot l_0 = 2400$$

podmínky:

$$b_{eff,i} \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_1$$

$$b_{eff} \leq b$$



$$h_f = 120 \text{ mm}$$

$$h_b = 480 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

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

$$b_2 = 800 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 1360 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 1360 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b_w = 1900$$

$$b_{eff,1} = 800 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 800 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1900 \text{ mm}$$

GEOMETRIE TRÁMU

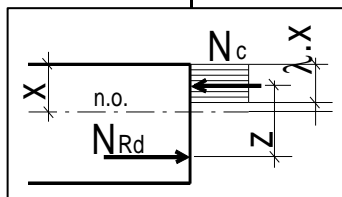
KRYTÍ $c_{výztuže} = 35 \text{ mm}$ $d = h - c_{nom} - \phi / 2$ $h = 600 \text{ mm}$
 $\Delta c = 0 \text{ mm}$ $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ $d = 556 \text{ mm}$
 $c_{nom} = 35 \text{ mm}$

VÝZTUŽ

profil A $\phi = 18 \text{ mm}$ kusů = 6
profil B $\phi = 18 \text{ mm}$ kusů = 6
plocha 1 ks A $A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$ $A_{st,1} = 254,34 \text{ mm}^2$
plocha 1 ks B $A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$ $A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$
pl. výztuže celkem $A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$ $A_{st} = 1526,04 \text{ mm}^2$
maximální únosnost výztuže $N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$ $N_{Rd} = 663,50 \text{ kN}$



VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 26,19 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 545,52 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 361,95 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$273,00 \text{ kNm/m} \leq$$

$$361,95 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Ověření maximální a minimální plochy výztuže

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 45600 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$1526,04 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 1409,007 \text{ mm}^2$$

$$1526,04 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,047105$$

Podmínka

$$\xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

Vyhovuje

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

PŘÍČNÁ VÝZTUŽ NAD TRÁMEM

ohybový moment nad podporou

$$M_{Ed} = 6,10 \text{ kNm/m}$$

ohybová únosnost daná příčnou výztuží

$$M_{Rd} = 10,85 \text{ kNm/m}$$

plocha výztuže na 1 m šíře desky

$$A_{sf,0,1m} = 282 \text{ mm}^2$$

nutná plocha výzt. na 1 m šíře desky

$$A_{sf,0,n,1m} = 159 \text{ mm}^2$$

Podélné smykové napětí ve styku trámu s přírubou

změna normálové síly v přírubě

$$\Delta F = b_{eff,1} \cdot \lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$\Delta F = 279 \text{ kN}$$

vzdálenost mezi průřezy s maximálním a nulovým momentem

$$\Delta x = 6000 \text{ mm}$$

podélné smykové napětí

$$v_{Ed} = \Delta F / (h_f \cdot \Delta x)$$

$$v_{Ed} = 388 \text{ kPa}$$

$$\text{podmínka } v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$$

je splněna - stačí výztuž pro příčný ohyb

Nutná plocha příčné betonářské výztuže na 1m (smyk)

$$A_{sf,n,1m} \geq 107 \text{ mm}^2$$

$$A_{sf,n} \geq v_{Ed} \cdot h_f \cdot s_f / (f_{yd} \cdot \cot \theta_f)$$

Podmínka "nerozdrcení" tlakové diagonály

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$v_{Ed} \leq v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f$$

splněna

$$v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f = 6364 \text{ kPa}$$

Nutná plocha výztuže:

příčný ohyb:

$$A_A = 159 \text{ mm}^2$$

polovina výztuže smyku:

$$A_{B/2} = 54 \text{ mm}^2$$

součet:

$$A_{A+B/2} = 212 \text{ mm}^2$$

Nutná plocha výztuže s přihlédnutím ke smyku a příčnému ohybu

$$A_{nutná} = 159 \text{ mm}^2$$

nad trámem postačuje stávající výztuž, není nutné další vyztužení plochu výztuže zvětšit o

$$0 \%$$

profil	mm
po	150 mm

$$A_{sf,0,1m} = 0 \text{ mm}^2$$

**Kontrola průhybu**

rozpětí prvku

$$l = 12,00 \text{ m}$$

mezní poměr rozpětí / účinná výška

$$l/d = 21,6$$

referenční stupeň vyztužení

$$\rho_o = (f_{ck})^{1/2} \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_o = 0,01903$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho = A_{st}/(b \cdot d)$$

$$\rho = 0,00915$$

součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

pro poměr $b_2/b_1 \geq 3$

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

v ostatních případech

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel závislý na rozpětí

$$\kappa_{c2} = 0,583333$$

 $\kappa_{c2} = 1$ pro $l \leq 7$

$$\kappa_{c2} = 7/l$$

pro $l > 7$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = (500/f_{yk}) \cdot M_{Rd}/M_{Ed}$$

$$\kappa_{c3} = 1,78$$

koeficient zohledňující konstrukční systémy

$$K = 1$$

prostě podepřený nosník (deska)

$$K=1,0$$

krajní pole spojitého nosníku (desky)

$$K=1,3$$

vnitřní pole nosníku nebo desky

$$K=1,5$$

deska lokálně podepřená

$$K=1,2$$

konzola

$$K=0,4$$

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

$$\text{pro } \rho \leq \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/\rho) + 3,2(f_{ck})^{1/2} \cdot ((\rho_o/\rho) - 1))^{3/2}$$

$$44,54$$

$$\text{pro } \rho > \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/(\rho - \rho')) + (1/12) \cdot (f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho'/\rho_o)^{1/2})$$

$$26,60$$

$$\rho \leq \rho_o$$

$$\lambda = 44,54$$

Vymezující ohybová štíhlost

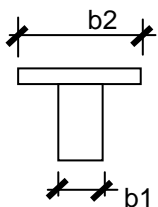
$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda$$

$$\lambda_d = 36,97$$

$$l/d \leq \lambda_d$$

není nutné počítat průhyb

	Mpa
$(f_{ck})^{1/2} =$	5



$b_2/b_1 =$	6,333333
-------------	----------



KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽE

Kotevní délky výztuže

Průměr kotveného prutu	$\phi =$	18 mm	
součinitel závislý na průměru prutu	$\eta_2 =$	1	
Součinitel (závislý na kvalitě podmínek a poloze)	$\eta_1 =$	1	(dobré = 1, ostatní = 0,7)
Napětí v prutu (v místě od kterého se měří kotevní délka)	$\sigma_{sd} =$	435 Mpa	($\sigma_{sd} = f_{yd}$)
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctk,0,05} =$	1,8 Mpa	
(omezeno hodnotou udanou pro beton C60/75 3,0 Mpa)			
Dílčí součinitel spolehlivosti betonu	$\gamma_c =$	1,5	
Návrhová hodnota pevnosti betonu	$f_{ctd} =$	1,2 Mpa	($f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/\gamma_c$)
Návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti	$f_{bd} =$	2,7 Mpa	
$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$			

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd})$$

$$l_{b,rqd} = 725 \text{ mm}$$

Minimální kotevní délka

tah - $l_{b,min} > \max(0,3l_{b,rqd}, 10\phi, 100\text{mm})$	218	180	100	$l_{b,min} =$	218 mm
tlak - $l_{b,min} > \max(0,6l_{b,rqd}, 10\phi, 100\text{mm})$	435	180	100	$l_{b,min} =$	435 mm

Hodnoty součinitelů α

		pro tlačení prut		$\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3= 1$	
$c_d =$	25	mm			
		přímý prut		ostatní	
0,94	1,24	$\alpha_1 =$	1	$\alpha_1 =$	1
0,94	1,00	$\alpha_2 =$	0,94	$\alpha_2 =$	1,00
				$\alpha_3 =$	1
ovinutí přivařenou výztuží				$\alpha_4 =$	1 ano= 0,7, ne=1
podmínka: $(\alpha_2*\alpha_3*\alpha_5) \geq 0,7$					
0,9416667	1,00	$\alpha_2*\alpha_3 =$	0,9417	$\alpha_2*\alpha_3 =$	1,00
přímý prut		$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$		0,942	
ostatní		$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$		1,00	

NÁVRHOVÉ KOTEVNÍ DÉLKY

tlačený prut	$l_{bd} =$	725 mm
tažený prut přímý	$l_{bd} =$	683 mm
tažený prut ostatní	$l_{bd} =$	725 mm

**Posouzení smyku** T-Trám strop nad 3.NP

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 115,20 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL** **B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON **C 25/30**

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

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

účinná výška

$$d = 556 \text{ mm}$$

plocha započítatelné podélné výztuže

$$A_{sl} = 1526 \text{ mm}^2$$

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = 0,009149$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d)$$

$$0,009149 \text{ maximálně } 0,02$$

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 90,89 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 59,06 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 90,89 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 57 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1+\cotg \alpha)$

$$417 \text{ (max 400)}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda \cdot x) / 2$

$$z = 545 \text{ mm}$$

redukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1-f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 165,83 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonál

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 510,89 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} > V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,000942$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{yd} / (b_w * s) = 0,410 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,59976 \quad 2$$

$$k = 1,5998$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$18 \quad 6$$

$$\text{plocha} \quad 1526$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{celkem} \quad 1526$$

Třmínky

profil stříhů

$$6 \quad 2$$

$$\text{plocha} \quad 57$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 417$$

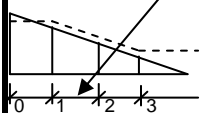
$$0,75d = 417$$

$$\text{max} \quad 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh ΔI

$$z * \cotg \theta = 1350$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)



Výpočet napjatosti - průřez s trhlinou

T-Trám

Účinky zatížení

ohybový moment od charakteristického zatížení

$$M_k = 198,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

modul pružnosti betonářské výztuže

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

BETON

C 25 / 30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

návrhová hodnota pevnosti

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

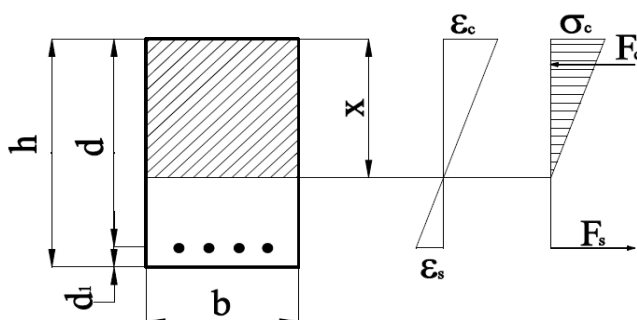
střední hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

střední hodnota sečnového modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

Průřez s trhlinou



Geometrie prvku

$$h = 600 \text{ mm}$$

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

$$d_1 = 43 \text{ mm}$$

$$d = 557 \text{ mm}$$

Výztuž

průměr prutu

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

počet kusů

$$n = 6 \text{ kusů}$$

krycí vrstva podélné výztuže

$$c = 34 \text{ mm}$$

plocha výztuže

$$A_s = 1527 \text{ mm}^2$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$\alpha_e = 6,35$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrální osa

$$x = (\alpha_e / b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$$

$$x = 160,2 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 48059 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 1938597734 \text{ mm}^4$$

Napětí extrémě namáhaných vláken

tlakové napětí v betonu

$$\sigma_c = M_{Ed} * x / I_{ir}$$

$$\sigma_c = 16,36 \text{ Mpa}$$

tahové napětí ve výztuži

$$\sigma_s = M_{Ed} * (d - x) * \alpha_e / I_{ir}$$

$$\sigma_s = 257,52 \text{ Mpa}$$

OMEZENÍ NAPĚTÍ

pro třídy prostředí XD, XF a XS

$$\text{podmínka } \sigma_c \leq 0,6f_{ck} =$$

$$15,0$$

nevyhovuje

pro lineární dotvarování

$$\text{podmínka } \sigma_c \leq 0,45f_{ck} =$$

$$11,25$$

nevyhovuje

pro tahové napětí ve výztuži

$$\text{podmínka } \sigma_s \leq 0,8f_{yk} =$$

$$400$$

splněno

f_{ck}	25
$f_{ck, cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk, 0,05}$	1,8
$f_{ctk, 0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50



hladký povrch jsou
např. předpínací vložky

$$5(c+\phi/2)$$

$$215 \text{ mm}$$

OK

> s

pro beton stáří 28 dní

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$f_{ct,eff} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Výpočet charakteristické šířky trhlin

součinitel soudržnosti (velká soudržnost = 0,8, hladký povrch = 1,6)

$$k_1 = 0,8$$

souč. rozdělení poměrného přetvoření (ohyb = 0,5, prostý tah = 1)

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,40$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s = 50,0 \text{ mm}$$

vzdálenost soudržné výztuže

$$s = b/n$$

plocha betonu obklopující

$$2,5(h-d) = 107,5$$

taženou výztuž

$$(h-x)/3 = 146,6$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b$$

$$h/2 = 300$$

min →

$$h_{c,eff} = 107,50 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} = 32250 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,047$$

maximální vzdálenost trhlin

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,ef}$$

$$s_{r,max} = 180,24 \text{ mm}$$

součinitel doby trvání (krátkodobá zatížení = 0,6, dlouhodobá = 0,4)

$$k_t = 0,4$$

rozdíl průměrných hodnot poměrného přetvoření výztuže a betonu mezi trhlinami

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (\sigma_s - k_t (f_{ct,eff} / \rho_{p,eff}) * (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})) / E_s$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 1,15 \cdot 10^{-3}$$

podmínka - minimálně

$$0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,77 \cdot 10^{-3}$$

$$1,15 \cdot 10^{-3}$$

Charakteristická šířka trhlin

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

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

doporučená šířka trhlin w_{max}

Třída prostředí	Prvky železobetonové, předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazistálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4*)	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2**)
XD1, XD2, XS1 až XS3	0,3	dekomprese

*) V prostředí X0 a XC1 nemá šířka trhlin vliv na trvanlivost konstrukce; tato limitní hodnota má vést k obecně přijatelnému vzhledu. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, není nutné šířku kontrolovat.

**) Pro tyto stupně vlivu prostředí má být též posouzena dekomprese při kvazistálé kombinaci zatížení.



CHARAKTERISTIKY BETONU V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ

pro teplotu 20°C

f_{ck}	25
$f_{ck,cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50

BETON

C 25 / 30

T-Trám

průměrná pevnost betonu v tlaku

$$f_{cm} = 33 \text{ Mpa}$$

průměrná pevnost betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

stáří betonu v uvažovaném okamžiku

$$t = 18250 \text{ dní}$$

Použitý druh cementu

R,N,S

druh = N

 $s = 0,20$ pro rychle tuhnoucí vysokopevnostní cementy (R) $s = 0,25$ pro normální a rychle tuhnoucí cementy (N) $s = 0,38$ pro pomalu tuhnoucí cementy (S)

koeficient závislý na druhu cementu

$$s = 0,25$$

$$\exp = s(1-(28/t)^{1/2})$$

$$\exp = 0,24020764$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{\exp}$$

$$\beta_{cc}(t) = 1,27151293$$

Pevnost v tlaku ve stáří t dní

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$$

$$f_{cm}(t) = 41,96 \text{ Mpa}$$

Pevnost v tahu ve stáří t dní

$$\alpha = 0,667$$

 $\alpha = 1$ pro $t < 28$ dní $\alpha = 2/3$ pro $t > 28$ dní

$$f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot \alpha \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctm}(t) = 3,01 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti bet. ve stáří t dní

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3} E_{cm}$$

$$E_{cm}(t) = 33,83 \text{ Gpa}$$

Poměrné přetvoření od dotvarování a smršťování

Geometrie prvku

celková výška příčného řezu

$$h = 650 \text{ mm}$$

celková šířka příčného řezu

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

průřezová plocha

$$A_c = 195000 \text{ mm}^2$$

obvod prvku $u_A = 2 \cdot (h+b)$

$$u_A = 1900 \text{ mm}$$

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 1600 \text{ mm}$$

náhradní rozměr prvku $h_0 = 2A_c/u$

$$h_0 = 244 \text{ mm}$$

Relativní vlhkost okolního prostředí

vnitřní 50%, vnější 80%

$$RH = 80 \%$$

součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti

$$\varphi_{RH} = 1,3202$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = 1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3}))$$

$$1,320171$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = (1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3})) \cdot \alpha_1) \cdot \alpha_2$$

$$1,349421$$

$$\beta_H = 790,98$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \leq 1500$$

$$791,0$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1501 \alpha_3$$

$$798,4$$

součinitel vystihující vliv pevnosti betonu

$$\beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} \cdot ((9/(2 + t_{0,T}^{1,2})) + 1)^\alpha$$

upravený hodnota v závislosti na cementu

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1 + t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,88582835$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,98733323$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi(t, t_0) = 1,861941$$

součinitel dotvarování v čase $t = \infty$

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,88582835$$

součinitele vlivu pevnosti betonu
$\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0,7}$
$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0,2}$
$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0,5}$
$\alpha_1 = 1,042048$
$\alpha_2 = 1,011838$
$\alpha_3 = 1,029857$

790,98

798,44

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0



$RH_0 =$	100 %
$f_{cmo} =$	10 Mpa

vliv cementu	
cement	N
$\alpha_{ds1} =$	4
$\alpha_{ds2} =$	0,12

Poměrné přetvoření od smršťování vysycháním

$$\beta_{RH} = 1,55(1 - (RH/RH_0)^3)$$

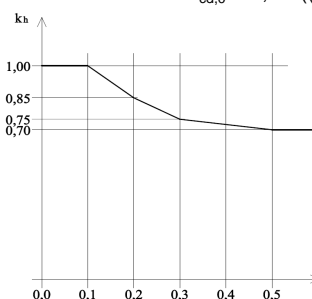
$$\beta_{RH} = 0,756$$

$$\exp = -\alpha_{ds2} * (f_{cm}/f_{cmo})$$

$$\exp = -0,396$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 * ((220 + 110\alpha_{ds1}) * e^{\exp}) * \beta_{RH} * 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,00028558$$



$$h_0 = 0,244 \text{ m} \longrightarrow k_h = 0,80625$$

konečná hodnota smrštění vyvozeného vysycháním

$$\varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = \varepsilon_{cd,0} k_h \quad \varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = 0,0002303$$

stáří betonu na začátku vysychání

 h_0 (konec ošetřování betonu)

$$t_s = 28 \text{ dní}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / ((t - t_s) + 0,04(h_0^{3/2}))$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,99999974$$

poměrné smrštění v čase

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd}(\infty, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = 0,00023025$$

Autogenní smršťování

$$\exp2 = (-0,2t^{0,5})$$

$$\exp2 = -27,0$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{\exp2}$$

$$\beta_{as}(t) = 1$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 0,0000375$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = 0,0000375$$

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,0002678$$

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0

$$\text{součinitel vystihující vliv pevnosti betonu} \quad \beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} * ((9/(2 + t_{0,T}^{1,2})) + 1)^\alpha \quad \text{upravený hodnota v závislosti na cementu}$$

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1 + t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,88582835$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,98733323$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi_{cs}(t, t_0) = 1,861941$$

součinitel dotvarování v čase t = ∞

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi_{cs}(\infty, t_0) = 1,88582835$$



Výpočet přetvoření - průřez s trhlinou - dlouhodobě působící zatížení

Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálého zatížení v kritickém průřezu

$$M_k = 155,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

modul pružnosti betonářské výztuže

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

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

návrhová hodnota pevnosti

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

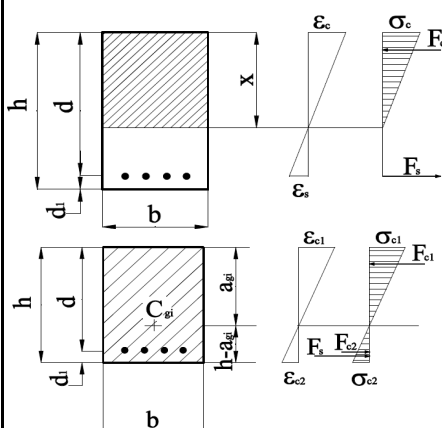
střední hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

střední hodnota sečnového modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

Průřez s trhlinou a bez trhliny



Geometrie prvku

výška

$$h = 650 \text{ mm}$$

šířka

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

$$d_1 = 34 \text{ mm}$$

$$d = 616 \text{ mm}$$

Výztuž

průměr prutu

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

počet kusů

$$n = 6 \text{ kusů}$$

krytí

$$c = 25 \text{ mm}$$

plocha výztuže

$$A_s = 1527 \text{ mm}^2$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,885$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 10,91 \text{ Gpa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,33$$

$$\alpha_e - 1 = 17,33$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e / b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$$

$$x = 258,3 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 77500 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 5304396993 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 26461 \text{ mm}$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 195000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 221461 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 360 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 6865625000 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c * (a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 8838653295 \text{ mm}^4$$

ohybový moment na hranici vzniku trhlin

$$M_{cr} = 78,11 \text{ kNm}$$

Ohybová poddajnost průřezu bez trhliny $C_I = 1 / (E_{c,eff} * I_i)$

$$C_I = 0,000010 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Ohybová poddajnost průřezu s trhlinou $C_{II} = 1 / (E_{c,eff} * I_{ir})$

$$C_{II} = 0,000017 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\sigma_{c2} = M_{cr} * (h - a_{gi}) / I_i$$



součinitel trvání zatížení $\beta = 1$...jednorázové, krátkodobé
 $\beta = 0,5$...dlouhodobé nebo opakované
spolupůsobení betonu mezi trhlinami $\zeta = 1 - \beta(M_{cr}/M_k)^2$

$$\beta = 0,5$$
$$\zeta = 0,8730$$

ohybová křivost $(1/r_m) = (1 - \zeta) * (M_k/E_{c,eff} * I_i) + \zeta * (M_k/E_{c,eff} * I_{ir})$

$$(1/r_m) = 0,002542 \text{ m}^{-1}$$

rozpětí prvku
součinitel závislí na průběhu ohybového momentu

$$l = 12 \text{ m}$$
$$k = 0,105$$

Průhyb od zatížení a dotvarování

$$f_{g,lt} = k * l^2 * (1/r_m)$$

$$f_{g,lt} = 0,038 \text{ m}$$

Poměrné přetvoření od smršťování

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,0002678$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,885$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 10,91 \text{ Gpa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,33$$

$$\alpha_e - 1 = 17,33$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e/b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2))^{1/2})$$

$$x = 258,3 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 77500 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 5304396993 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 26461 \text{ mm}$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_{ir} = A_s(d - x)$$

$$S_{ir} = 546074,8473 \text{ mm}^3$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 195000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 221461 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 360 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 6865625000 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 8838653295 \text{ mm}^4$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_i = A_s(d - a_{gi})$$

$$S_i = 391203,8959 \text{ mm}^3$$

ohybová křivost

$$(1/r_{cs}) = (1 - \zeta) * \varepsilon_{cs} * \alpha_e (S_i/I_i) + \zeta * \varepsilon_{cs} * \alpha_e (S_{ir}/I_{ir})$$

$$(1/r_{cs}) = 0,000469 \text{ m}^{-1}$$

Průhyb od smršťování a dotvarování

$$f_{cs} = 0,125 * l^2 * (1/r_{cs})$$

$$f_{g,lt} = 0,008 \text{ m}$$

Posouzení dlouhodobého průhybu od zatížení a smršťování včetně dotvarování

Celkový průhyb

$$f_{lt} = f_{lt,g} + f_{cs}$$

$$f_{lt} = 0,0469 \text{ m}$$

Podmínka:

$$f_{lt} \leq f_{lim}$$

$$0,0469$$

$$\leq$$

$$0,0480$$

splněna

Požadovaná
hodnota průhybu

$$f_{lim} = L / 250$$

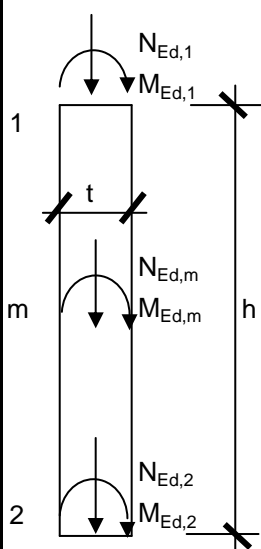
$$f_{lim} = 0,048 \text{ m}$$

doporučená hodnota
L/250

průhyb po zabudování
prvku L/500



Nevyztužená zděná stěna zatížená svislým zatížením



Zděný sloupek mezi okny

Geometrie stěny

výška stěny = světlá výška podlaží	$h =$	3,00 m
tloušťka stěny ve směru výstřednosti	$t = t_{ef} =$	0,300 m
šířka průřezu	$b =$	0,50 m

Zatížení

v hlavě stěny	$N_{Ed,1} =$	150,0 kN
	$M_{Ed,1} =$	11,0 kNm
uprostřed výšky stěny	$N_{Ed,m} =$	152,0 kN
	$M_{Ed,m} =$	7,0 kNm
v patě stěny	$N_{Ed,2} =$	154,0 kN
	$M_{Ed,2} =$	2,0 kNm

podélná styčná spára

ne $K = 0,45$

$$2f_b = 35$$

γ_M	
pálené	2,0
Ytong	2,7
silka	2,2

modul pružnosti	
$E = K_E \cdot f_k$	Mpa
$E =$	6591,21

výstřednost	
0,073	
0,046	0,073
0,013	

$$0,25 t = 0,075$$

pevnost zdícího prvku v tlaku (maximálně 75 Mpa) $f_u = 15$ Mpapevnost malty v tlaku (max. 20 Mpa, max. $2f_b$) max = 20 $f_m = 10$ Mpanejmenší půdorysný rozměr prvku $\bar{s} = 300$ mmvýška prvku $v = 250$ mmkoeficient zdícího prvku z tab. 3.1. $\delta = 1,15$ normalizovaná pevnost zdícího prvku v tlaku $f_b = \delta f_u$ $f_b = 17,25$ MpaMateriálové charakteristiky $f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3}$ charakteristická pevnost zdiva v tlaku $f_k = 6,59$ Mpa $\gamma_M = 2$ návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = f_k / \gamma_M$ $f_d = 3,30$ součinitel pro výpočet modulu pružnosti zdiva (pálené atd. 1000, porobeton 700) $K_E = 1000$ Součinitel ρ_n v závislosti na podepření stěny

podepření pouze v hlavě a patě

a	železobetonové stropy oboustranně uloženy ve stejné úrovni	$\rho_2 = 0,75$
b	žb. strop jednostranně, uložení alespoň 2/3 tloušťky (min. 85 mm)	$\rho_2 = 0,75$
c	stejně jako a,b při výstřednosti zatížení větší než 0,25 t	$\rho_2 = 1,00$
d	stejně jako a,b ale dřevěný strop	$\rho_2 = 1,00$

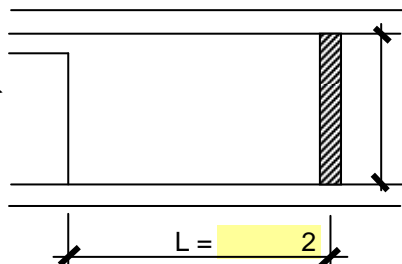
u lehkých dřevěných a ocelových střeš

e	u budov s několika trakty	$\rho_2 = 1,25$
f	u budov s jedním traktem	$\rho_2 = 1,50$

g není-li zhlaví opřeno $\rho_2 = 2,00$ h stěny podepřené po třech stranách $\rho_3 = 0,25$ až 1,00i stěny podepřené po čtyřech stranách $\rho_4 = 0,083$ až 1,00Součinitel ρ_2 $\rho_2 = 0,75$



součinitel ρ_3
 $h/L = 1,4$



$$h \leq 3,5L$$

$$\rho_3 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (3 * L))^2)$$

$$0,668$$

$$h > 3,5L$$

$$\rho_3 = 1,5 * L / h \geq 0,3$$

$$0,3$$

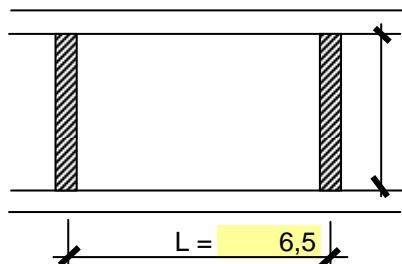
$$1,071$$

$$h = 2,8$$

$$1,071$$

$$\rho_3 = 0,668$$

součinitel ρ_4
 $h/L = 0,431$



$$h \leq 1,15L$$

$$\rho_4 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (L))^2)$$

$$0,679$$

$$h > 1,15L$$

$$\rho_3 = 0,5 * L / h$$

$$1,161$$

$$h = 2,8$$

$$\rho_4 = 0,679$$

mezni štíhlost = 27

součinitel podepření stěny

$$\rho_n = 1$$

vzpěrná výška stěny

$$h_{ef} = \rho_n * h$$

$$h_{ef} = 3,00 \text{ m}$$

minimální výstřednost

štíhlostní poměr stěny

$$h_{ef} / t_{ef} = 10,0 < 27$$

splněno

$$0,05 t = 0,015$$

Ověření spolehlivosti průřezu v hlavě stěny

konečná hodnota dotvarování Φ_∞	
pálené	0,5-1,5
váp. písek	1,0-2,0
beton	1,0-2,0
bet. lehký	1,0-3,0
pórobeton	0,5-1,5

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,1} = M_{Ed,1} / N_{Ed,1}$	$e_{d,1} = 0,073 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,007 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_1 = e_{d,1} + e_{init}$	$e_1 = 0,080 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_1 = 1 - 2 * e_1 / t$	$\Phi_1 = 0,4667$
únosnost průřezu	$N_{Rd,1} = \Phi_1 * f_d * b * t$	$N_{Rd,1} = 230,69 \text{ kN}$ O.K.

Ověření spolehlivosti průřezu uprostřed výšky stěny

$$\Phi_\infty = 1,5$$

$h_{ef} / t_{ef} =$	10,0
$e_{mk} / t =$	0,18831
$(t * e_m)^{1/2} =$	0,126

$e =$	2,71828
$u^2 / 2 =$	0,12342
$(-u^2 / 2) =$	-0,1234

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,m} = M_{Ed,m} / N_{Ed,m}$	$e_{d,m} = 0,046 \text{ m}$
výstřednost od zatížení a imperfekcí	$e_m = e_{d,m} + e_{init}$	$e_m = 0,053 \text{ m}$
výstřednost od dotvarování	$e_k = 0,002 \Phi_\infty (h_{ef} / t_{ef}) * (t * e_m)^{1/2}$	$e_k = 0,004 \text{ m}$
celková výstřednost (min 0,05t)	$e_{mk} = e_m + e_k$	$e_{mk} = 0,056 \text{ m}$
	$\lambda = (h_{ef} / t_{ef}) * (f_k / E)^{1/2}$	$\lambda = 0,3162$
	$u = (\lambda - 0,063) / (0,73 - 1,17 * (e_{mk} / t))$	$u = 0,4968$
	$A = 1 - 2 * e_{mk} / t$	$A = 0,6234$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_m = A * e^{(-u^2 / 2)}$	$\Phi_m = 0,551$
únosnost průřezu	$N_{Rd,m} = \Phi_m * f_d * b * t$	$N_{Rd,m} = 272,38 \text{ kN}$ O.K.

Ověření spolehlivosti průřezu v patě stěny

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,2} = M_{Ed,2} / N_{Ed,2}$	$e_{d,2} = 0,013 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,0067 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_2 = e_{d,2} + e_{init}$	$e_2 = 0,020 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_2 = 1 - 2 * e_2 / t$	$\Phi_2 = 0,869$
únosnost průřezu	$N_{Rd,2} = \Phi_2 * f_d * b * t$	$N_{Rd,2} = 429,57 \text{ kN}$ O.K.



Projekt: **16 072 ZŠ Starý Lískovec**

Úloha: **16 072 Tělocvična -
prováděcí**

Statický výpočet

PROJEKT

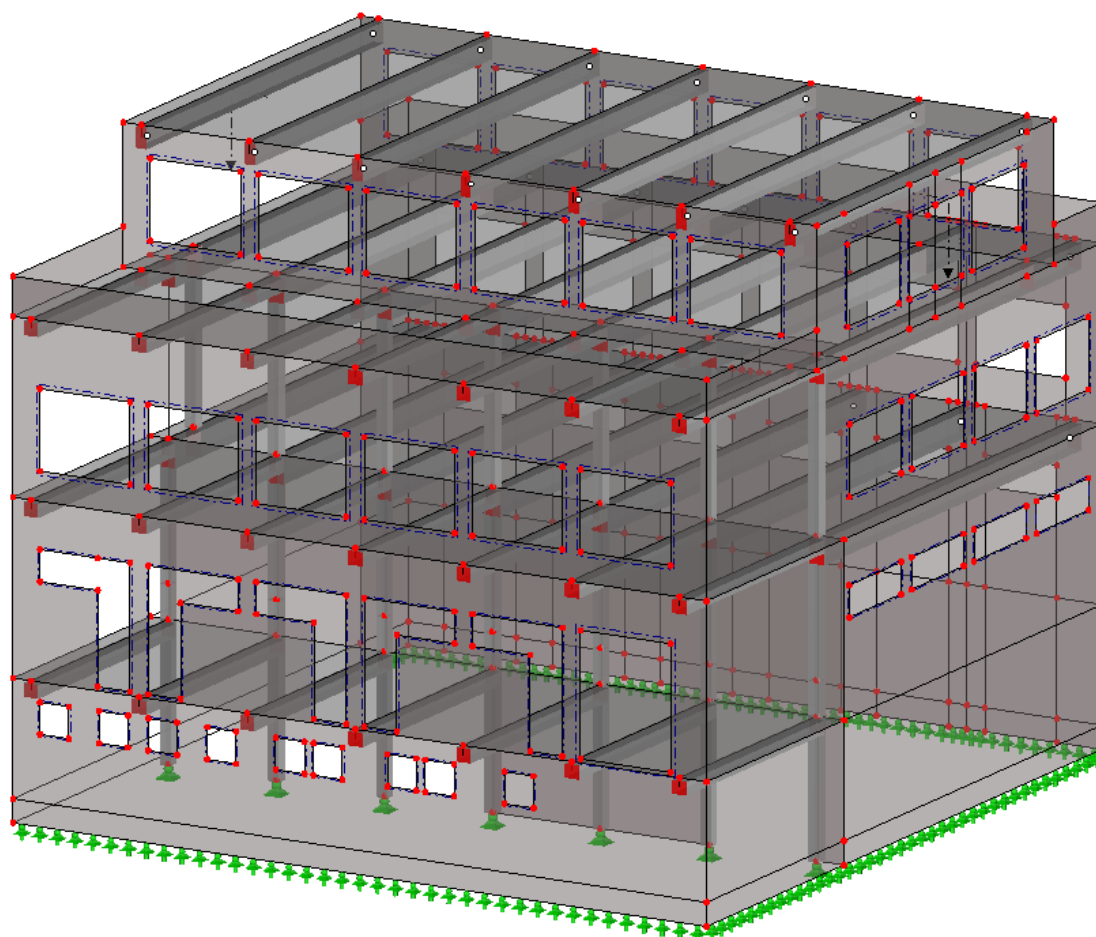
Přístavba základní a mateřské školy Elišky Přemyslovny 10
Dokumentace pro provedení stavby

Oddíl 2
Konstrukce stropu nad 2.NP

INVESTOR

MČ Brno-Starý Lískovec

ZHOTOVITEL





Projekt: 16 072 ZS Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -

prováděcí

OBSAH

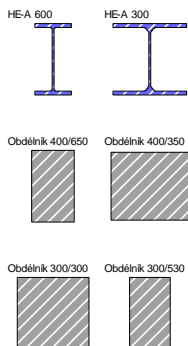
	Konstrukce	2
1.3	Materiály	2
1.13	Průřezy	2
1.14	Klouby na koncích prutu	2
	Skupiny ZS	2
	Nastavení pro nelineární výpočet	2
	Kombinace zatěžovacích stavů	3
	Výsledky - kombinace ZS	3
Obr.	Deformace u, KZS1: Charakteristické hodnoty	3

OBSAH

Obr.	Plochy m-x, KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	4
Obr.	Plochy m-y, KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	4
Obr.	Plochy m-y, KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	5
Obr.	Pruty M-y, KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	6
Obr.	Pruty V-z, KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	7

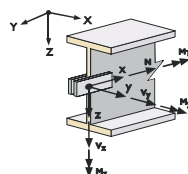
1.3 MATERIÁLY

Materiál č.	Materiál - označení	Modul pružn. E [MPa]	Smyk. modul G [MPa]	Poisson. souč. μ [-]	Obj. tíha γ [kN/m ³]	Souč. tepl. rozt. α [1/°C]	Součinitel γ_M [-]
1	Beton C30/37 DIN 1045-1:2008-08	28300.000	11800.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
2	Materiálový model - Izotropní... Ocel S 235 DIN 18800:1990 11	210000.000	81000.000	0.300	78.50	1.2000E-05	1.100
3	Materiálový model - Izotropní... Beton C25/30 DIN 1045-1:2008-08	26700.000	11100.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
4	Materiálový model - Izotropní... Beton C12/15 DIN 1045-1:2008-08	21800.000	9100.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
5	Materiálový model - Izotropní... Cihly pevnostní třídy 8; malta skupiny II DIN 1053-1:1996-11	3000.000	1304.000	0.150	10.00	7.0000E-06	1.000



1.13 PRŮŘEZY

Průřez č.	Průřez - označení	Mater. č.	I_T [mm ⁴] A [mm ²]	I_y [mm ⁴] A_y [mm ²]	I_z [mm ⁴] A_z [mm ²]
1	HE-A 600	2	3990000.0 22600.0	1412000000 12530.8	112700000. 7114.9
2	HE-A 300	2	856000.0 11300.0	182600000. 6993.9	63100000.3 2167.6
3	Obdélník 400/650	3	8554302976 260000.0	9154166784 216666.7	3466667008 216666.7
4	Obdélník 400/350	3	2717825024 140000.0	1429166976 116666.7	1866667008 116666.7
5	Obdélník 300/300	3	1139399936 90000.0	675000000. 75000.0	675000000. 75000.0
6	Obdélník 300/530	3	3083412992 159000.0	3721925120 132500.0	1192499968 132500.0



1.14 KLOUBY NA KONCÍCH PRUTU

Kloub č.	Posuvný kloub resp. pružina [MN/m]			Momentový kloub resp. pružina [MNm/rad]			Komentář
	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

SKUPINY ZS

SZS č.	Označení SZS	Součinitel	Zatěžovací stavy ve SZS	Výpočetní teorie
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	1.0000	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS5	II. řád

NASTAVENÍ PRO NELINEÁRNÍ VÝPOČET

SZS č.	Označení SZS	Příznivé působení tahových sil	Výsledky vydělit součinitelem SZS	Tuhost redukovat Gamou-M
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



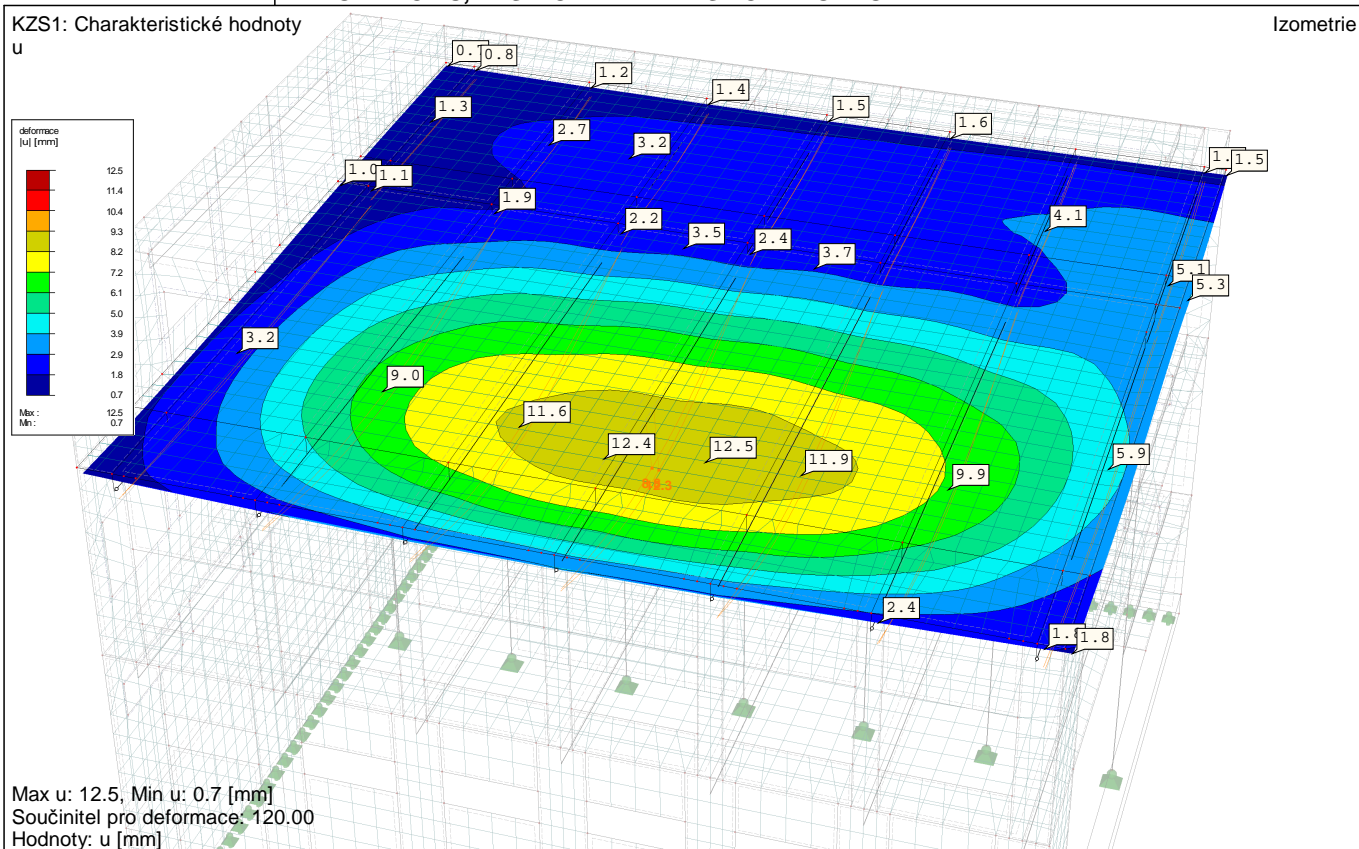
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS č.	Označení KZS	Složení kombinace
1	Charakteristické hodnoty	ZS1/S + ZS2/S + ZS3 + ZS4 + ZS5
2	Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	1.35*ZS1/S + 1.35*ZS2/S + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS5

DEFORMACE U, KZS1: CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY





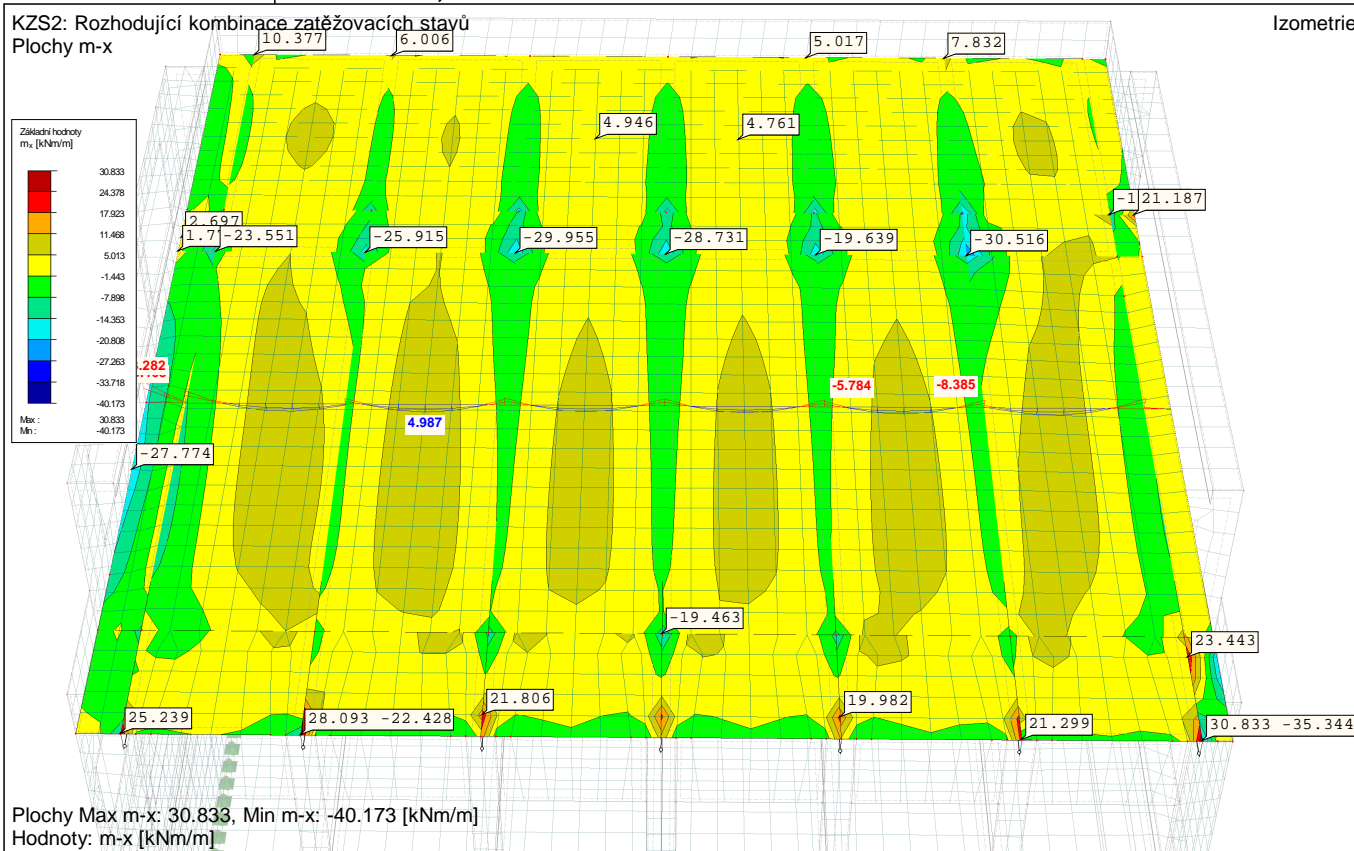
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PLOCHY M-X, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Plochy m-x

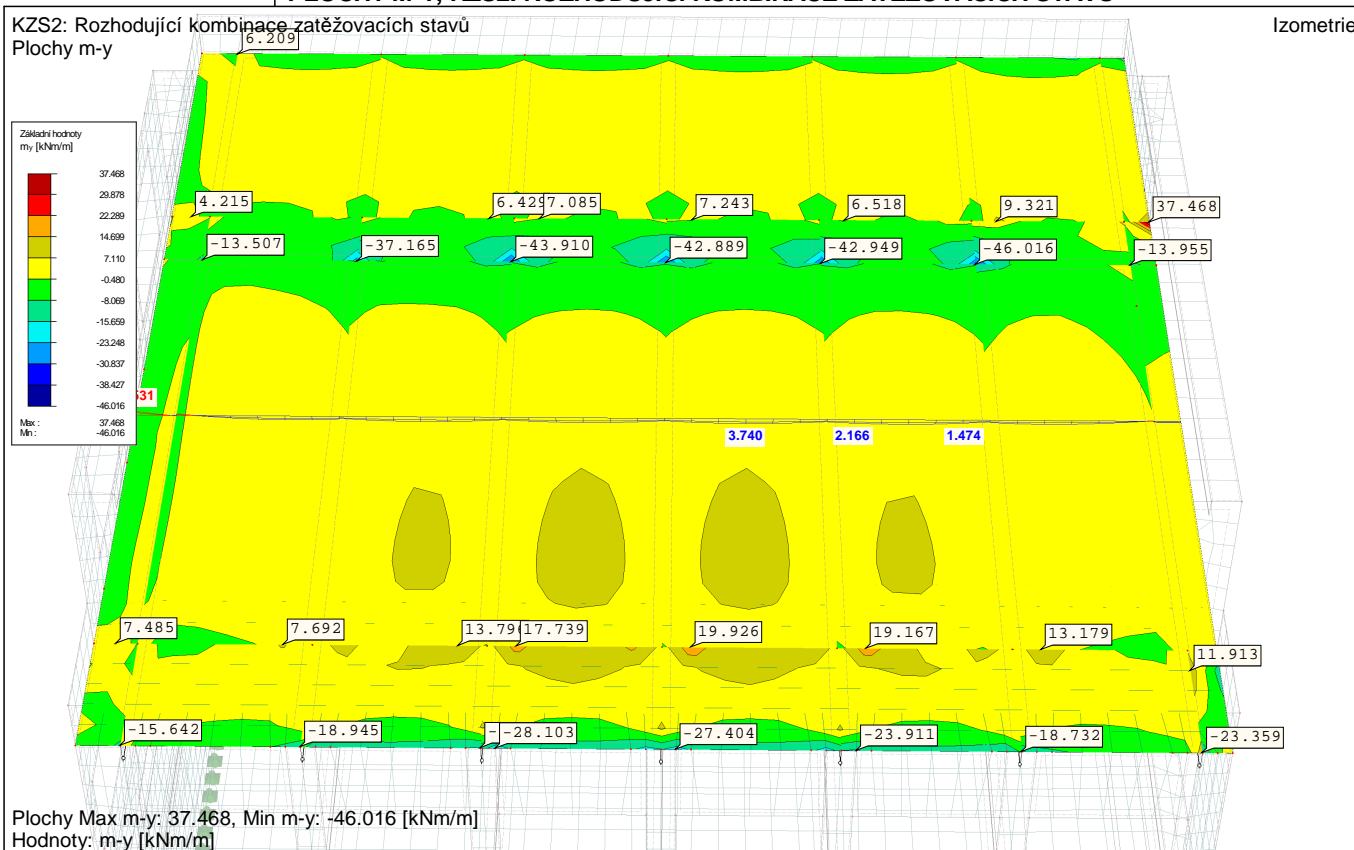
Izometrie



■ PLOCHY M-Y, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Plochy m-y

Izometrie





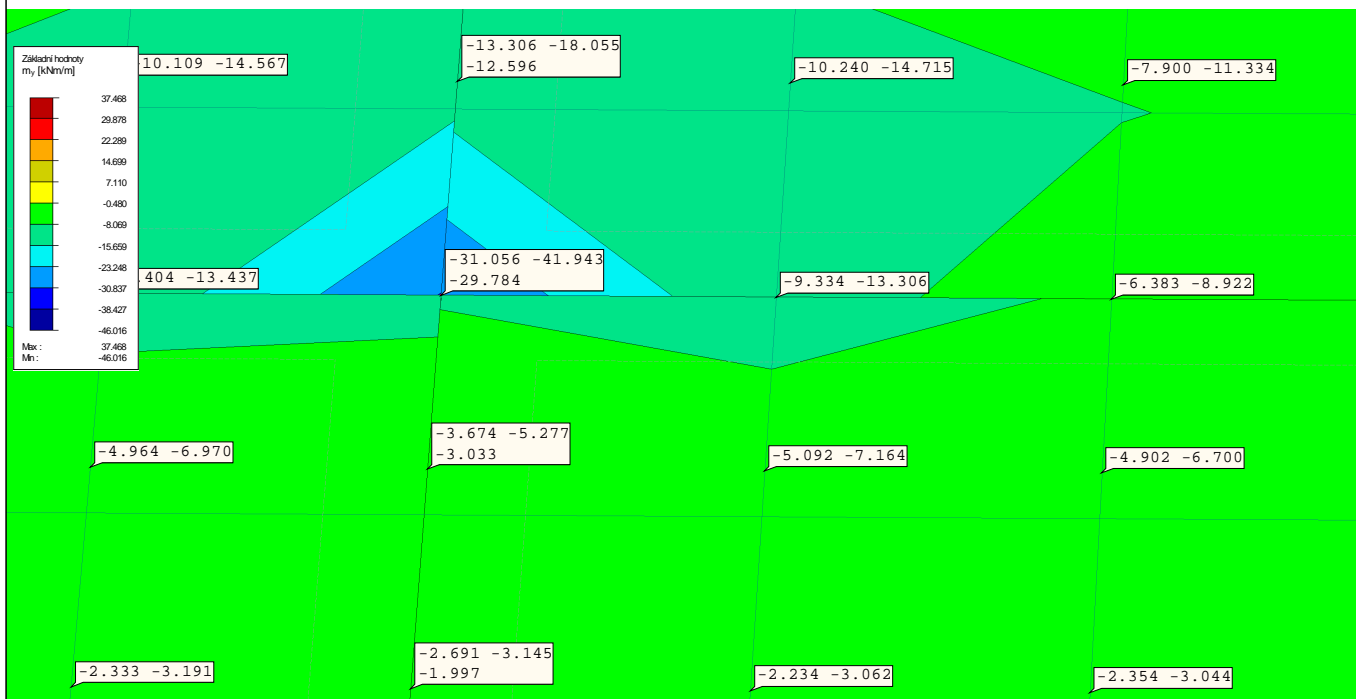
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PLOCHY M-Y, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Plochy m-y

Izometrie



Plochy Max m-y: 37.468, Min m-y: -46.016 [kNm/m]
Hodnoty: m-y [kNm/m]



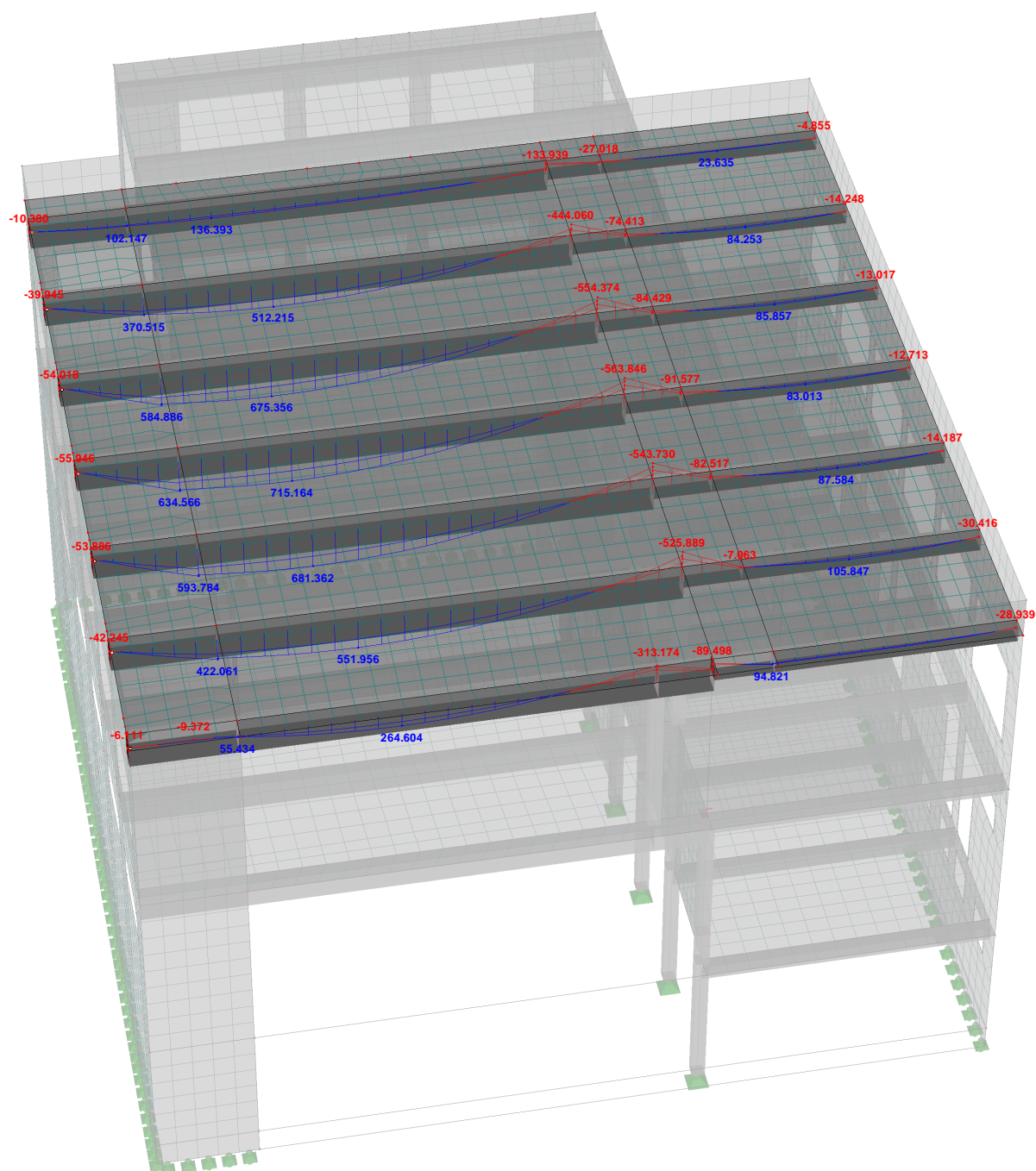
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY M-Y, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Pruty M-y

Izometrie



Pruty Max M-y: 715.164, Min M-y: -563.846 [kNm]



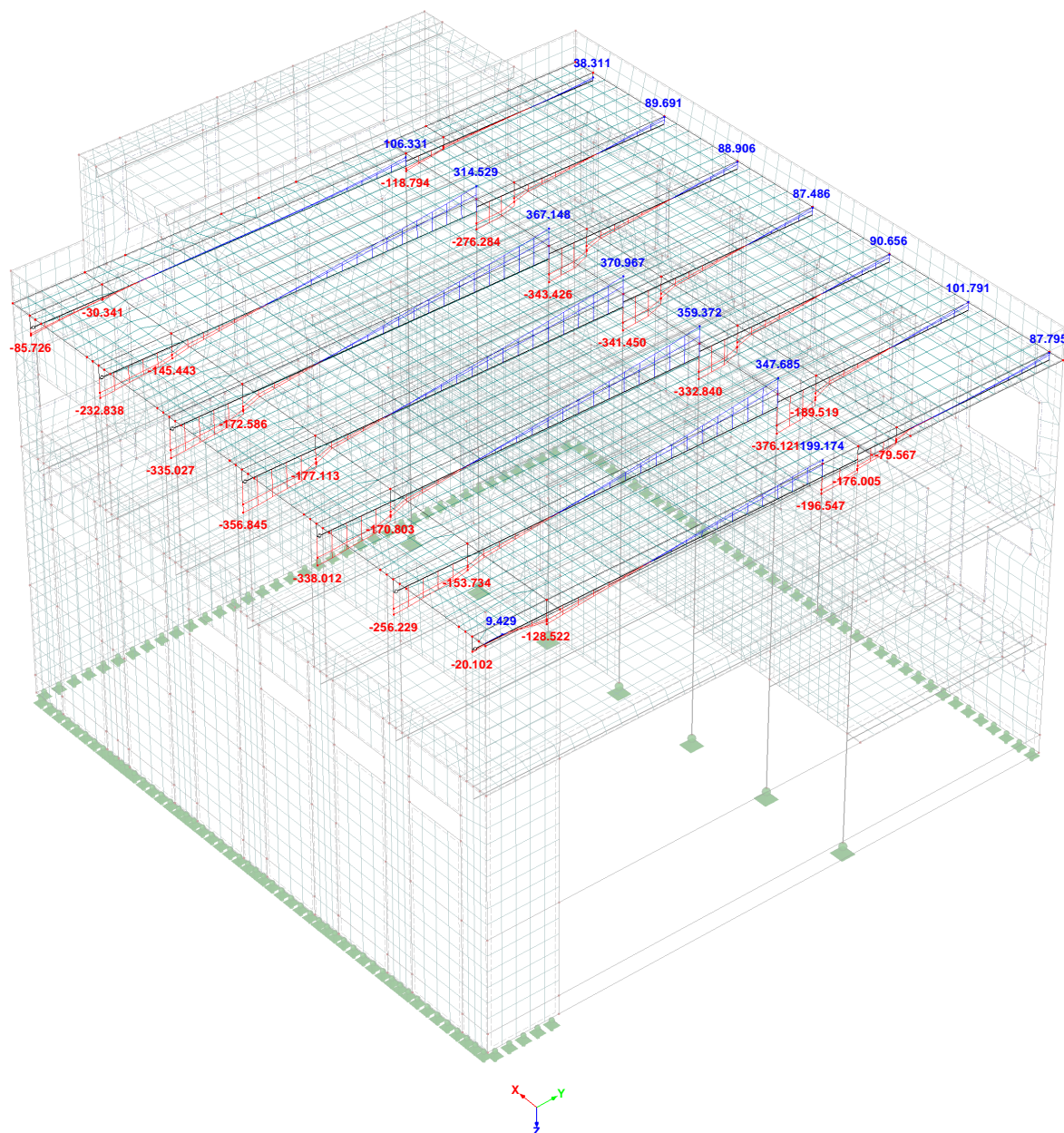
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY V-Z, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Pruty V-z

Izometrie



Pruty Max V-z: 370.967, Min V-z: -376.121 [kN]



Posouzení dimenzí T trámu

Trám (žebro) v poli

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 715,20 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL B 500 charakteristická hodnota meze kluzu
dílčí součinitel spolehlivosti
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

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

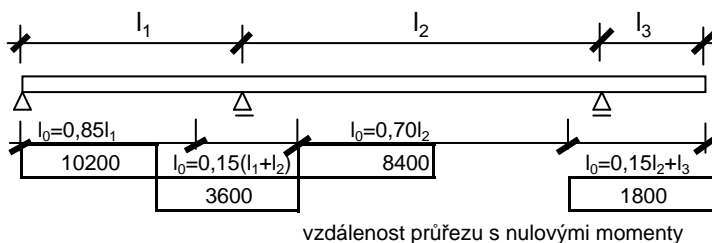
BETON C 25/30 charakteristická hodnota pevnosti
dílčí součinitel spolehlivosti
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Geometrie konstrukce - spolupůsobící šířka desky



vzdálenost průřezu s nulovými momenty

$$l_1 = 12000 \text{ mm}$$

$$l_2 = 12000 \text{ mm}$$

$$l_3 = 0 \text{ mm}$$

$$l_0 = 10200 \text{ mm}$$

$$0,1 \cdot l_0 = 1020$$

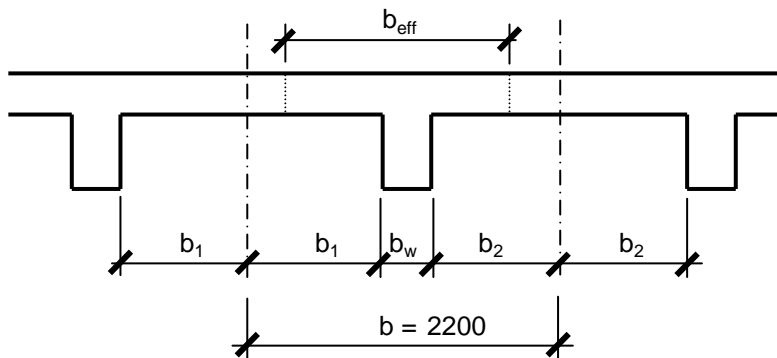
$$0,2 \cdot l_0 = 2040$$

podmínky:

$$b_{eff,i} \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_1$$

$$b_{eff} \leq b$$



$$h_f = 150 \text{ mm}$$

$$h_b = 700 \text{ mm}$$

$$b_1 = 900 \text{ mm}$$

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$b_2 = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b_w = 2200$$

$$b_{eff,1} = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 2200 \text{ mm}$$

GEOMETRIE TRÁMU

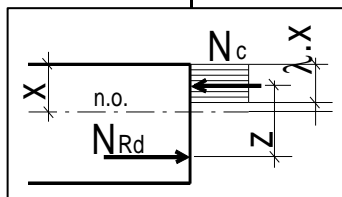
	$b = 2200 \text{ mm}$	$h = 850 \text{ mm}$
KRYTÍ	$c_{výztuže} = 35 \text{ mm}$	$d = h - c_{nom} - \phi / 2$
	$\Delta c = 0 \text{ mm}$	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
		$c_{nom} = 35 \text{ mm}$

VÝZTUŽ

profil A	$\phi = 22 \text{ mm}$	kusů = 6
profil B	$\phi = \text{mm}$	kusů =
plocha 1 ks A	$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$	$A_{st,1} = 379,94 \text{ mm}^2$
plocha 1 ks B	$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$	$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$
pl. výztuže celkem	$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$	$A_{st} = 2279,64 \text{ mm}^2$
maximální únosnost výztuže	$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$	$N_{Rd} = 991,15 \text{ kN}$



VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 33,79 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 790,48 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 783,49 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$715,20 \text{ kNm/m} \leq$$

$$783,49 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Ověření maximální a minimální plochy výztuže

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 74800 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$2279,64 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 2359,192 \text{ mm}^2$$

$$2279,64 \text{ Nevhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,042026$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3} / (\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

Vyhovuje

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\varepsilon_{yd} = 0,002174$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$

PŘÍČNÁ VÝZTUŽ NAD TRÁMEM

ohybový moment nad podporou

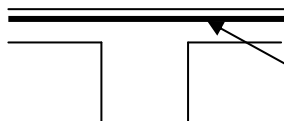
$$M_{Ed} = 14,00 \text{ kNm/m}$$

ohybová únosnost daná příčnou výztuží

$$M_{Rd} = 26,89 \text{ kNm/m}$$

$$\text{poměr } M_{Rd}/M_{Ed} = 0,4794$$

$$\text{rezerva ve výztuži} = 251 \text{ mm}^2/\text{m}$$



plocha výztuže na 1 m šíře desky

$$A_{sf,o,1m} = 523 \text{ mm}^2$$

nutná plocha výzt. na 1 m šíře desky

$$A_{sf,o,n,1m} = 272 \text{ mm}^2$$

Podélné smykové napětí ve styku trámu s přírubou

změna normálové síly v přírubě

$$\Delta F = b_{eff,1} \cdot \lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$\Delta F = 405 \text{ kN}$$

vzdálenost mezi průřezy s maximálním a nulovým momentem

$$\Delta x = 5100 \text{ mm}$$

podélné smykové napětí

$$v_{Ed} = \Delta F / (h_f \cdot \Delta x)$$

$$v_{Ed} = 530 \text{ kPa}$$

$$\text{pro rovnoměrné zatížení} \Delta x = l_0 / 2$$

$$kPa$$

$$0,4 f_{ctd} = 479$$

$$\text{podmínka } v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$$

není splněna - je nutné dimenzovat výztuž

$$\text{volíme } \theta_f = 39 \text{ až } 45^\circ$$

$$\theta_f = 45$$

$$\theta_{f,rad} = 0,7854$$

$$\cot \theta_f = 1$$

$$\sin \theta_f = 0,7071$$

Nutná plocha příčné betonářské výztuže na 1m (smyk)

$$A_{sf,n,1m} \geq 183 \text{ mm}^2$$

$$A_{sf,n} \geq v_{Ed} \cdot h_f \cdot s_f / (f_{yd} \cdot \cot \theta_f)$$

Podmínka "nerozdrcení" tlakové diagonály

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$v_{Ed} \leq v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f$$

splněna

$$v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f = 6364 \text{ kPa}$$

Nutná plocha výztuže:

příčný ohyb:

$$A_A = 272 \text{ mm}^2$$

polovina výztuže smyku:

$$A_{B/2} = 91 \text{ mm}^2$$

součet:

$$A_{A+B/2} = 364 \text{ mm}^2$$

$$\text{max} = 364$$

$$523 = 364$$

$$0,69546 = 364$$

$$-0,3045 = -159$$

Nutná plocha výztuže s přihlédnutím ke smyku a příčnému ohybu

$$A_{nutná} = 364 \text{ mm}^2$$

nad trámem postačuje stávající výztuž, není nutné další vyztužení plochu výztuže zvětšit o 0 %

$$\text{profil} = \text{mm}$$

$$\text{po} = 150 \text{ mm}$$

$$A_{sf,o,1m} = 0 \text{ mm}^2$$

**Kontrola průhybu**

rozpětí prvku

$$l = 12,00 \text{ m}$$

mezni poměr rozpětí / účinná výška

$$l/d = 14,9$$

referenční stupeň vyztužení

$$\rho_o = (f_{ck})^{1/2} \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_o = 0,02799$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho = A_{st}/(b \cdot d)$$

$$\rho = 0,00709$$

součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

pro poměr $b2/b1 \geq 3$

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

v ostatních případech

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel závislý na rozpětí

$$\kappa_{c2} = 0,583333$$

$$\kappa_{c2} = 1 \text{ pro } l \leq 7$$

$$\kappa_{c2} = 7/l \text{ pro } l > 7$$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = (500/f_{yk}) \cdot M_{Rd}/M_{Ed}$$

$$\kappa_{c3} = 1,10$$

koeficient zohledňující konstrukční systémy

$$K = 1,3$$

prostě podepřený nosník (deska)

$$K=1,0$$

krajní pole spojitého nosníku (desky)

$$K=1,3$$

vnitřní pole nosníku nebo desky

$$K=1,5$$

deska lokálně podepřená

$$K=1,2$$

konzola

$$K=0,4$$

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

$$\text{pro } \rho \leq \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/\rho) + 3,2(f_{ck})^{1/2} \cdot ((\rho_o/\rho) - 1))^{3/2}$$

$$158,13$$

$$\text{pro } \rho > \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/(\rho - \rho')) + (1/12) \cdot (f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho'/\rho_o)^{1/2})$$

$$52,80$$

$$\rho \leq \rho_o$$

$$\lambda = 158,13$$

Vymezující ohybová štíhlost

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda$$

$$\lambda_d = 80,84$$

$$l/d \leq \lambda_d$$

není nutné počítat průhyb



Posouzení dimenzí trámu Trám nad podporou

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 563,90 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL B 500 charakteristická hodnota meze kluzu
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

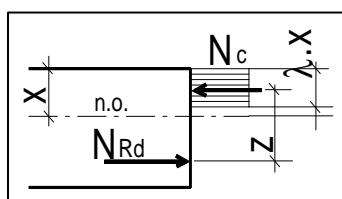
$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

BETON C 25/30 charakteristická hodnota pevnosti
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$



GEOMETRIE TRÁMU

$$b = 400 \text{ mm}$$

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

KRYTÍ

$$c_{min} = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 804 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = \text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

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

$$\text{kusů} = 5$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 379,94 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

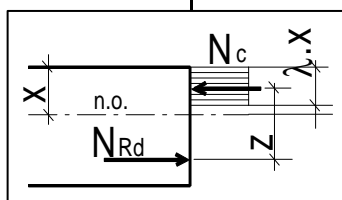
$$A_{st} = 1899,7 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 825,96 \text{ kN}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 154,87 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 742,05 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 612,90 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 563,90 \text{ kNm/m} \leq 612,90 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 13600 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$1899,7 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 434,8032 \text{ mm}^2$$

$$1899,7 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x / d$$

$$\xi = 0,19262$$

$$\text{Podmínka} \quad \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

$$\text{Vyhovuje}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

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

GPa



Posouzení dimenzí trámu

Trám v poli 6,6 m

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 106,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON

C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

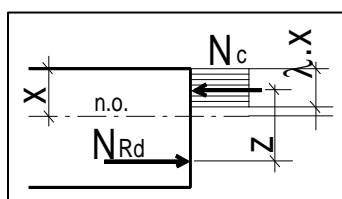
$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$



GEOMETRIE TRÁMU

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$c_{min} = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 306 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = \text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

$$\text{kusů} = 5$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 254,34 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

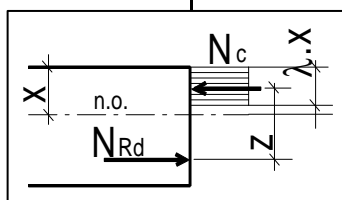
$$A_{st} = 1271,7 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 552,91 \text{ kN}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 103,67 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 264,53 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 146,26 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$106,00 \text{ kNm/m} \leq$$

$$146,26 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 5600 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$1271,7 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 165,4848 \text{ mm}^2$$

$$1271,7 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,338795$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

Vyhovuje

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

**Posouzení smyku** Trám 12 m

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 376,20 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 804 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1900 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,005907$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0,005907 \text{ maximálně } 0,02$$

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 141,90 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 103,26 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 141,90 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 100 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

$$603$$

(max 400)

$$s = 200 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda * x) / 2$$

$$z = 742 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 401,38 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 927,41 \text{ kN}$$

$$401,38 \quad 376,20$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$927,41 \quad 376,20$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,001256$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 0,546 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,49875 \quad 2$$

$$k = 1,4988$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$22 \quad 5$$

$$\text{plocha} \quad 1900$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{celkem} \quad 1900$$

Třmínky

profil stříhů

$$8 \quad 2$$

$$\text{plocha} \quad 100$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 600$$

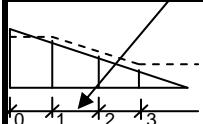
$$0,75d = 603$$

$$\text{max} \quad 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh ΔI

$$z * \cotg \theta = 1838$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

**Posouzení smyku** Trám 6,6 m - pod sloupem 3.NP

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 189,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 306 \text{ mm}$$

plocha započítatelné podélné výztuže

$$A_{sl} = 1272 \text{ mm}^2$$

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = 0,01039$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) \quad 0,01039 \quad \text{maximálně } 0,02$$

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 78,67 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 52,09 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 78,67 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

$$229,5$$

(max 400)

$$s = 150 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda * x) / 2$

$$z = 264 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 214,22 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 329,97 \text{ kN}$$

$$214,22 \quad 189,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$329,97 \quad 189,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,001884$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 0,819 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,80845 \quad 2$$

$$k = 1,8085$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$18 \quad 5$$

$$\text{plocha} \quad 1272$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{celkem} \quad 1272$$

Třmínky

profil stříhů

$$6 \quad 4$$

$$\text{plocha} \quad 113$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 229,5$$

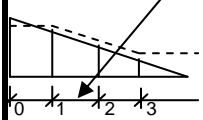
$$0,75d = 229,5$$

$$\text{max} \quad 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh ΔI

$$z * \cotg \theta = 654$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

**Posouzení smyku** Tr 6,6 m - pod sl. 3.NP u podpory

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 258,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 306 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1272 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,01039$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0,01039 \text{ maximálně } 0,02$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,80845$$

2

$$k = 1,8085$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$18$$

$$5$$

$$\text{plocha} = 1272$$

$$\text{plocha} = 0$$

$$\text{plocha} = 0$$

$$\text{celkem} = 1272$$

Třmínky

profil stříhů

$$6$$

$$4$$

$$\text{plocha} = 113$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

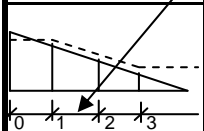
$$s_t = 229,5$$

$$0,75d = 229,5$$

$$\text{max} = 600$$

rozhodující průřezy
pro návrh Δl

$$z * \cotg \theta = 654$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 78,67 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 52,09 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 78,67 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

$$229,5$$

(max 400)

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

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda * x) / 2$$

$$z = 264 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 321,32 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 329,97 \text{ kN}$$

$$321,32 \quad 258,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$329,97 \quad 258,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,002826$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 1,229 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno



CHARAKTERISTIKY BETONU V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ

pro teplotu 20°C

f_{ck}	25
$f_{ck,cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50

BETON

C 25 / 30

T - Trám nad 2.NP

průměrná pevnost betonu v tlaku

$$f_{cm} = 33 \text{ Mpa}$$

průměrná pevnost betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

stáří betonu v uvažovaném okamžiku

$$t = 18250 \text{ dní}$$

Použitý druh cementu

R,N,S

druh = N

 $s = 0,20$ pro rychle tuhnoucí vysokopevnostní cementy (R) $s = 0,25$ pro normální a rychle tuhnoucí cementy (N) $s = 0,38$ pro pomalu tuhnoucí cementy (S)

koeficient závislý na druhu cementu

$$s = 0,25$$

$$\exp = s(1-(28/t)^{1/2})$$

$$\exp = 0,24020764$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{\exp}$$

$$\beta_{cc}(t) = 1,27151293$$

Pevnost v tlaku ve stáří t dní

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$$

$$f_{cm}(t) = 41,96 \text{ Mpa}$$

Pevnost v tahu ve stáří t dní

$$\alpha = 0,667$$

 $\alpha = 1$ pro $t < 28$ dní $\alpha = 2/3$ pro $t > 28$ dní

$$f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot \alpha \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctm}(t) = 3,01 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti bet. ve stáří t dní

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3} E_{cm}$$

$$E_{cm}(t) = 33,83 \text{ Gpa}$$

Poměrné přetvoření od dotvarování a smršťování

Geometrie prvku

celková výška příčného řezu

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

celková šířka příčného řezu

$$b = 400 \text{ mm}$$

průřezová plocha

$$A_c = 340000 \text{ mm}^2$$

obvod prvku $u_A = 2 \cdot (h+b)$

$$u_A = 2500 \text{ mm}$$

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2200 \text{ mm}$$

náhradní rozměr prvku $h_0 = 2A_c/u$

$$h_0 = 309 \text{ mm}$$

Relativní vlhkost okolního prostředí

vnitřní 50%, vnější 80%

$$RH = 80 \%$$

součinitel vystupující vliv relativní vlhkosti

$$\varphi_{RH} = 1,2958$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = 1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3}))$$

$$1,295802$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = (1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3})) \cdot \alpha_1) \cdot \alpha_2$$

$$1,323727$$

$$\beta_H = 936,00$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \leq 1500$$

$$936,0$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1501 \alpha_3$$

$$943,5$$

součinitel vystupující vliv pevnosti betonu

$$\beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} \cdot ((9/(2+t_{0,T}^{1,2}))+1)^\alpha$$

upravený hodnota v závislosti na cementu

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1+t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,85101825$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t,t_0) = ((t-t_0)/(\beta_H+t-t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t,t_0) = 0,98508516$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t,t_0)$$

$$\varphi(t,t_0) = 1,82341061$$

součinitel dotvarování v čase $t = \infty$

$$\beta_c(\infty,t_0) = 1$$

$$\varphi(\infty,t_0) = 1,85101825$$

součinitele vlivu

pevnosti betonu

$$\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0,7}$$

$$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0,2}$$

$$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0,5}$$

$$\alpha_1 = 1,042048$$

$$\alpha_2 = 1,011838$$

$$\alpha_3 = 1,029857$$

$$936,00$$

$$943,46$$

vliv cementu

cement

N

 $\alpha =$

0



$RH_0 =$	100 %
$f_{cm0} =$	10 Mpa

vliv cementu	
cement	N
$\alpha_{ds1} =$	4
$\alpha_{ds2} =$	0,12

Poměrné přetvoření od smršťování vysycháním

$$\beta_{RH} = 1,55(1 - (RH/RH_0)^3)$$

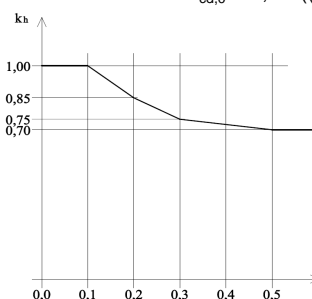
$$\beta_{RH} = 0,756$$

$$\exp = -\alpha_{ds2} * (f_{cm}/f_{cm0})$$

$$\exp = -0,396$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 * ((220 + 110\alpha_{ds1}) * e^{\exp}) * \beta_{RH} * 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,00028558$$



$$h_0 = 0,309 \text{ m} \longrightarrow k_h = 0,74772727$$

konečná hodnota smrštění vyvozeného vysycháním

$$\varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = \varepsilon_{cd,0} k_h \quad \varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = 0,0002135$$

stáří betonu na začátku vysychání

 h_0 (konec ošetřování betonu)

$$t_s = 28 \text{ dní}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / ((t - t_s) + 0,04(h_0^{3/2}))$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,99999962$$

poměrné smrštění v čase

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd}(\infty, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = 0,00021354$$

Autogenní smršťování

$$\exp2 = (-0,2t^{0,5})$$

$$\exp2 = -27,0$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{\exp2}$$

$$\beta_{as}(t) = 1$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 0,0000375$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = 0,0000375$$

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,0002510$$

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0

$$\text{součinitel vystihující vliv pevnosti betonu} \quad \beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} * ((9/(2 + t_{0,T}^{1,2})) + 1)^\alpha$$

upravený hodnota v závislosti na cementu

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1 + t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,85101825$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,98508516$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi_{cs}(t, t_0) = 1,82341061$$

součinitel dotvarování v čase t = ∞

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi_{cs}(\infty, t_0) = 1,85101825$$



Výpočet přetvoření - průřez s trhlinou - dlouhodobě působící zatížení

Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálého zatížení v kritickém průřezu

$$M_k = 450,00 \text{ kNm}$$

OCEĽ

B 500

Materiálové charakteristiky

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílič součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

modul pružnosti betonářské výztuže

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

BETON

C 25 / 30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílič součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

návrhová hodnota pevnosti

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

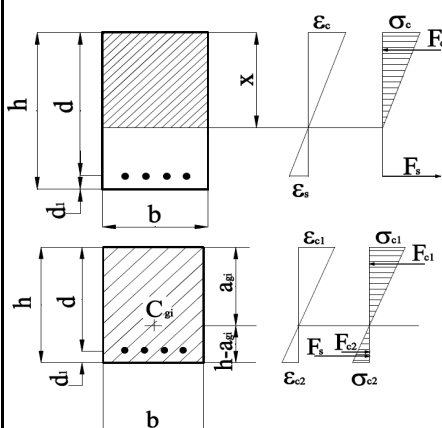
střední hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

střední hodnota sečnového modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

Průřez s trhlinou a bez trhliny



Geometrie prvku

$$\text{výška} \quad h = 850 \text{ mm}$$

$$\text{šířka} \quad b = 400 \text{ mm}$$

$$d_1 = 46 \text{ mm}$$

$$d = 804 \text{ mm}$$

Výztuž

průměr prutu

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

počet kusů

$$n = 6 \text{ kusů}$$

krytí

$$c = 35 \text{ mm}$$

plocha výztuže

$$A_s = 2281 \text{ mm}^2$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,851$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 11,04 \text{ Gpa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,12$$

$$\alpha_e - 1 = 17,12$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e / b) * A_s * (1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$$

$$x = 317,1 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 126856 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 14046336327 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 39036 \text{ mm}$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 340000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 379036 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 464 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 20470833333 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c * (a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 25500513683 \text{ mm}^4$$

ohybový moment na hranici vzniku trhlin

$$M_{cr} = 169,46 \text{ kNm}$$

Ohybová poddajnost průřezu bez trhliny $C_I = 1 / (E_{c,eff} * I_i)$

$$C_I = 0,000004 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Ohybová poddajnost průřezu s trhlinou $C_{II} = 1 / (E_{c,eff} * I_{ir})$

$$C_{II} = 0,000006 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\sigma_{c2} = M_{cr} * (h - a_{gi}) / I_i$$



součinitel trvání zatížení $\beta = 1$...jednorázové, krátkodobé
 $\beta = 0,5$...dlouhodobé nebo opakované
spolupůsobení betonu mezi trhlinami $\zeta = 1 - \beta(M_{cr}/M_k)^2$

$$\beta = 0,5$$
$$\zeta = 0,9291$$

ohybová křivost $(1/r_m) = (1 - \zeta) * (M_k/E_{c,eff} * I_i) + \zeta * (M_k/E_{c,eff} * I_{ir})$

$$(1/r_m) = 0,002809 \text{ m}^{-1}$$

rozpětí prvku
součinitel závislí na průběhu ohybového momentu

$$l = 12 \text{ m}$$
$$k = 0,1$$

Průhyb od zatížení a dotvarování

$$f_{g,lt} = k * l^2 * (1/r_m)$$

$$f_{g,lt} = 0,040 \text{ m}$$

Poměrné přetvoření od smršťování

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,000251$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,851$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 11,04 \text{ GPa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,12$$

$$\alpha_e - 1 = 17,12$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e/b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2))^{1/2})$$

$$x = 317,1 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 126856 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 14046336327 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 39036 \text{ mm}$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_{ir} = A_s(d - x)$$

$$S_{ir} = 1110398,177 \text{ mm}^3$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 340000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 379036 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 464 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 20470833333 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 25500513683 \text{ mm}^4$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_i = A_s(d - a_{gi})$$

$$S_i = 775374,5788 \text{ mm}^3$$

ohybová křivost $(1/r_{cs}) = (1 - \zeta) * \varepsilon_{cs} * \alpha_e(S_i/I_i) + \zeta * \varepsilon_{cs} * \alpha_e(S_{ir}/I_{ir})$

$$(1/r_{cs}) = 0,000344 \text{ m}^{-1}$$

Průhyb od smršťování a dotvarování

$$f_{cs} = 0,125 * l^2 * (1/r_{cs})$$

$$f_{g,lt} = 0,006 \text{ m}$$

Posouzení dlouhodobého průhybu od zatížení a smršťování včetně dotvarování

Celkový průhyb

$$f_{lt} = f_{lt,g} + f_{cs}$$

$$f_{lt} = 0,0466 \text{ m}$$

Podmínka:

$$f_{lt} \leq f_{lim}$$

$$0,0466$$

$$\leq$$

$$0,0480$$

splněna

Požadovaná
hodnota průhybu

$$f_{lim} = L / 250$$

$$f_{lim} = 0,048 \text{ m}$$

doporučená hodnota
L/250

průhyb po zabudování
prvku L/500



Projekt: **16 072 ZŠ Starý Lískovec**

Úloha: **16 072 Tělocvična -
prováděcí**

Statický výpočet

PROJEKT

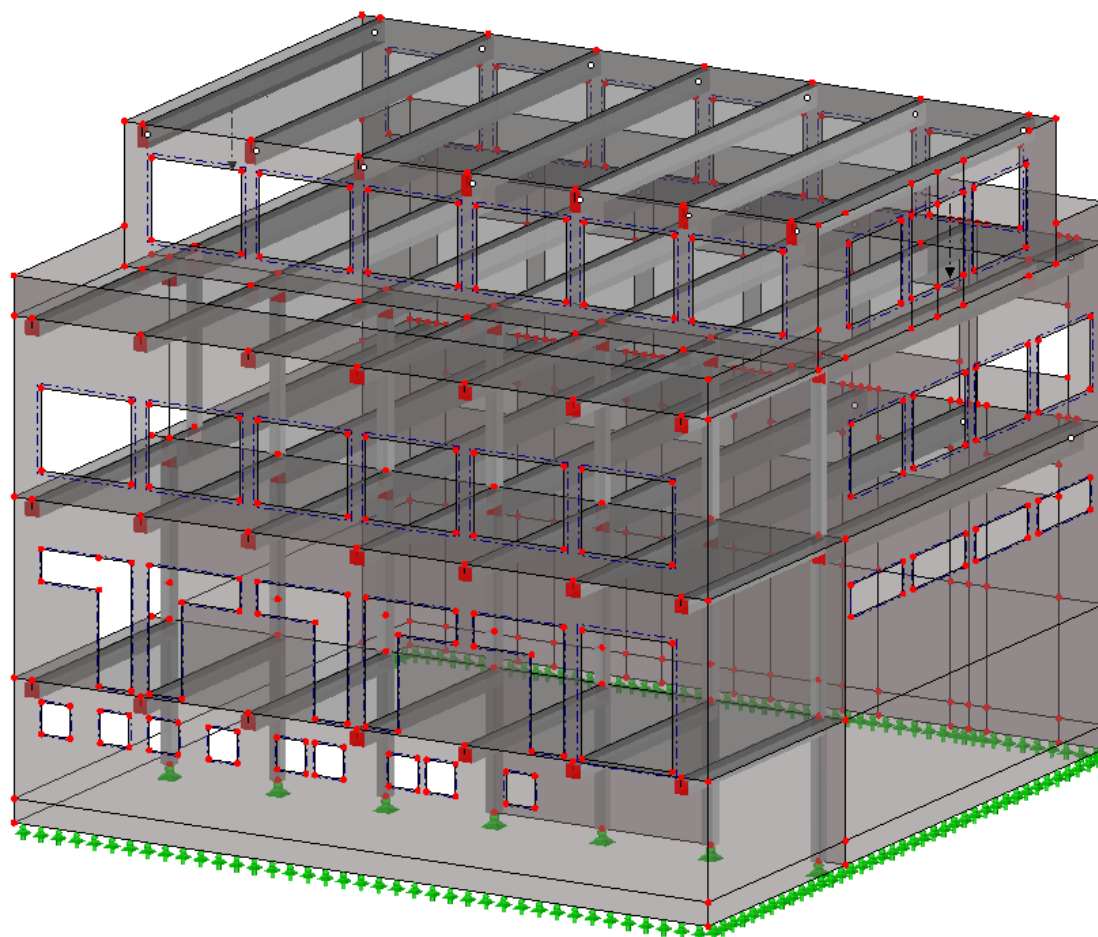
Přístavba základní a mateřské školy Elišky Přemyslovny 10
Dokumentace pro provedení stavby

Oddíl 3
Konstrukce stropu nad 1.NP

INVESTOR

MČ Brno-Starý Lískovec

ZHOTOVITEL





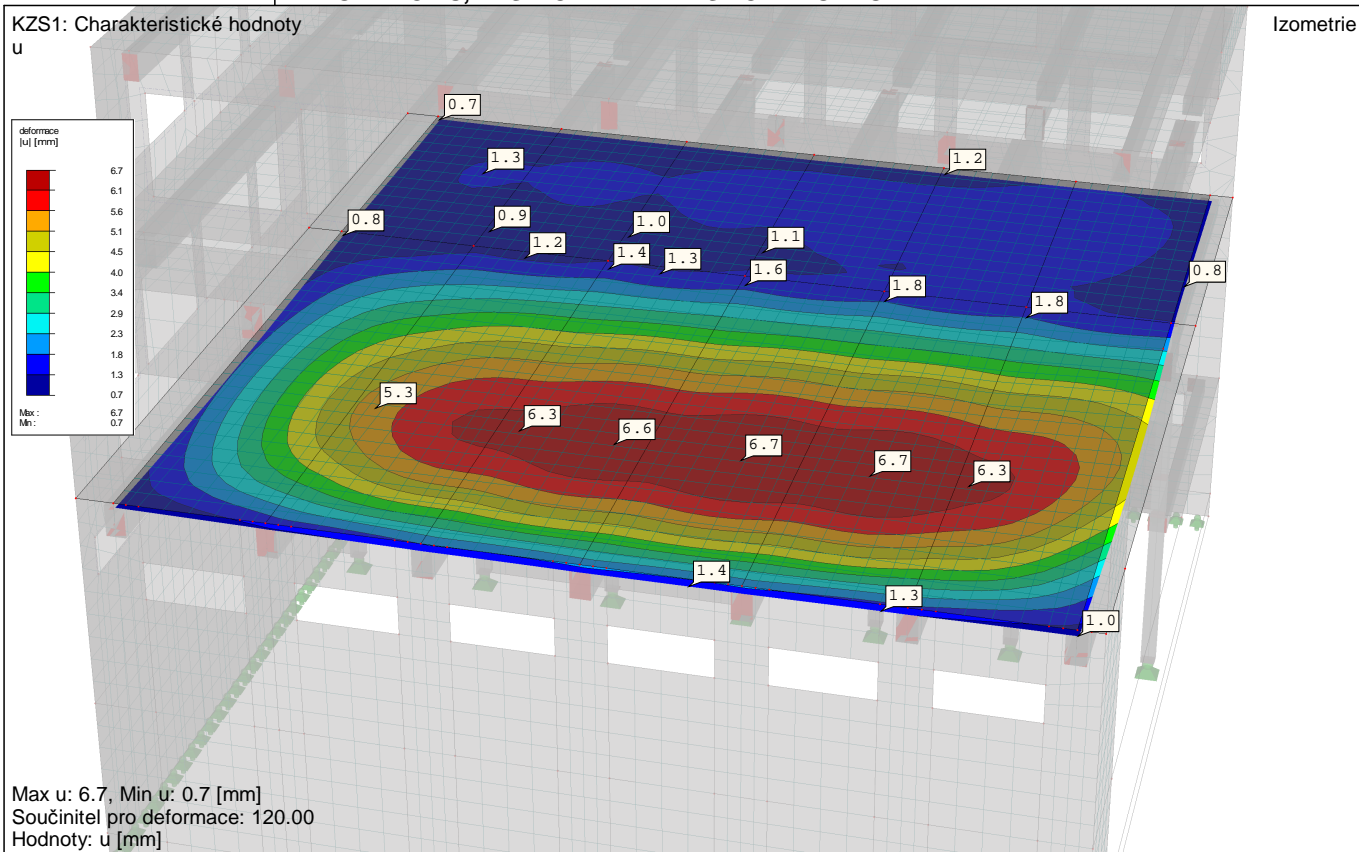
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS č.	Označení KZS	Složení kombinace
1	Charakteristické hodnoty	ZS1/S + ZS2/S + ZS3 + ZS4 + ZS5
2	Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	1.35*ZS1/S + 1.35*ZS2/S + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS5

DEFORMACE U, KZS1: CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY





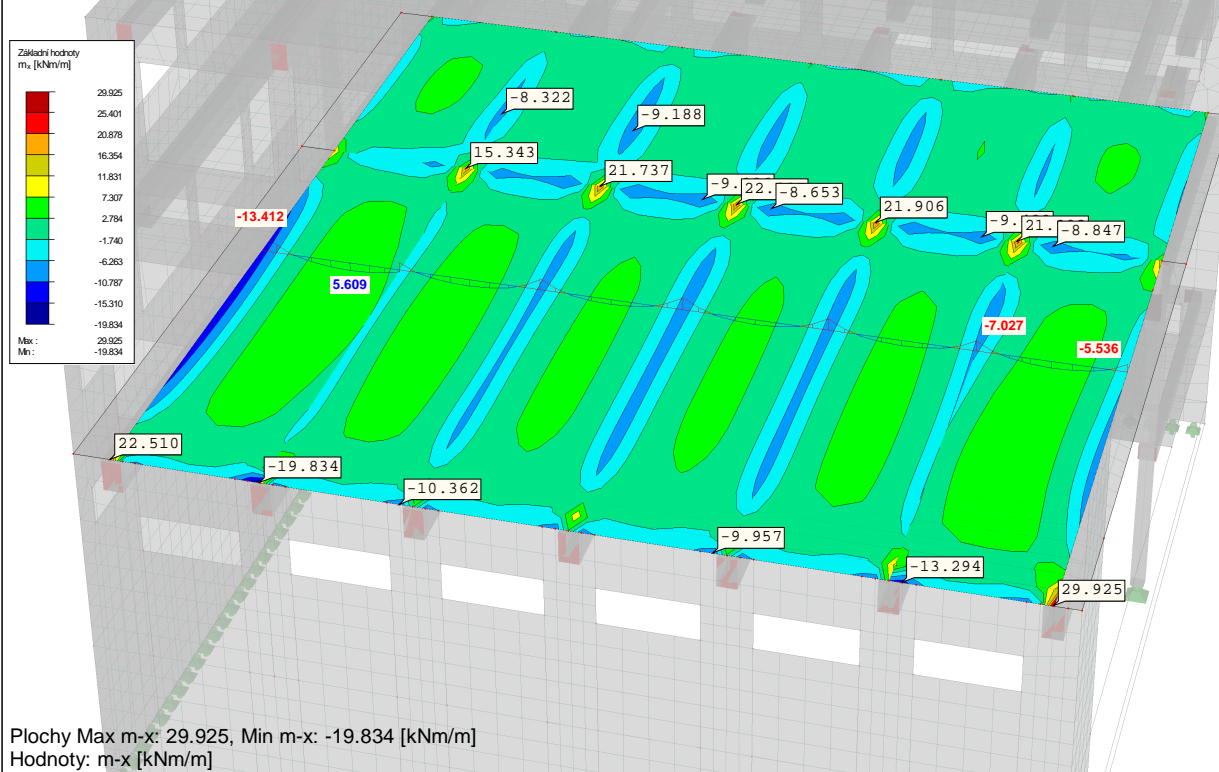
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PLOCHY M-X, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Plochy m-x

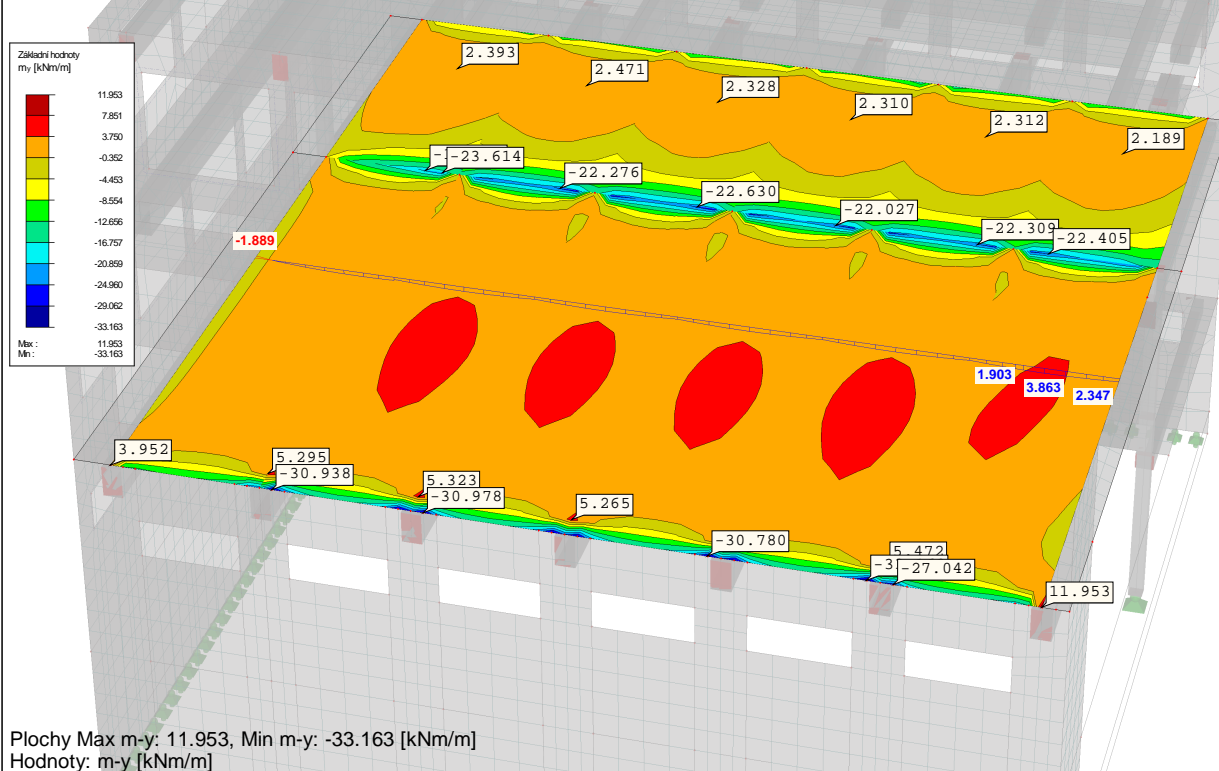
Izometrie



■ PLOCHY M-Y, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Plochy m-y

Izometrie





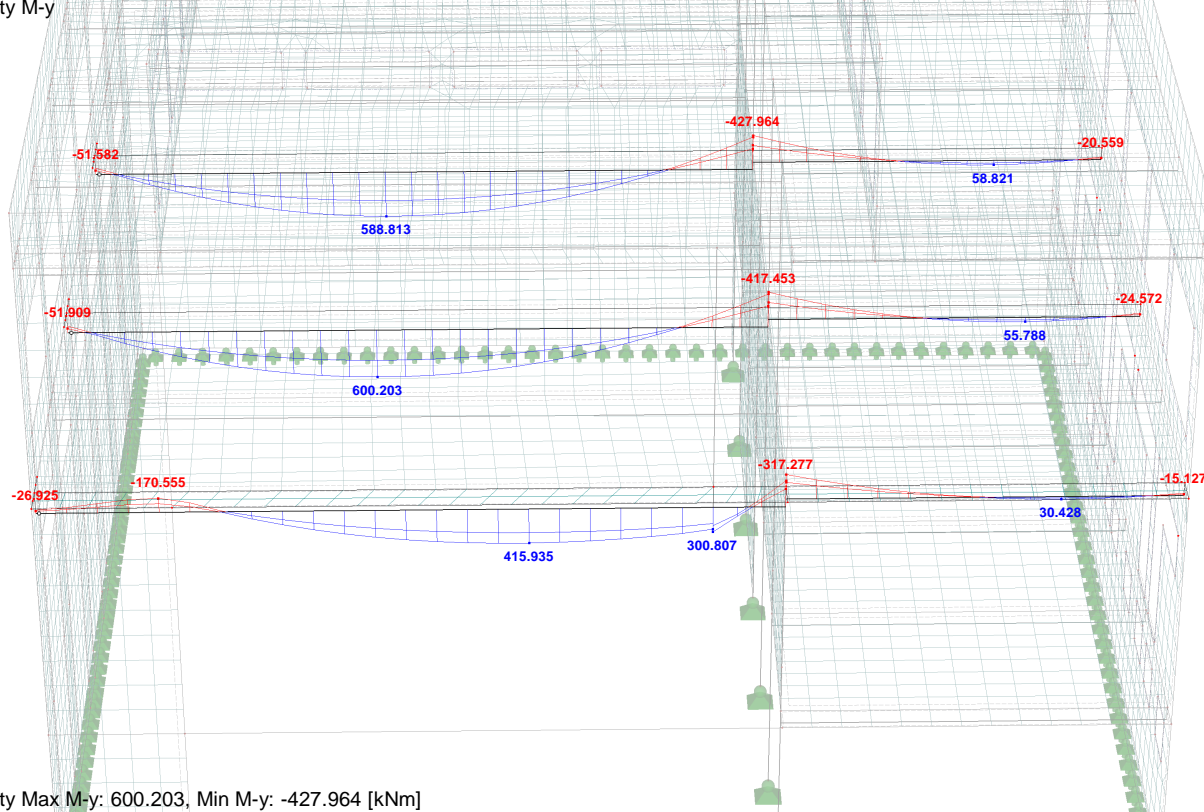
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

PRUTY M-Y, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Pruty M-y

Izometrie

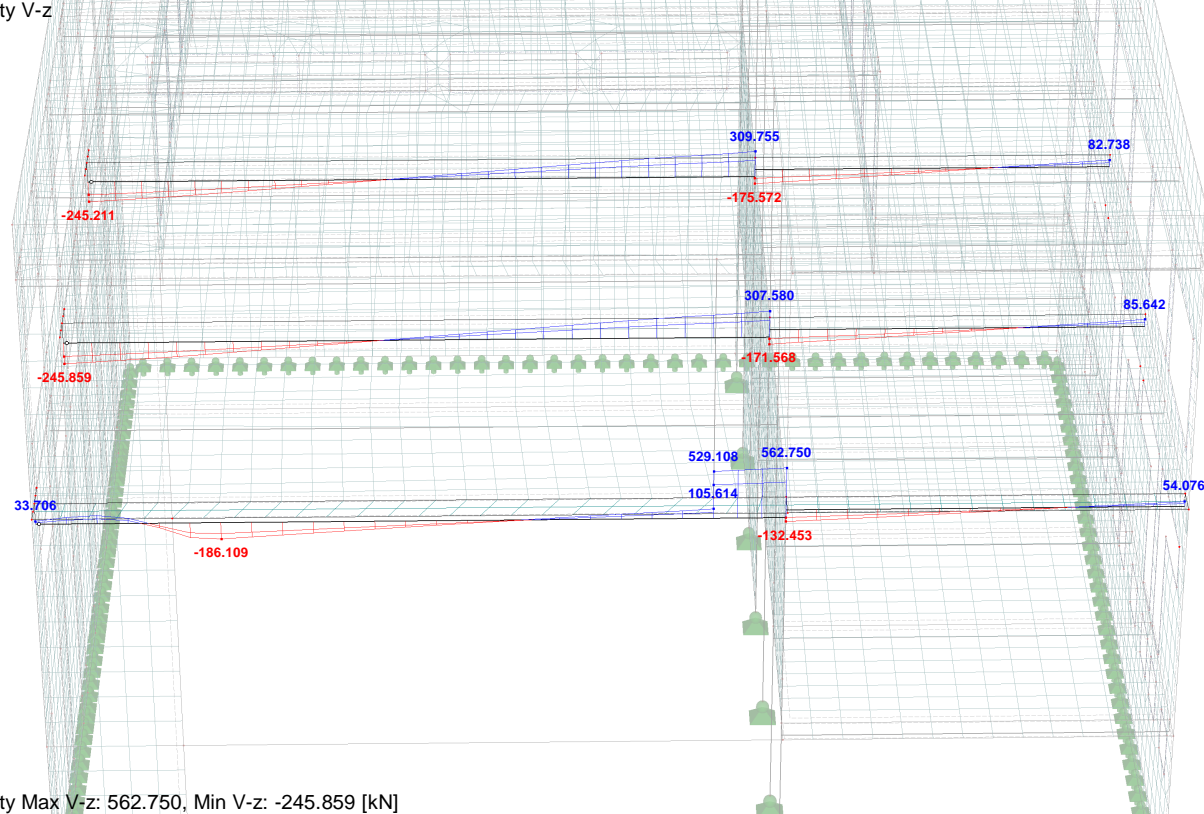


Pruty Max M-y: 600.203, Min M-y: -427.964 [kNm]

PRUTY V-Z, KZS2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS2: Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů
Pruty V-z

Izometrie



Pruty Max V-z: 562.750, Min V-z: -245.859 [kN]



Posouzení dimenzí desky stropní deska

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 23,00 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL B 500 charakteristická hodnota meze kluzu
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

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

BETON C 25/30 charakteristická hodnota pevnosti
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Rozdělovací

$$A_{s,roz,n} = 104,6667$$

$$\phi = 10$$

$$a_{s,roz} = 150$$

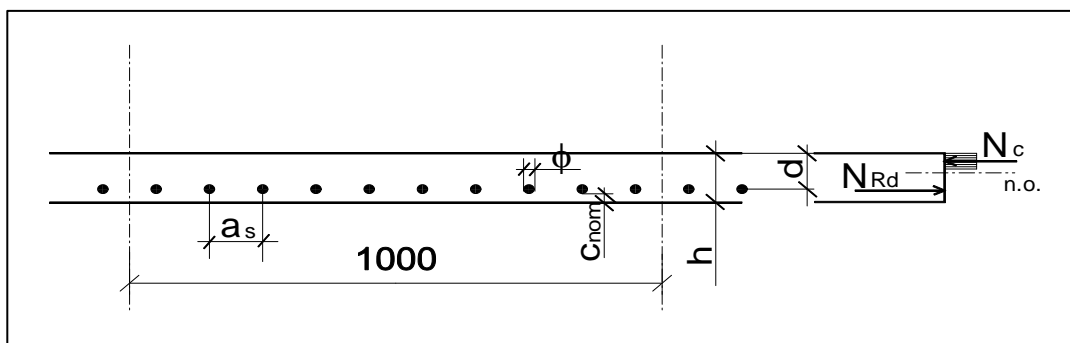
$$A_{s,roz} = 523,33$$

O.K.

max. vzdálenost

$$a_{s,roz} = 450$$

$$3. h = 400$$



GEOMETRIE DESKY

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

$$h = 150 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$C_{výztuže} = 20 \text{ mm}$$

$$d = h - C_{nom} - \phi/2$$

$$d = 125 \text{ mm}$$

$$\Delta C = \text{mm}$$

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

$$C_{nom} = 20 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

$$\text{profil A } \phi = 10 \text{ mm}$$

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

$$a_s = 150 \text{ mm}$$

$$\text{profil B } \phi = \text{mm}$$

$$\phi = \text{mm}$$

$$a_s = 200 \text{ mm}$$

plocha 1 ks

$$A_{st,1} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1B} = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_{st,1A} = 78,5 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st} = A_{st,1} \cdot (1/a_s)$$

$$A_{st} = 523,3333 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na šířku desky b

$$A_{stb} = A_{st} \cdot b$$

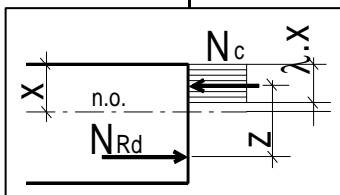
$$A_{stb} = 523,3333 \text{ mm}^3$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 227,54 \text{ kN/m}$$

VÝPOČET TLACENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlacené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlacené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 17,07 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 118,17 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 26,89 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$23,00 \text{ kNm/m} \leq$$

$$26,89 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 6000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$523,3333 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 169 \text{ mm}^2$$

$$523,3333 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,13652174$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,61685824$$

Vyhovuje

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,00217391$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$

**Kontrola průhybu**

rozpětí prvku

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

mezní poměr rozpětí / účinná výška

$$l/d = 24,0$$

referenční stupeň vyztužení

$$\rho_o = (f_{ck})^{1/2} \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_o = 0,00500$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho = A_{st}/(b \cdot d)$$

$$\rho = 0,00419$$

součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

pro poměr $b2/b1 \geq 3$

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

v ostatních případech

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel závislý na rozpětí

$$\kappa_{c2} = 1$$

 $\kappa_{c2} = 1$ pro $l \leq 7$

$$\kappa_{c2} = 7/l$$

pro $l > 7$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = (500/f_{yk}) \cdot M_{Rd}/M_{Ed}$$

$$\kappa_{c3} = 1,17$$

koeficient zohledňující konstrukční systémy

$$K = 1,3$$

prostě podepřený nosník (deska)

$$K=1,0$$

krajní pole spojitého nosníku (desky)

$$K=1,3$$

vnitřní pole nosníku nebo desky

$$K=1,5$$

deska lokálně podepřená

$$K=1,2$$

konzola

$$K=0,4$$

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

$$\text{pro } \rho \leq \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/\rho) + 3,2(f_{ck})^{1/2} \cdot ((\rho_o/\rho) - 1))^{3/2}$$

$$27,73$$

$$\text{pro } \rho > \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/(\rho - \rho')) + (1/12) \cdot (f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho'/\rho_o)^{1/2})$$

$$25,94$$

$$\rho \leq \rho_o$$

$$\lambda = 27,73$$

Vymezuující ohybová štíhlost

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda$$

$$\lambda_d = 32,41$$

$$l/d \leq \lambda_d$$

není nutné počítat průhyb



Posouzení dimenzí T trámu

Trám (žebro) v poli

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 600,20 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

dílčí součinitel spolehlivosti

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

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

BETON

C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

dílčí součinitel spolehlivosti

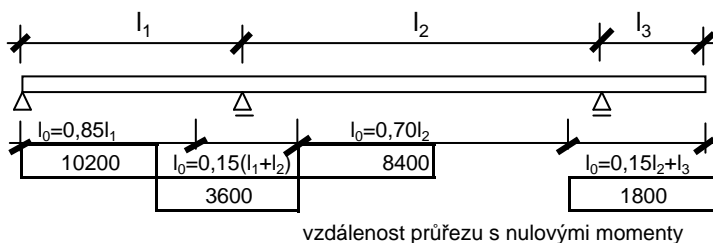
$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

Geometrie konstrukce - spolupůsobící šířka desky



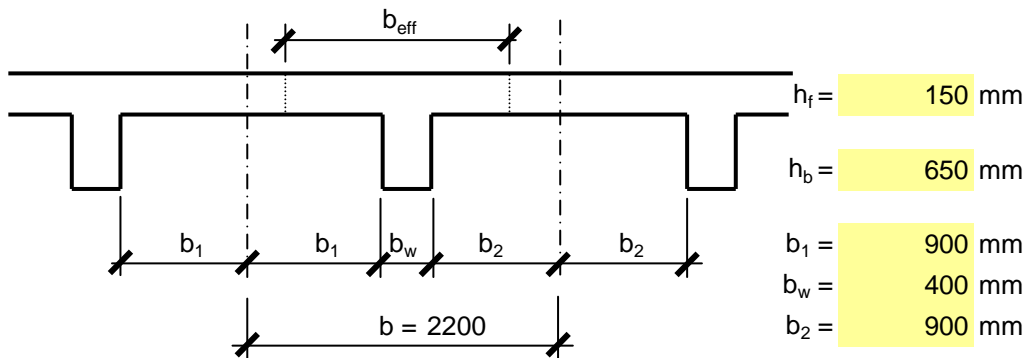
vzdálenost průřezu s nulovými momenty

$$l_1 = 12000 \text{ mm}$$
$$l_2 = 12000 \text{ mm}$$
$$l_3 = 0 \text{ mm}$$

$$l_0 = 10200 \text{ mm}$$

$$0,1 \cdot l_0 = 1020$$

$$0,2 \cdot l_0 = 2040$$



$$h_f = 150 \text{ mm}$$

$$h_b = 650 \text{ mm}$$

$$b_1 = 900 \text{ mm}$$

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$b_2 = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b_w = 2200$$

$$b_{eff,1} = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = 900 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 2200 \text{ mm}$$

podmínky:

$$b_{eff,i} \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_1$$

$$b_{eff} \leq b$$

GEOMETRIE TRÁMU

KRYTÍ

C výztuže =

$$b = 2200 \text{ mm}$$

$$35 \text{ mm}$$

$$\Delta C = 0 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$d = 754 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

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

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} = 6$$

$$\text{kusů} = 379,94 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st} = 2279,64 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

$$A_{st} = 2279,64 \text{ mm}^2$$

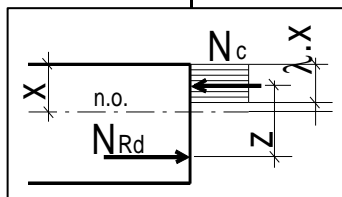
maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 991,15 \text{ kN}$$



VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu	$\eta =$	1
souč. efektivní výšky tlačené zóny	$\lambda =$	0,8
výška tlačené oblasti	$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$	33,79 mm
rameno vnitřních sil	$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$	740,48 mm

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 733,93 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 600,20 \text{ kNm/m} \leq 733,93 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

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

$$GPa$$

Ověření maximální a minimální plochy výztuže

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 70400 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$2279,64 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 2212,476 \text{ mm}^2$$

$$2279,64 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,044813$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

$$\text{Vyhovuje}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

PŘÍČNÁ VÝZTUŽ NAD TRÁMEM

ohybový moment nad podporou

$$M_{Ed} = 10,00 \text{ kNm/m}$$

ohybová únosnost daná příčnou výztuží

$$M_{Rd} = 26,89 \text{ kNm/m}$$

plocha výztuže na 1 m šíře desky

$$A_{sf,o,1m} = 523 \text{ mm}^2$$

nutná plocha výzt. na 1 m šíře desky

$$A_{sf,o,n,1m} = 194 \text{ mm}^2$$

Podélné smykové napětí ve styku trámu s přírubou

změna normálové síly v přírubě

$$\Delta F = b_{eff,1} \cdot \lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$\Delta F = 405 \text{ kN}$$

vzdálenost mezi průřezy s maximálním a nulovým momentem

$$\Delta x = 5100 \text{ mm}$$

podélné smykové napětí

$$v_{Ed} = \Delta F / (h_f \cdot \Delta x)$$

$$v_{Ed} = 530 \text{ kPa}$$

$$\text{podmínka } v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$$

není splněna - je nutné dimenzovat výztuž

Nutná plocha příčné betonářské výztuže na 1m (smyk)

$$A_{sf,n,1m} \geq 183 \text{ mm}^2$$

$$A_{sf,n} \geq v_{Ed} \cdot h_f \cdot s_f / (f_{yd} \cdot \cot \theta_f)$$

Podmínka "nerozdrcení" tlakové diagonály

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$v_{Ed} \leq v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f$$

splněna

$$v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cot \theta_f = 6364 \text{ kPa}$$

Nutná plocha výztuže:

příčný ohyb:

$$A_A = 194 \text{ mm}^2$$

polovina výztuže smyku:

$$A_{B/2} = 91 \text{ mm}^2$$

součet:

$$A_{A+B/2} = 286 \text{ mm}^2$$

Nutná plocha výztuže s přihlédnutím ke smyku a příčnému ohybu

$$A_{nutná} = 286 \text{ mm}^2$$

nad trámem postačuje stávající výztuž, není nutné další vyztužení
plochu výztuže zvětšit o

$$0 \%$$

profil	mm
po	150 mm

$$A_{sf,o,1m} = 0 \text{ mm}^2$$



Kontrola průhybu

rozpětí prvku

$$l = 12,00 \text{ m}$$

mezní poměr rozpětí / účinná výška

$$l/d = 15,9$$

referenční stupeň vyztužení

$$\rho_o = (f_{ck})^{1/2} \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_o = 0,02709$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho = A_{st}/(b \cdot d)$$

$$\rho = 0,00756$$

součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

pro poměr $b_2/b_1 \geq 3$

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

v ostatních případech

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel závislý na rozpětí

$$\kappa_{c2} = 0,583333$$

$$\kappa_{c2} = 1 \text{ pro } l \leq 7$$

$$\kappa_{c2} = 7/l \text{ pro } l > 7$$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = (500/f_{yk}) \cdot M_{Rd}/M_{Ed}$$

$$\kappa_{c3} = 1,22$$

koeficient zohledňující konstrukční systémy

$$K = 1,3$$

prostě podepřený nosník (deska)

$$K=1,0$$

krajní pole spojitého nosníku (desky)

$$K=1,3$$

vnitřní pole nosníku nebo desky

$$K=1,5$$

deska lokálně podepřená

$$K=1,2$$

konzola

$$K=0,4$$

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

$$\text{pro } \rho \leq \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/\rho) + 3,2(f_{ck})^{1/2} \cdot ((\rho_o/\rho) - 1))^{3/2}$$

$$135,65$$

$$\text{pro } \rho > \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/(\rho - \rho')) + (1/12) \cdot (f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho'/\rho_o)^{1/2})$$

$$49,25$$

$$\rho \leq \rho_o$$

$$\lambda = 135,65$$

Vymezující ohybová štíhlost

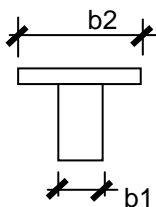
$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda$$

$$\lambda_d = 77,41$$

$$l/d \leq \lambda_d$$

není nutné počítat průhyb

	Mpa
$(f_{ck})^{1/2} =$	5



$b_2/b_1 =$	5,5
-------------	-----



Posouzení dimenzí trámu Trám nad podporou

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 430,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON

C 20/25

charakteristická hodnota pevnosti

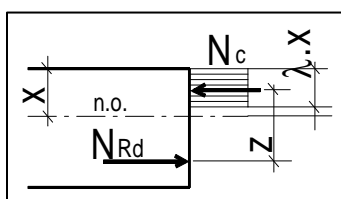
$$f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

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



GEOMETRIE TRÁMU

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$c_{min} = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 754 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = \text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

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

$$\text{kusů} = 5$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 379,94 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

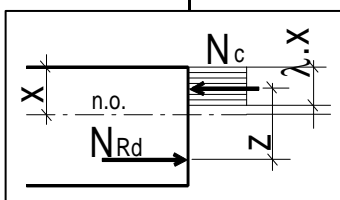
$$A_{st} = 1899,7 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 825,96 \text{ kN}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 193,58 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 676,57 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 558,81 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 430,00 \text{ kNm/m} \leq 558,81 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 12800 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$1899,7 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 407,7632 \text{ mm}^2$$

$$1899,7 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,256742$$

$$\text{Podmínka} \quad \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

$$\text{Vyhovuje}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$



Posouzení dimenzí trámu

Trám v poli 6,6 m

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 60,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON

C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

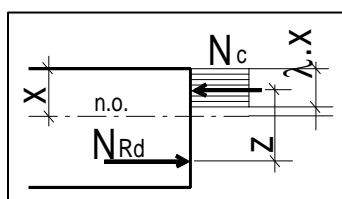
$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$



GEOMETRIE TRÁMU

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$c_{min} = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 306 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = \text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

$$\text{kusů} = 3$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 254,34 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

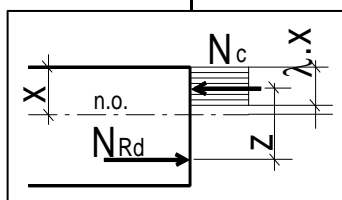
$$A_{st} = 763,02 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 331,75 \text{ kN}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 62,20 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 281,12 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 93,26 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$60,00 \text{ kNm/m} \leq$$

$$93,26 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 5600 \text{ mm}^2$$

$$A_{st}$$

$$763,02$$

Vyhovuje

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 165,4848 \text{ mm}^2$$

$$763,02$$

Vyhovuje

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,203277$$

Podmínka

$$\xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

Vyhovuje

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

**Posouzení smyku** Trám 12 m

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 310,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 754 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1900 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,006299$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) \quad 0,006299 \quad \text{maximálně } 0,02$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,51503$$

2

$$k = 1,515$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

22

5

plocha 1900

plocha 0

plocha 0

celkem 1900

Třmínky

profil stříhů

8

2

plocha 100

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větvi trm.

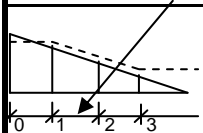
$$s_t = 565,5$$

$$0,75d = 565,5$$

max 600

rozhodující průřezy
pro návrh Δl

$$z * \cotg \theta = 1674$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 137,43 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 98,42 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 137,43 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 100 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$ 565,5 (max 400)

$$s = 200 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda * x) / 2$

$$z = 676 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 365,68 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 844,92 \text{ kN}$$

$$365,68 \quad 310,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$844,92 \quad 310,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,001256$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 0,546 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno

**Posouzení smyku** Trám 12 m - krajní - pod sloupem

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 563,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 754 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1900 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,006299$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0,006299 \text{ maximálně } 0,02$$

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 137,43 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 98,42 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 137,43 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 100 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

$$565,5$$

(max 400)

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

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda \cdot x) / 2$

$$z = 676 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 731,36 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 844,92 \text{ kN}$$

$$731,36 \quad 563,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$844,92 \quad 563,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,002512$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 1,092 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,51503 \quad 2$$

$$k = 1,515$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$22 \quad 5$$

$$\text{plocha} \quad 1900$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{celkem} \quad 1900$$

Třmínky

profil stříhů

$$8 \quad 2$$

$$\text{plocha} \quad 100$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 565,5$$

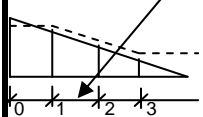
$$0,75d = 565,5$$

$$\text{max} \quad 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh Δl

$$z * \cotg \theta = 1674$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

**Posouzení smyku** Trám 6,6 m

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 173,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 306 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 1900 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,01552$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0,01552 \text{ maximálně } 0,02$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,80845$$

2

$$k = 1,8085$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

$$22 \quad 5$$

$$\text{plocha} \quad 1900$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{plocha} \quad 0$$

$$\text{celkem} \quad 1900$$

Třmínky

profil stříhů

$$6 \quad 4$$

$$\text{plocha} \quad 113$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 229,5$$

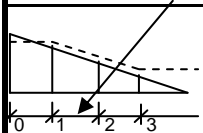
$$0,75d = 229,5$$

$$\text{max} \quad 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh ΔI

$$z * \cotg \theta = 696$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 89,93 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 52,09 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 89,93 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

$$229,5$$

(max 400)

$$s = 150 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ 45'$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda * x) / 2$$

$$z = 281 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 228,01 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 351,22 \text{ kN}$$

$$228,01 \quad 173,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$351,22 \quad 173,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,001884$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 0,819 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno



CHARAKTERISTIKY BETONU V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ

pro teplotu 20°C

f_{ck}	25
$f_{ck,cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50

BETON

C 25 / 30

T - Trám nad 1.NP

průměrná pevnost betonu v tlaku

$$f_{cm} = 33 \text{ Mpa}$$

průměrná pevnost betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

stáří betonu v uvažovaném okamžiku

$$t = 18250 \text{ dní}$$

Použitý druh cementu

R,N,S

druh = N

 $s = 0,20$ pro rychle tuhnoucí vysokopevnostní cementy (R) $s = 0,25$ pro normální a rychle tuhnoucí cementy (N) $s = 0,38$ pro pomalu tuhnoucí cementy (S)

koeficient závislý na druhu cementu

$$s = 0,25$$

$$\exp = s(1-(28/t)^{1/2})$$

$$\exp = 0,24020764$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{\exp}$$

$$\beta_{cc}(t) = 1,27151293$$

Pevnost v tlaku ve stáří t dní

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$$

$$f_{cm}(t) = 41,96 \text{ Mpa}$$

Pevnost v tahu ve stáří t dní

$$\alpha = 0,667$$

 $\alpha = 1$ pro $t < 28$ dní $\alpha = 2/3$ pro $t > 28$ dní

$$f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot \alpha \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctm}(t) = 3,01 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti bet. ve stáří t dní

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3} E_{cm}$$

$$E_{cm}(t) = 33,83 \text{ Gpa}$$

Poměrné přetvoření od dotvarování a smršťování

Geometrie prvku

celková výška příčného řezu

$$h = 800 \text{ mm}$$

celková šířka příčného řezu

$$b = 400 \text{ mm}$$

průřezová plocha

$$A_c = 320000 \text{ mm}^2$$

obvod prvku $u_A = 2 \cdot (h+b)$

$$u_A = 2400 \text{ mm}$$

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2100 \text{ mm}$$

náhradní rozměr prvku $h_0 = 2A_c/u$

$$h_0 = 305 \text{ mm}$$

Relativní vlhkost okolního prostředí

vnitřní 50%, vnější 80%

$$RH = 80 \%$$

součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti

$$\varphi_{RH} = 1,2972$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = 1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3}))$$

$$1,297196$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\varphi_{RH} = (1 + ((1 - RH/100)/(0,1 \cdot (h_0)^{1/3})) \cdot \alpha_1) \cdot \alpha_2$$

$$1,325196$$

$$\beta_H = 926,39$$

pro $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \leq 1500$$

$$926,4$$

pro $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1501 \alpha_3$$

$$933,9$$

součinitel vystihující vliv pevnosti betonu

$$\beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} \cdot ((9/(2+t_{0,T}^{1,2}))+1)^\alpha$$

upravený hodnota v závislosti na cementu

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1+t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,85300954$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t-t_0)/(\beta_H+t-t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,98523341$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi(t, t_0) = 1,82564692$$

součinitel dotvarování v čase $t = \infty$

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,85300954$$

součinitele vlivu pevnosti betonu
$\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0,7}$
$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0,2}$
$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0,5}$
$\alpha_1 = 1,042048$
$\alpha_2 = 1,011838$
$\alpha_3 = 1,029857$

926,39

933,85

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0



$RH_0 =$	100 %
$f_{cmo} =$	10 Mpa

vliv cementu	
cement	N
$\alpha_{ds1} =$	4
$\alpha_{ds2} =$	0,12

Poměrné přetvoření od smršťování vysycháním

$$\beta_{RH} = 1,55(1 - (RH/RH_0)^3)$$

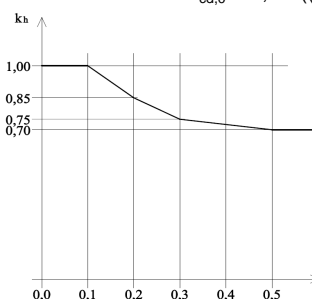
$$\beta_{RH} = 0,756$$

$$\exp = -\alpha_{ds2} * (f_{cm}/f_{cmo})$$

$$\exp = -0,396$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 * ((220 + 110\alpha_{ds1}) * e^{\exp}) * \beta_{RH} * 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,00028558$$



$$h_0 = 0,305 \text{ m} \longrightarrow k_h = 0,74880952$$

konečná hodnota smrštění vyvozeného vysycháním

$$\varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = \varepsilon_{cd,0} k_h \quad \varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = 0,0002138$$

stáří betonu na začátku vysychání

 h_0 (konec ošetřování betonu)

$$t_s = 28 \text{ dní}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / ((t - t_s) + 0,04(h_0^{3/2}))$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,99999963$$

poměrné smrštění v čase

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd}(\infty, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = 0,00021385$$

Autogenní smršťování

$$\exp2 = (-0,2t^{0,5})$$

$$\exp2 = -27,0$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{\exp2}$$

$$\beta_{as}(t) = 1$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 0,0000375$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = 0,0000375$$

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,0002513$$

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0

$$\text{součinitel vystihující vliv pevnosti betonu} \quad \beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} * ((9/(2 + t_{0,T}^{1,2})) + 1)^\alpha$$

upravený hodnota v závislosti na cementu

$$t_0 = 28$$

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$\beta(t_0) = 0,48844955$$

$$\beta(t_0) = 1/(0,1 + t_0^{0,20})$$

základní součinitel dotvarování

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,85300954$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,98523341$$

součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi_{cs}(t, t_0) = 1,82564692$$

součinitel dotvarování v čase t = ∞

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi_{cs}(\infty, t_0) = 1,85300954$$



Výpočet přetvoření - průřez s trhlinou - dlouhodobě působící zatížení

Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálého zatížení v kritickém průřezu

$$M_k = 311,00 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

modul pružnosti betonářské výztuže

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

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

návrhová hodnota pevnosti

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

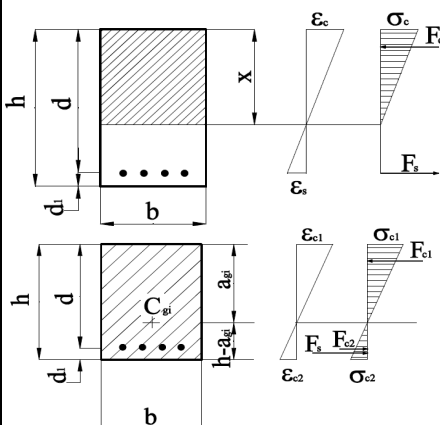
střední hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

střední hodnota sečnového modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

Průřez s trhlinou a bez trhliny



Geometrie prvku

výška

$$h = 800 \text{ mm}$$

šířka

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d_1 = 46 \text{ mm}$$

$$d = 754 \text{ mm}$$

Výztuž

průměr prutu

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

počet kusů

$$n = 6 \text{ kusů}$$

krytí

$$c = 35 \text{ mm}$$

plocha výztuže

$$A_s = 2281 \text{ mm}^2$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,853$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 11,03 \text{ Gpa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,13$$

$$\alpha_e - 1 = 17,13$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e / b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$$

$$x = 304,7 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 121900 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 12118307135 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 39065 \text{ mm}$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 320000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 359065 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 439 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 17066666667 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c * (a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 21429506901 \text{ mm}^4$$

ohybový moment na hranici vzniku trhlin

$$M_{cr} = 152,06 \text{ kNm}$$

Ohybová poddajnost průřezu bez trhliny $C_I = 1 / (E_{c,eff} * I_i)$

$$C_I = 0,000004 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Ohybová poddajnost průřezu s trhlinou $C_{II} = 1 / (E_{c,eff} * I_{ir})$

$$C_{II} = 0,000007 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\sigma_{c2} = M_{cr} * (h - a_{gi}) / I_i$$



součinitel trvání zatížení $\beta = 1$...jednorázové, krátkodobé
 $\beta = 0,5$...dlouhodobé nebo opakované
spolupůsobení betonu mezi trhlinami $\zeta = 1 - \beta(M_{cr}/M_k)^2$

$$\beta = 0,5$$
$$\zeta = 0,8805$$

ohybová křivost $(1/r_m) = (1 - \zeta) * (M_k/E_{c,eff} * I_i) + \zeta * (M_k/E_{c,eff} * I_{ir})$

$$(1/r_m) = 0,002205 \text{ m}^{-1}$$

rozpětí prvku
součinitel závislí na průběhu ohybového momentu

$$l = 12 \text{ m}$$
$$k = 0,105$$

Průhyb od zatížení a dotvarování

$$f_{g,lt} = k * l^2 * (1/r_m)$$

$$f_{g,lt} = 0,033 \text{ m}$$

Poměrné přetvoření od smršťování

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cs} = 0,0002513$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 1,853$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 11,03 \text{ GPa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 18,13$$

$$\alpha_e - 1 = 17,13$$

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e/b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2))^{1/2})$$

$$x = 304,7 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 121900 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 12118307135 \text{ mm}^4$$

"náhradní plocha výztuže"

$$A_{s,c} = (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_{s,c} = 39065 \text{ mm}$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_{ir} = A_s(d - x)$$

$$S_{ir} = 1024617,951 \text{ mm}^3$$

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 320000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 359065 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 439 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 17066666667 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c}(d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 21429506901 \text{ mm}^4$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_i = A_s(d - a_{gi})$$

$$S_i = 719538,5864 \text{ mm}^3$$

ohybová křivost $(1/r_{cs}) = (1 - \zeta) * \varepsilon_{cs} * \alpha_e(S_i/I_i) + \zeta * \varepsilon_{cs} * \alpha_e(S_{ir}/I_{ir})$

$$(1/r_{cs}) = 0,000357 \text{ m}^{-1}$$

Průhyb od smršťování a dotvarování

$$f_{cs} = 0,125 * l^2 * (1/r_{cs})$$

$$f_{g,lt} = 0,006 \text{ m}$$

Posouzení dlouhodobého průhybu od zatížení a smršťování včetně dotvarování

Celkový průhyb

$$f_{lt} = f_{lt,g} + f_{cs}$$

$$f_{lt} = 0,0398 \text{ m}$$

Podmínka:

$$f_{lt} \leq f_{lim}$$

$$0,0398$$

$$\leq$$

$$0,0480$$

splněna

Požadovaná
hodnota průhybu

$$f_{lim} = L / 250$$

$$f_{lim} = 0,048 \text{ m}$$

doporučená hodnota
L/250

průhyb po zabudování
prvku L/500



Projekt: **16 072 ZŠ Starý Lískovec**

Úloha: **16 072 Tělocvična -
prováděcí**

Statický výpočet

PROJEKT

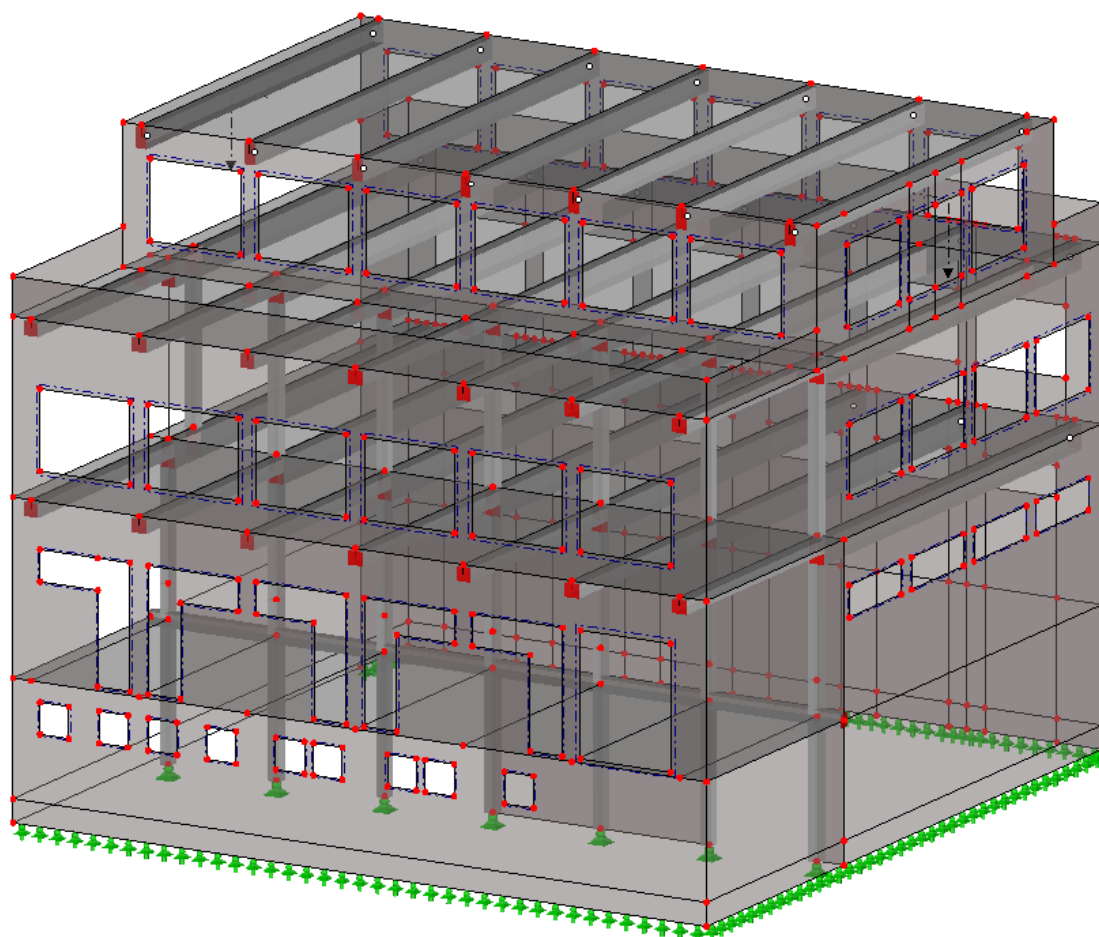
Přístavba základní a mateřské školy Elišky Přemyslovny 10
Dokumentace pro provedení stavby

Oddíl 4
Konstrukce stropu nad 1.PP
Sloupy, průvlaky a zděné pilíře

INVESTOR

MČ Brno-Starý Lískovec

ZHOTOVITEL





Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -

prováděcí

OBSAH

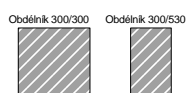
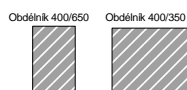
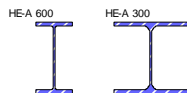
	Konstrukce	2
1.3	Materiály	2
1.13	Průřezy	2
1.14	Klouby na koncích prutu	2
	Skupiny ZS	2
	Nastavení pro nelineární výpočet	3
	Kombinace zatěžovacích stavů	3
	Výsledky - zatěžovací stavy, skupiny ZS	3
Obr.	Plochy m-y, SZS1: Rozhodující skupina	3
	zatěžovacích stavů	3
Obr.	Pruty M-y, SZS1: Rozhodující skupina	4
	zatěžovacích stavů	4
Obr.	Pruty V-z, SZS1: Rozhodující skupina	4
	zatěžovacích stavů	4

OBSAH

Obr.	Pruty N, SZS1: Rozhodující skupina	5
	zatěžovacích stavů	5
Obr.	Pruty M-y, SZS1: Rozhodující skupina	6
	zatěžovacích stavů	6
Obr.	Pruty M-z, SZS1: Rozhodující skupina	6
	zatěžovacích stavů	6
Obr.	Pruty M-z; Plochy m-x, SZS1:	7
	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	7
Obr.	Pruty M-z; Plochy m-y, SZS1:	7
	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	7
Obr.	Pruty M-z; Plochy n-y, SZS1:	8
	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	8
Obr.	Pruty M-z; Plochy n-y, SZS1:	8
	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	8

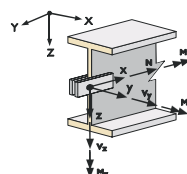
1.3 MATERIÁLY

Materiál č.	Materiál - označení	Modul pružn. E [MPa]	Smyk. modul G [MPa]	Poisson. souč. μ [-]	Obj. tíha γ [kN/m ³]	Souč. tepl. rozt. α [1/°C]	Součinitel γ_M [-]
1	Beton C30/37 DIN 1045-1:2008-08 Materiálový model - Izotropní...	28300.000	11800.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
2	Ocel S 235 DIN 18800:1990 11 Materiálový model - Izotropní...	210000.000	81000.000	0.300	78.50	1.2000E-05	1.100
3	Beton C25/30 DIN 1045-1:2008-08 Materiálový model - Izotropní...	26700.000	11100.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
4	Beton C12/15 DIN 1045-1:2008-08 Materiálový model - Izotropní...	21800.000	9100.000	0.200	25.00	1.0000E-05	1.000
5	Cihly pevnostní třídy 8; malta skupiny II DIN 1053-1:1996-11 Materiálový model - Izotropní...	3000.000	1304.000	0.150	10.00	7.0000E-06	1.000



1.13 PRŮŘEZY

Průřez č.	Průřez - označení	Mater. č.	I_T [mm ⁴] A [mm ²]	I_y [mm ⁴] A_y [mm ²]	I_z [mm ⁴] A_z [mm ²]
1	HE-A 600	2	3990000.0 22600.0	1412000000 12530.8	112700000. 7114.9
2	HE-A 300	2	856000.0 11300.0	182600000. 6993.9	63100000.3 2167.6
3	Obdélník 400/650	3	8554302976 260000.0	9154166784 216666.7	3466667008 216666.7
4	Obdélník 400/350	3	2717825024 140000.0	1429166976 116666.7	1866667008 116666.7
5	Obdélník 300/300	3	1139399936 90000.0	675000000. 75000.0	675000000. 75000.0
6	Obdélník 300/530	3	3083412992 159000.0	3721925120 132500.0	1192499968 132500.0
7	Obdélník 300/350	3	1524785024 105000.0	1071875008 87500.0	787500096. 87500.0



1.14 KLOUBY NA KONCÍCH PRUTU

Kloub č.	Posuvný kloub resp. pružina [MN/m]			Momentový kloub resp. pružina [MNm/rad]			Komentář
	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

SKUPINY ZS

SZS č.	Označení SZS	Součinitel	Zatěžovací stavy ve SZS	Výpočetní teorie
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	1.0000	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS5	II. řád



Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

NASTAVENÍ PRO NELINEÁRNÍ VÝPOČET

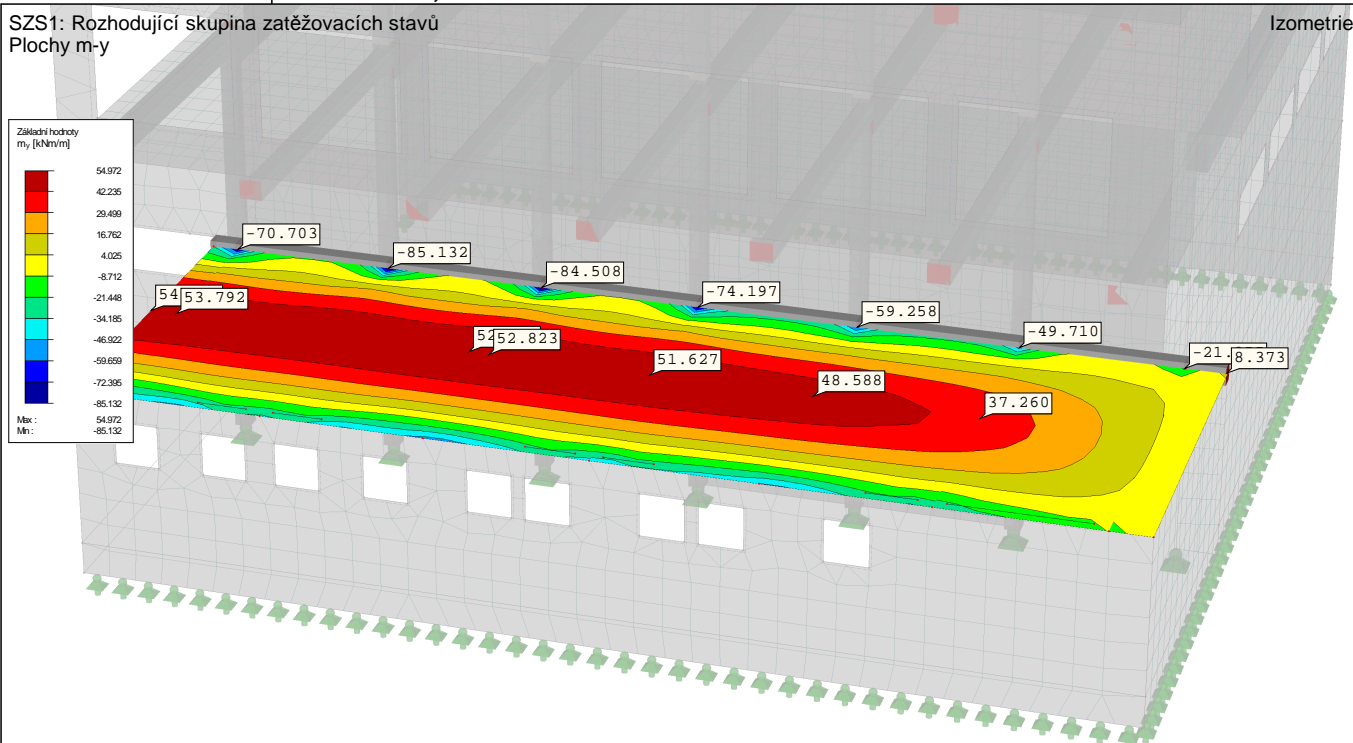
SZS č.	Označení SZS	Příznivé působení tahových sil	Výsledky vydělit součinitelem SZS	Tuhost redukovat Gamou-M
1	Rozhodující skupina zatěžovacích stavů	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

KZS č.	Označení KZS	Složení kombinace
1	Charakteristické hodnoty	ZS1/S + ZS2/S + ZS3 + ZS4 + ZS5
2	Rozhodující kombinace zatěžovacích stavů	1.35*ZS1/S + 1.35*ZS2/S + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS5

PLOCHY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Plochy m-y



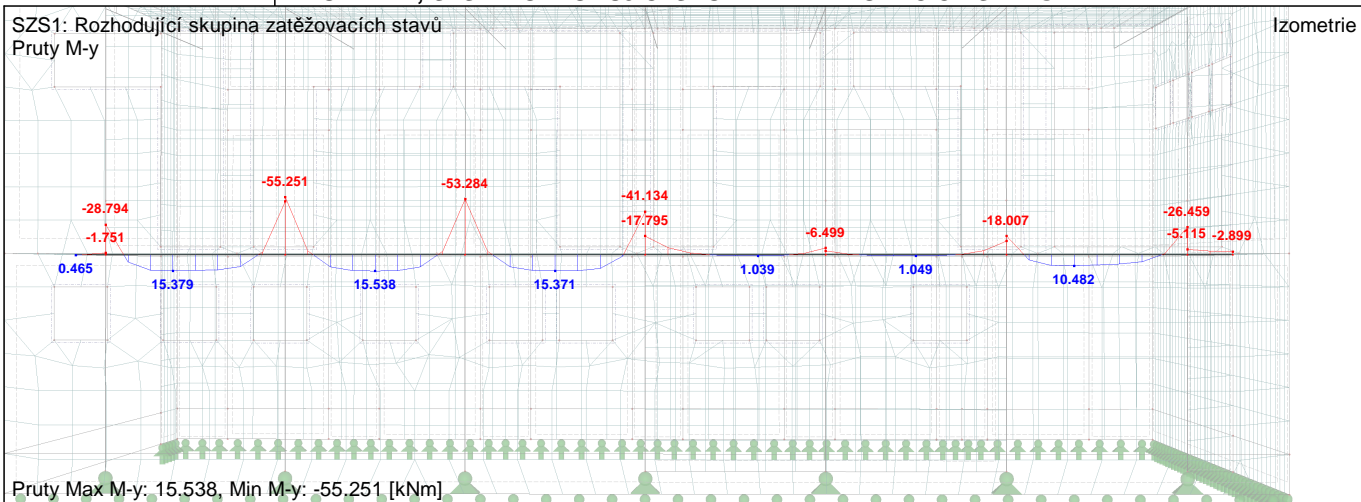
Plochy Max m-y: 54.972, Min m-y: -85.132 [kNm/m]
Hodnoty: m-y [kNm/m]



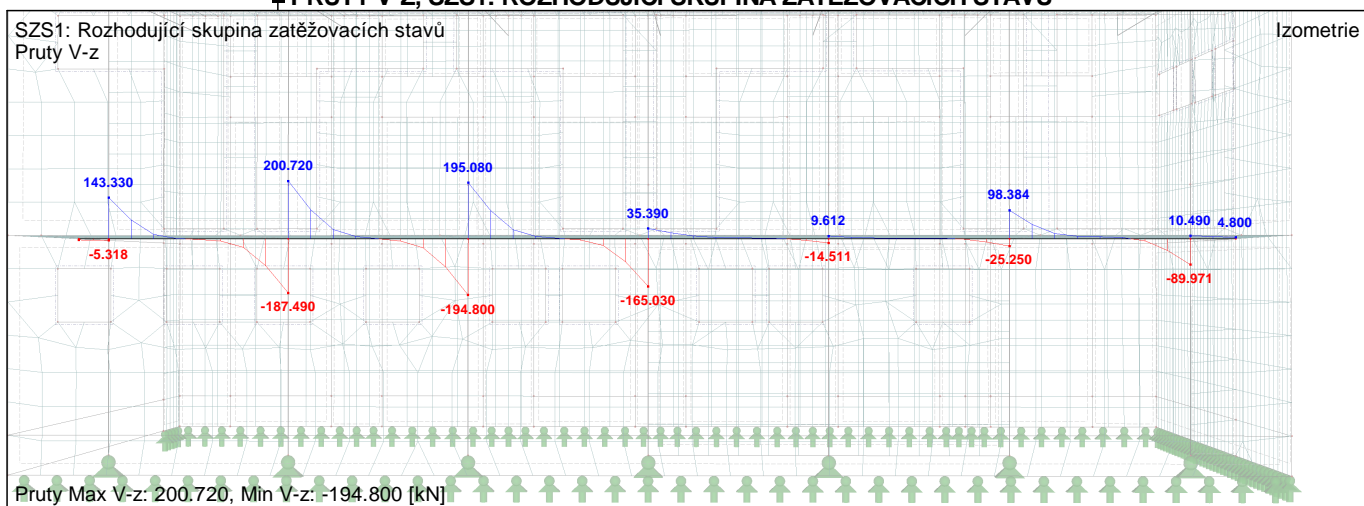
Projekt: **16 072 ZŠ Starý Lískovec**

Úloha: **16 072 Tělocvična -
prováděcí**

■ **PRUTY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ**



■ **PRUTY V-Z, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ**





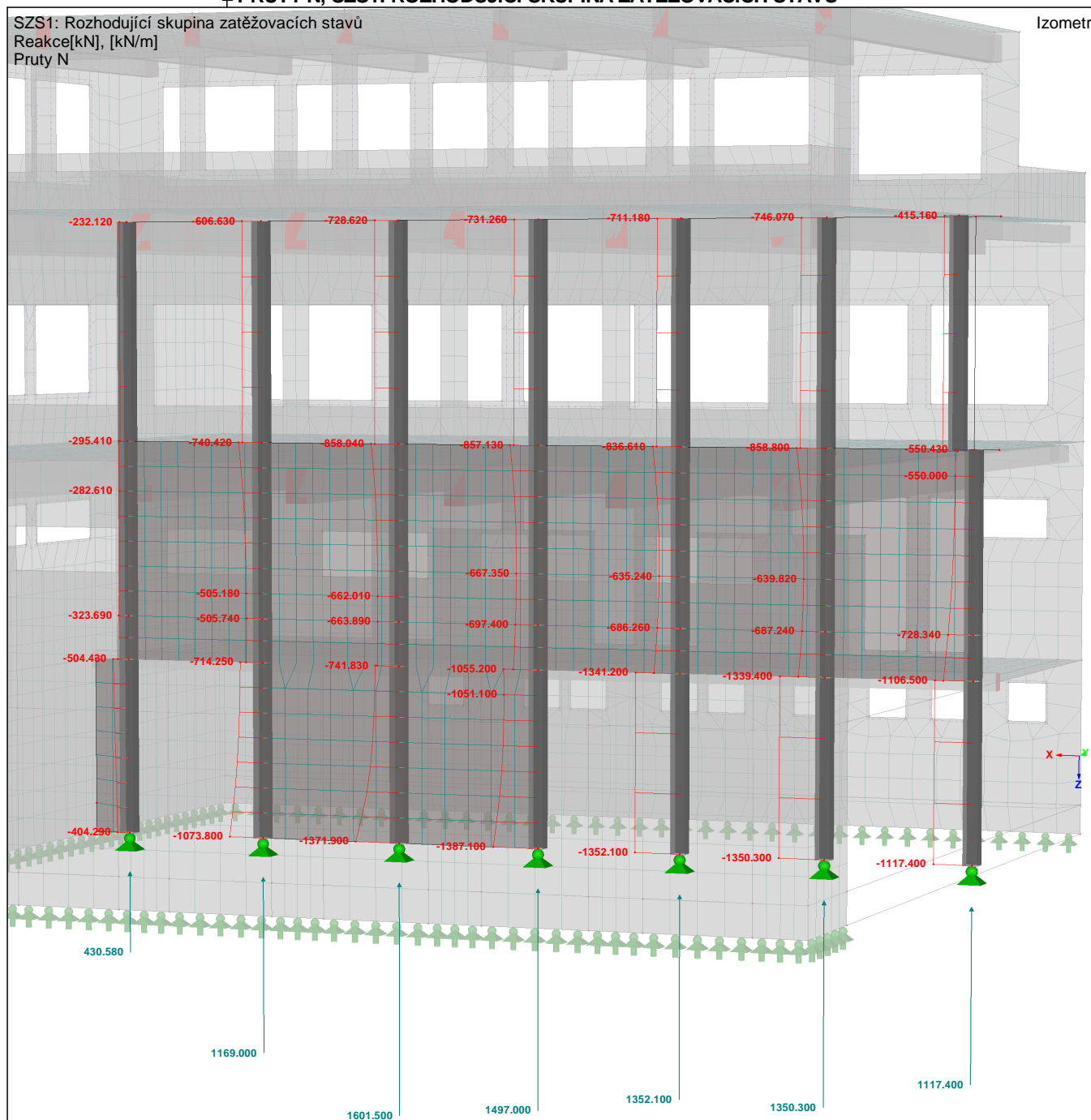
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY N, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

SZS1: Rozhodující skupina zatěžovacích stavů
Reakce[kN], [kN/m]
Pruty N

Izometrie



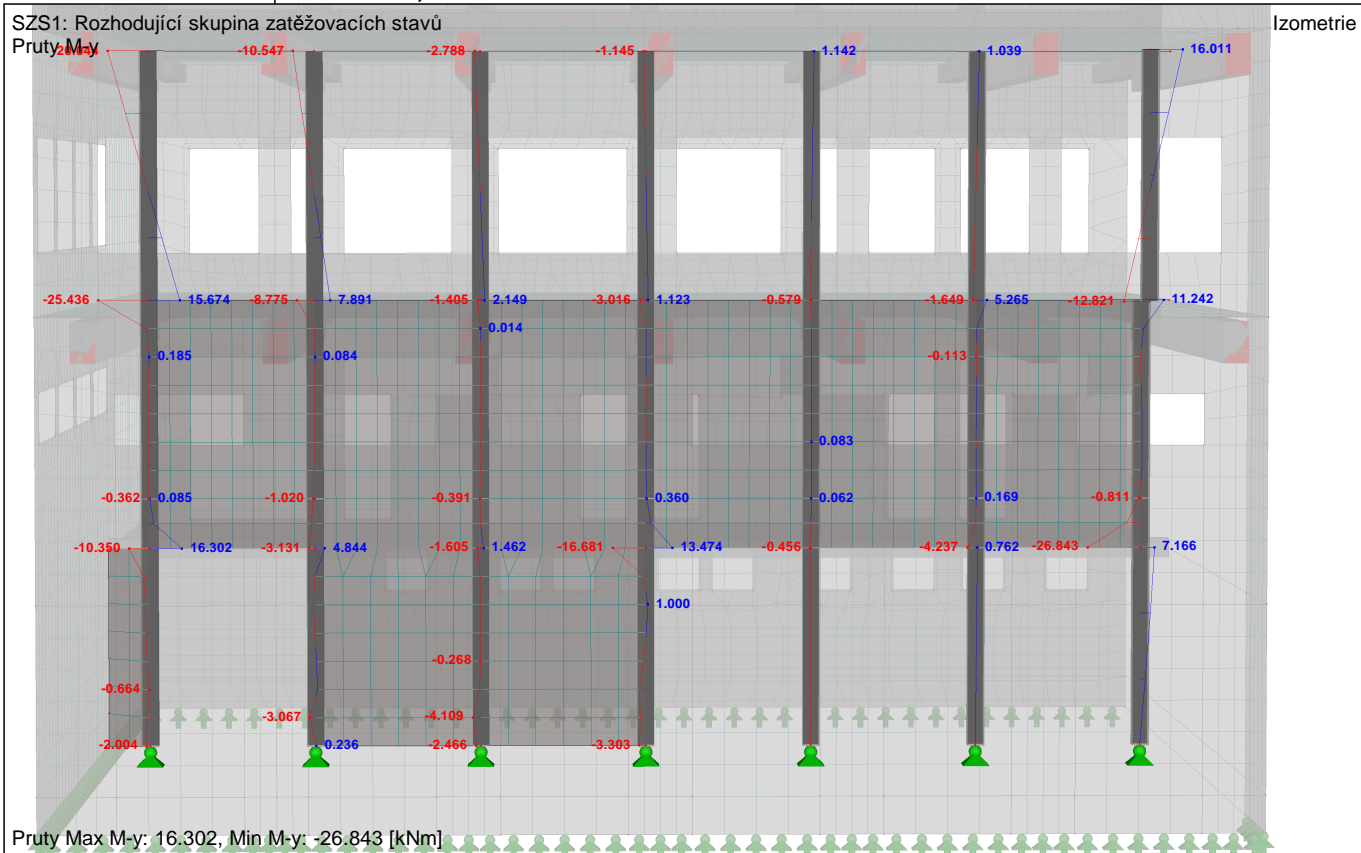
Pruty Max N: -232.120, Min N: -1387.100 [kN]



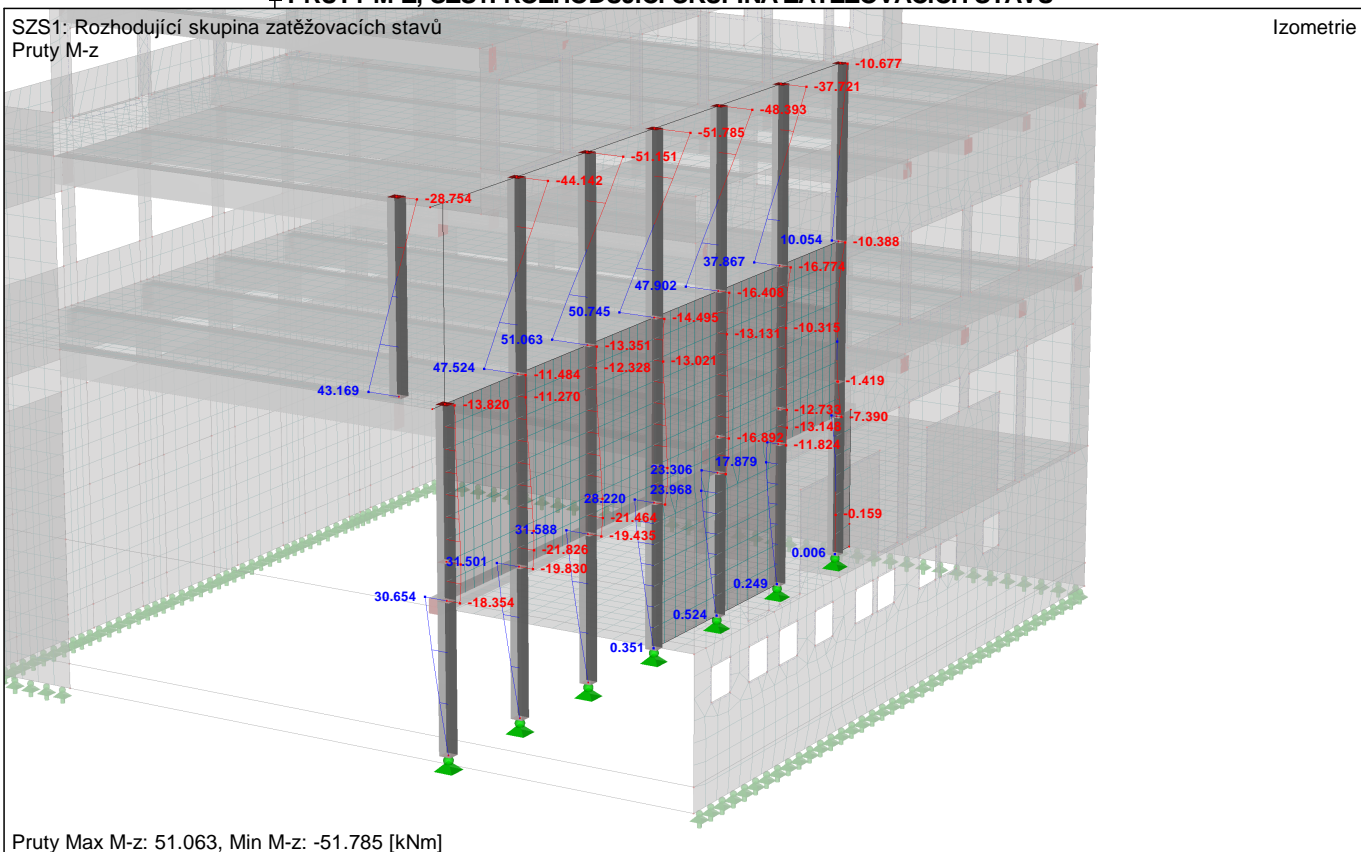
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ



■ PRUTY M-Z, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

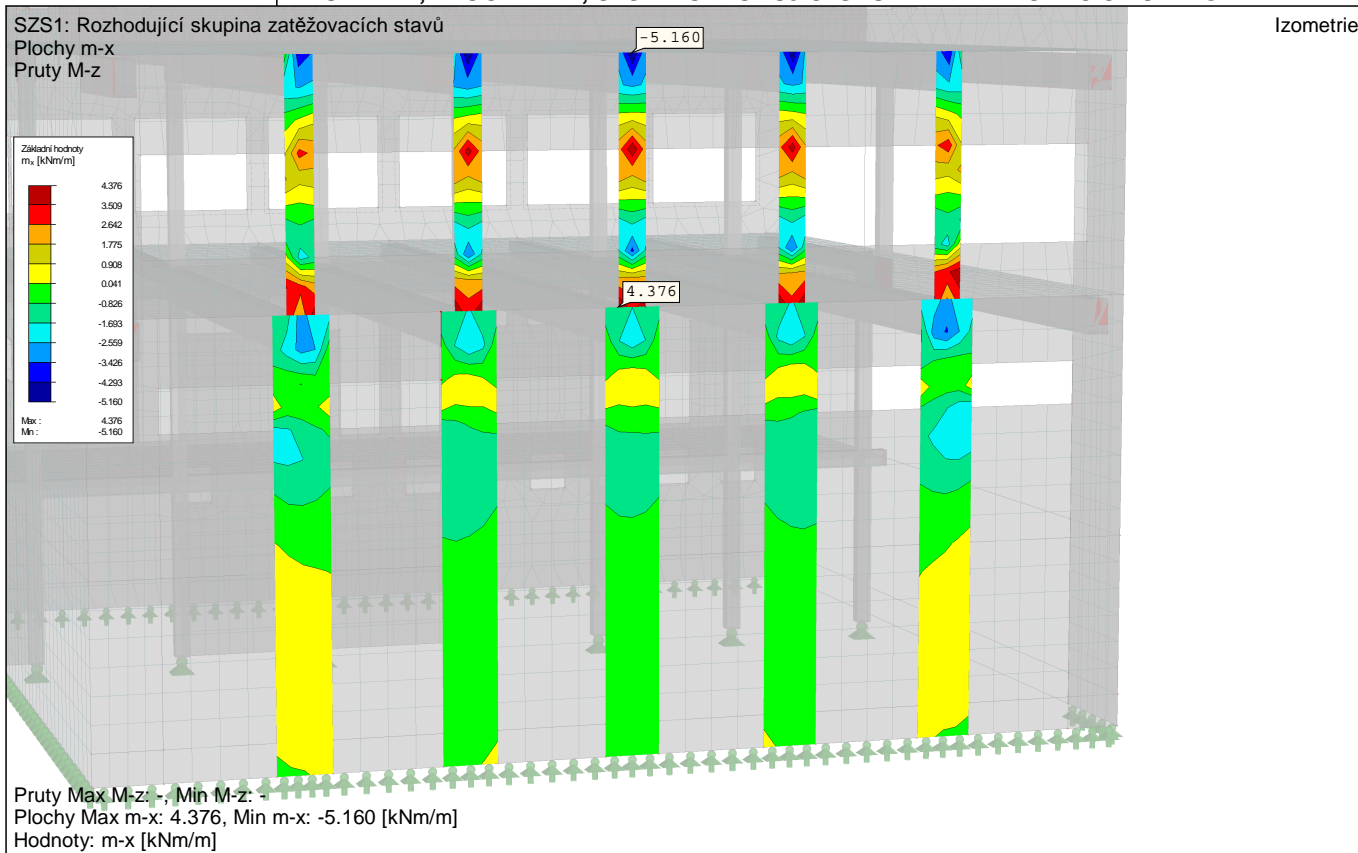




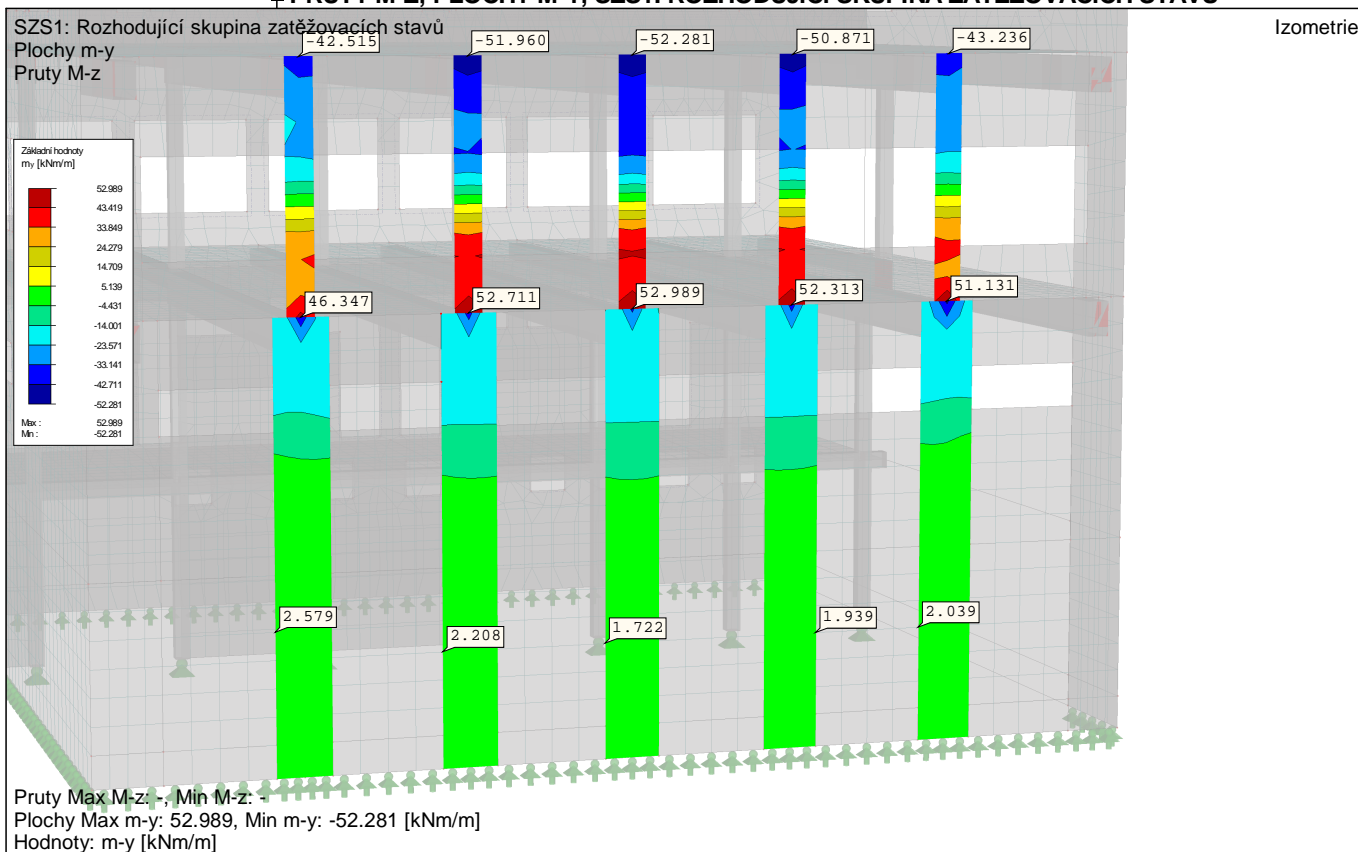
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY M-Z; PLOCHY M-X, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ



■ PRUTY M-Z; PLOCHY M-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

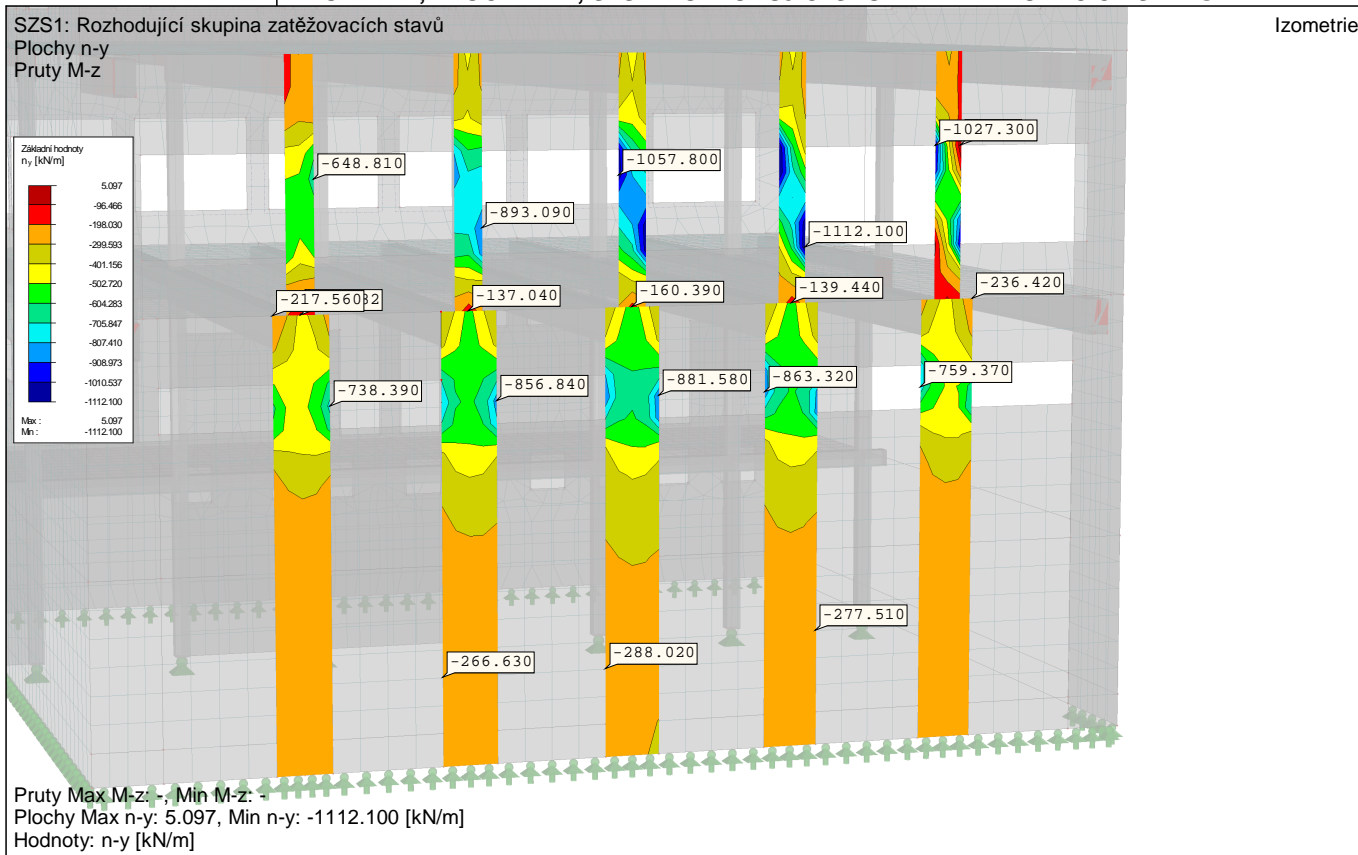




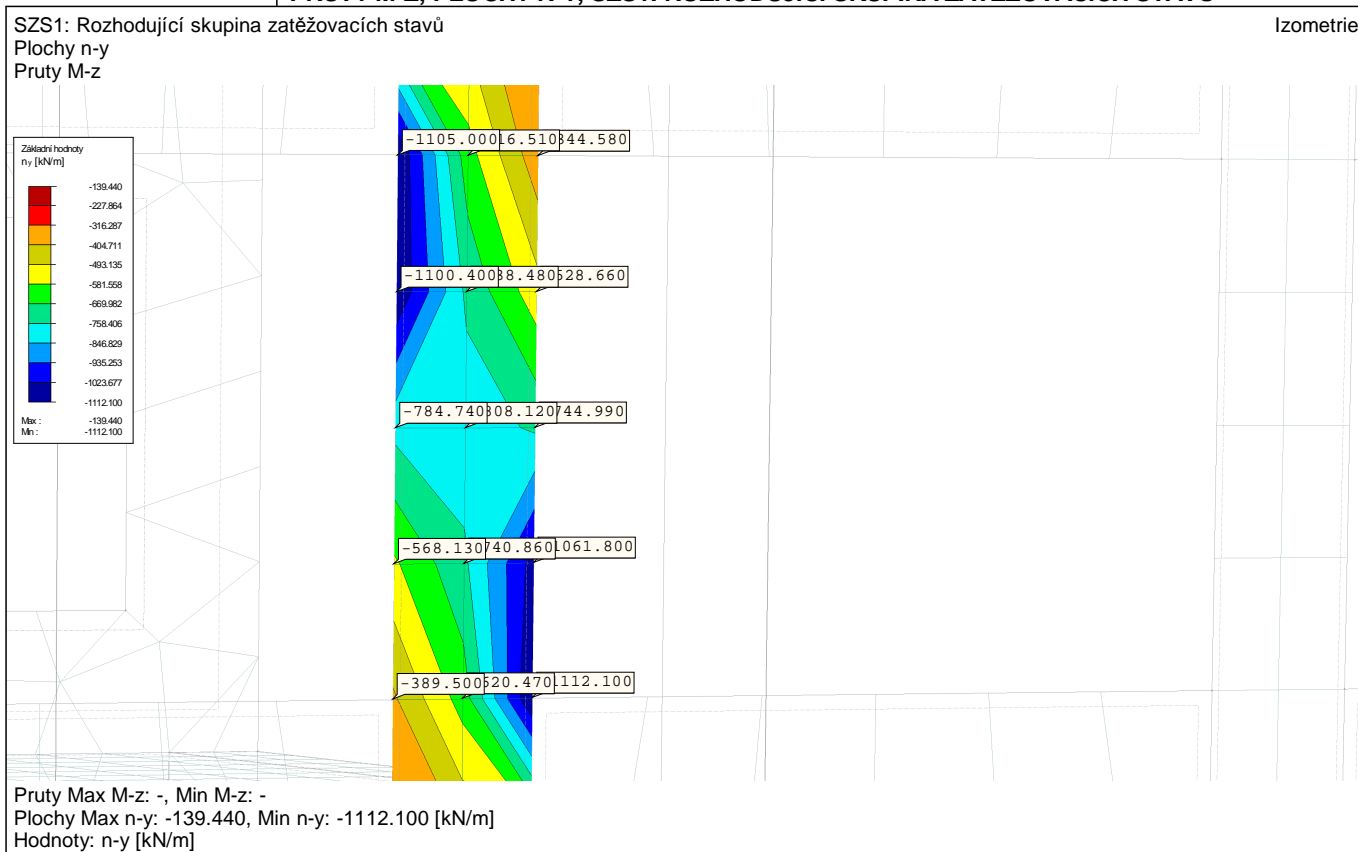
Projekt: 16 072 ZŠ Starý Lískovec

Úloha: 16 072 Tělocvična -
prováděcí

■ PRUTY M-Z; PLOCHY N-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ



■ PRUTY M-Z; PLOCHY N-Y, SZS1: ROZHODUJÍCÍ SKUPINA ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ





Posouzení dimenzí desky deska stropu nad 1.PP
Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 54,00 \text{ kNm/m}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL B 500 charakteristická hodnota meze kluzu
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$
$$\gamma_s = 1,15$$
$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

BETON C 25/30 charakteristická hodnota pevnosti
dílní součinitel spolehlivosti
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$
$$\gamma_c = 1,5$$
$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

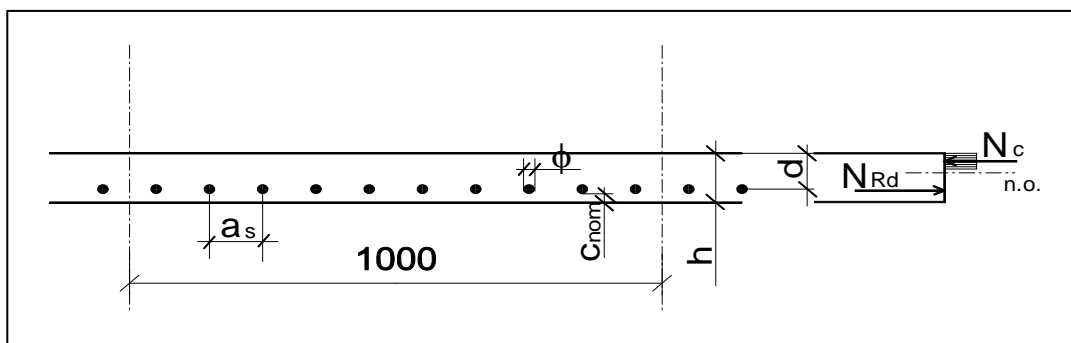
Rozdělovací

$A_{s,roz,n} =$	205,1467
$\phi =$	10
$a_{s,roz} =$	300
$A_{s,roz} =$	261,67

O.K.

max. vzdálenost

$a_{s,roz} =$	720
3. h	400



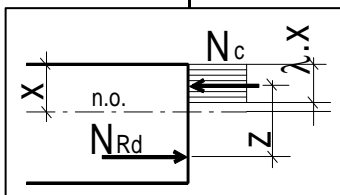
GEOMETRIE DESKY $b = 1000 \text{ mm}$ $h = 240 \text{ mm}$

KRYTÍ $C_{výztuže} = 20 \text{ mm}$ $d = h - C_{nom} - \phi/2 = 213 \text{ mm}$
 $\Delta C =$ $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$ $C_{nom} = 20 \text{ mm}$

VÝZTUŽ profil A $\phi = 14 \text{ mm}$ $a_s = 150 \text{ mm}$
profil B $\phi =$ $a_s = 200 \text{ mm}$

plocha 1 ks $A_{st,1} = \pi \cdot \phi^2 / 4$ $A_{st,1B} = 0 \text{ mm}^2$ $A_{st,1A} = 153,86 \text{ mm}^2$
pl. výztuže na 1 m šířky desky $A_{st} = A_{st,1} \cdot (1/a_s)$ $A_{st} = 1025,733 \text{ mm}^2$
pl. výztuže na šířku desky b $A_{stb} = A_{st} \cdot b$ $A_{stb} = 1025,733 \text{ mm}^3$
maximální únosnost výztuže $N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$ $N_{Rd} = 445,97 \text{ kN/m}$

VÝPOČET TLACENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu $\eta = 1$
souč. efektivní výšky tlacené zóny $\lambda = 0,8$
výška tlacené oblasti $x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$ $x = 33,45 \text{ mm}$
rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda \cdot x) / 2$ $z = 199,62 \text{ mm}$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$
$$M_{Rd} = 89,03 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 54,00 \text{ kNm/m} \leq 89,03 \text{ kNm/m} \quad \text{Vyhovuje}$$

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$
$$A_{st,max} = 9600 \text{ mm}^2$$
$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$
$$A_{st,min} = 287,976 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 1025,733 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$A_{st} = 1025,733 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$
$$\xi = x/d$$
$$\xi = 0,15703205$$
$$E_s = 200 \text{ GPa}$$
$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$
$$\xi_{bal,1} = 0,61685824$$
$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$
$$\epsilon_{yd} = 0,00217391$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

Vyhovuje

**Kontrola průhybu**

rozpětí prvku

$$l = 6,30 \text{ m}$$

mezní poměr rozpětí / účinná výška

$$l/d = 29,6$$

referenční stupeň vyztužení

$$\rho_o = (f_{ck})^{1/2} \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_o = 0,00500$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho = A_{st}/(b \cdot d)$$

$$\rho = 0,00482$$

součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

pro poměr $b2/b1 \geq 3$

$$\kappa_{c1} = 0,8$$

v ostatních případech

$$\kappa_{c1} = 1$$

součinitel závislý na rozpětí

$$\kappa_{c2} = 1$$

 $\kappa_{c2} = 1$ pro $l \leq 7$

$$\kappa_{c2} = 7/l$$

pro $l > 7$

součinitel napětí tahové výztuže

$$\kappa_{c3} = (500/f_{yk}) \cdot M_{Rd}/M_{Ed}$$

$$\kappa_{c3} = 1,65$$

koeficient zohledňující konstrukční systémy

$$K = 1$$

prostě podepřený nosník (deska)

$$K=1,0$$

krajní pole spojitého nosníku (desky)

$$K=1,3$$

vnitřní pole nosníku nebo desky

$$K=1,5$$

deska lokálně podepřená

$$K=1,2$$

konzola

$$K=0,4$$

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

$$\text{pro } \rho \leq \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/\rho) + 3,2(f_{ck})^{1/2} \cdot ((\rho_o/\rho) - 1))^{3/2}$$

$$18,91$$

$$\text{pro } \rho > \rho_o \quad \lambda = K \cdot (11 + 1,5(f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho_o/(\rho - \rho')) + (1/12) \cdot (f_{ck})^{1/2} \cdot (\rho'/\rho_o)^{1/2})$$

$$18,79$$

$$\rho \leq \rho_o$$

$$\lambda = 18,91$$

Vymezuující ohybová štíhlost

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda$$

$$\lambda_d = 31,17$$

$$l/d \leq \lambda_d$$

není nutné počítat průhyb



Posouzení dimenzí trámu Průvlak u desky 1.PP

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 55,30 \text{ kNm}$$

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON

C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

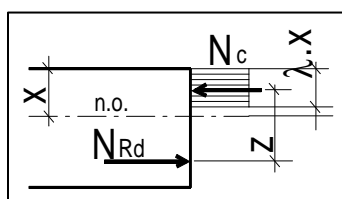
$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$



GEOMETRIE TRÁMU

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

$$h = 350 \text{ mm}$$

KRYTÍ

$$c_{min} = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 308 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = \text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 35 \text{ mm}$$

VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 14 \text{ mm}$$

$$\text{kusů} = 4$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 153,86 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

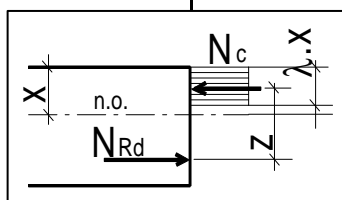
$$A_{st} = 615,44 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 267,58 \text{ kN}$$

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 66,90 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 281,24 \text{ mm}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 75,26 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$55,30 \text{ kNm/m} \leq$$

$$75,26 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 4200 \text{ mm}^2$$

$$615,44 \text{ Vyhovuje}$$

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 124,9248 \text{ mm}^2$$

$$615,44 \text{ Vyhovuje}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x / d$$

$$\xi = 0,217194$$

$$\text{Podmínka } \xi_{bal,1} \geq \xi$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

$$\text{GPa}$$

$$\xi_{bal,1} = \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

Vyhovuje

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

**Posouzení smyku** Průvlak u desky 1.PP

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 201,00 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky**OCEL B 500**

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

BETON C 25/30

charakteristická hodnota pevnosti

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

GEOMETRIE PRVKU

šířka

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

účinná výška

$$d = 308 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 615 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 0,006661$$

plocha započítatelné podélné výztuže

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) \quad 0,006661 \quad \text{maximálně } 0,02$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně $k = 2$

$$1,80582$$

2

$$k = 1,8058$$

Výpočet A_{sl}

profil kusů

14

4

plocha 615

plocha 0

plocha 0

celkem 615

Třmínky

profil stříhů

6

4

plocha 113

 $\cotg \theta = 2,48$ $\cotg^2 \theta = 6,13$ $\theta(\text{rad}) = 0,383778$

vzdálenost větvi trm.

$$s_t = 231$$

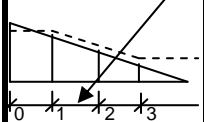
0,75d = 231

max 600

rozhodující průřezy

pro návrh Δl

$$z * \cotg \theta = 696$$



délka příhrady

stupeň smykového

vyztužení

limit smykového

napětí (duktilita)

Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 51,13 \text{ kN}$$

Minimální smykovaná únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 39,24 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 51,13 \text{ kN}$$

Smyková únosnost prvků se třmínkytřmínky svislé: $\cotg \alpha = 0$

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 113 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$

231

(max 400)

$$s = 150 \text{ mm}$$

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku $22^\circ - 45^\circ$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda * x) / 2$

$$z = 281 \text{ mm}$$

Únosnost svislých třmínků

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 228,01 \text{ kN}$$

Únosnost tlačných betonových diagonálredukce pevnosti betonu v diagonálách $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$

$$v = 0,54$$

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 263,41 \text{ kN}$$

$$228,01 \quad 201,00$$

$$V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

$$263,41 \quad 201,00$$

$$V_{Rd,max} > V_{Ed}$$

vyhovuje

Ověření splnění požadavků normy

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,002512$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

$$A_{sw} * f_{ywd} / (b_w * s) = 1,092 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

$$(a) < (b)$$

splněno



Posouzení dimenzí štíhlého tláčeného sloupu

(metoda jmenovité křivosti)

Sloup - extrémní normálová síla

Účinky zatížení normálová síla (tlak)
ohybový moment v halvě sloupu (max)
ohybový moment v patě sloupu (min)

$N_{Ed} = 1600,00$ kN
 $M_{top} = 27,50$ kNm
 $M_{bot} = -22,80$ kNm

BETON C 25 / 30

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku

 $f_{ck} = 25$ Mpa

dílní součinitel spolehlivosti (1,2 mimořádnou sit. 1,5 pro trvalou a dočas.)

 $\gamma_c = 1,5$

součinitel betonu

 $\alpha_{cc} = 1$ pro $f_{ck} \leq 50$ $\lambda = 0,8$ $\eta = 1,0$ $\lambda = 0,8$ pro $50 < f_{ck} \leq 90$ $\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/200$ $\eta = 1,0 - (f_{ck}/50)/200$ $\eta = 1$

návrhová pevnost betonu v tlaku

 $f_{cd,pl} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ $f_{cd,pl} = 16,67$ Mpa

OCEL B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

 $f_{yk} = 500$ Mpa

dílní součinitel spolehlivosti

 $\gamma_s = 1,15$

návrhová hodnota

 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ $f_{yd} = 434,78$ Mpa

Účinná délka sloupu

světla výška sloupu

 $l = 3,600$ m

součinitel uložení

 $\beta = 1$ $l_0 = \beta \cdot l$

účinná délka sloupu

 $l_0 = 3,6$ m

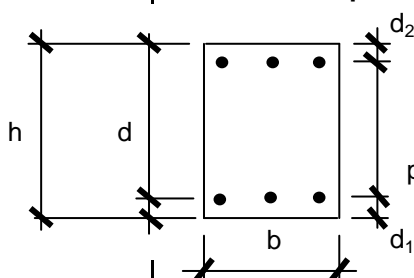
Štíhlost sloupu

 $\lambda = l_0 / (h/12)^{1/2}$

(maximálně = 75)

 $\lambda = 41,6$ OK

Geometrie prvku a výztuž

celková výška příčného řezu ($h_{w,min}=120$ mm) $h = 300$ mm

celková šířka příčného řezu

 $b = 300$ mm

krytí halvní výztuže

profil A

 $\phi = 22$ mm

C výztuže = 35 mm

kusů 3 u jedn. p.

kusů 6 celkem

plocha 1 ks A

 $A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$ $A_{st,1} = 380$ mm²

pl. výzt. u jedn. povrchu

 $A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů}$ $A_{st} = 1140$ mm²

plocha výztuže celkem

 $A_s = 2280$ mm² $d_1 = 46$ $d = h - c_{nom} - \phi/2$ $d = 254$ mm $z_1 = z_2 = 0,5h - d_1$ $z_1 = 104$ mm

Kontrola vyztužení

 $A_{s,max} = 0,04 A_c$ $A_{s,max} = 3600$ mm²

2280

Vyhovuje

 $A_{s,min} = 0,1 N_{Ed}/f_{yd} : 0,002 A_c$ $A_{s,min} = 368$ mm²

2280

Vyhovuje

Výšřednost vyjadřující účinek imperfekce

 $e_i = 20$ mm $e_i = \max(l_0/400, b/30, 20)$

Momenty 1. řádu bez vlivu imperfekce

 $M_2 = 27,50$ kNm $M_1 = -22,80$ kNm

Momenty 1. řádu s vlivem imperfekce

 $M_{02} = 59,5$ kNm $M_{01} = -54,8$ kNm $M_{0e} = \max(0,6 M_2 + 0,4 M_1, 0,4 M_2) + e_i N_{Ed} /$ $M_{0e} = 43$ kNm

f_{ck}	25
$f_{ck,cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50

 $(f_{ck}-50)/200 = -0,125$ $E_s = 200$ Mpa

$A_c = 90000$	
$0,26 f_{ctm} A_c / f_{yk}$	120
$0,1 N_{Ed} / f_{yd}$	368
$0,002 A_c$	180
$l_0/400$	9
$b/30$	10

 $e_i \cdot N_{Ed} = 32$



účinný souč. dotv.

$$\phi_{ef} = 0,87$$

$$n_{bal} = 0,4$$

upřesnění momentu 2.řádu

$$n = N_{Ed}/A_c f_{cd}$$

$$n_u = 1 + A_s f_{yd}/(A_c f_{cd})$$

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal})$$

$$\beta = 0,35 + (f_{ck}/200 - \lambda/150)$$

$$K\phi = 1 + \beta \phi_{ef}$$

$$e_2 = 0,1 (K_r K_\phi f_{yd} l_0^2) / (0,45d E_s)$$

$$M_{e2} = N_{Ed} \cdot e_2$$

Dimenzační moment

$$M_{Ed} = \max (M_{02}, M_{0e} + M_{e2}, M_{01} + 0,5M_{e2})$$

$$n = 1,0667$$

$$n_u = 1,661$$

$$K_r = 0,471$$

$$\beta = 0,198$$

$$K\phi = 1,172$$

$$e_2 = 0,014 \text{ m}$$

$$M_{e2} = 21,8 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 65,7 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{cu3} E_s$$

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

	Mpa
$\sigma_s =$	350

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$$

	ρ_{00}
$\varepsilon_{yd} =$	2,174

$$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

$$A_s f_{yd} = 495,5739 \text{ kN}$$

$$x = 0,124$$

INTERAKČNÍ DIAGRAM

$$\text{bod 0} \quad N_{Rd0} = b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s$$

$$N_{Rd0} = 2298 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = 0 \text{ kNm}$$

$$\text{bod 1} \quad N_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{st} f_{yd}$$
$$M_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + A_{st} f_{yd} \cdot z_2$$

$$N_{Rd1} = 1512 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = 101 \text{ kNm}$$

$$\text{bod 2} \quad N_{Rd2} = b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}$$
$$M_{Rd2} = b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + 2 \cdot A_{st} f_{yd} \cdot z_2$$

$$N_{Rd2} = 627 \text{ kN}$$

$$M_{Rd2} = 158 \text{ kNm}$$

$$\text{bod 3} \quad N_{Rd3} = 0$$
$$M_{Rd3} = A_{st} f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x)$$
$$x = A_{st} f_{yd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd2} = 101 \text{ kNm}$$

Třmínky - ovinutí

$$A_{s,roz,n} = 455,928$$

$$\phi = 12$$

$$a_{s,roz} = 250$$

$$A_{s,roz} = 452,16$$

nevyhovuje

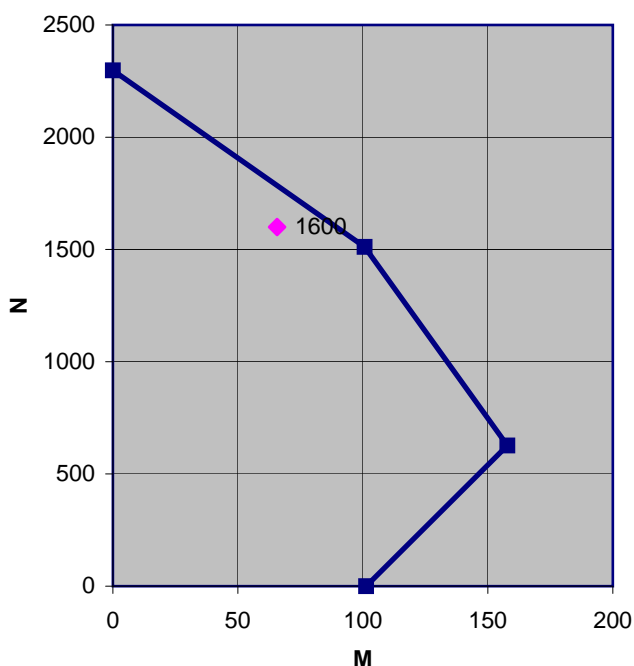
max. vzdálenost

$$b = 300$$

$$15 \phi = 330$$

$$= 300$$

interakční diagram



bod	M	N
0	0	2298
1	101	1512
2	158	627
3	101	0
F	66	1600



Posouzení dimenzí štíhlého tlaceného sloupu

(metoda jmenovité křivosti)

f_{ck}	25
$f_{ck,cube}$	30
f_{cm}	33
f_{ctm}	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
E_{cm}	31
ϵ_{c1}	2,07
ϵ_{cu1}	3,50
ϵ_{c2}	2,00
ϵ_{cu2}	3,50
n	2,00
ϵ_{c3}	1,75
ϵ_{cu3}	3,50

$$(f_{ck}-50)/200 = -0,125$$

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

Sloup - extrémní Moment (ve 2.NP)

Účinky zatížení normálová síla (tlak)
 ohybový moment v halvě sloupu (max)
 ohybový moment v patě sloupu (min)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 752,00 \text{ kN} \\ M_{top} &= 51,80 \text{ kNm} \\ M_{bot} &= -51,00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

BETON C 25 / 30

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti (1,2 mimořádnou sit. 1,5 pro trvalou a dočas.)

$$\gamma_c = 1,5$$

součinitel betonu

$$\alpha_{cc} = 1$$

pro $f_{ck} \leq 50$ $\lambda = 0,8$ $\eta = 1,0$

$$\lambda = 0,8$$

pro $50 < f_{ck} \leq 90$ $\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/200$ $\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200$

$$\eta = 1$$

návrhová pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd,pl} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd,pl} = 16,67 \text{ Mpa}$$

OCEL B 500

charakteristická hodnota meze kluzu

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

dílní součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

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

Účinná délka sloupu

světla výška sloupu

$$l = 3,600 \text{ m}$$

součinitel uložení

$$\beta = 1$$

$$l_0 = \beta \cdot l$$

účinná délka sloupu

$$l_0 = 3,6 \text{ m}$$

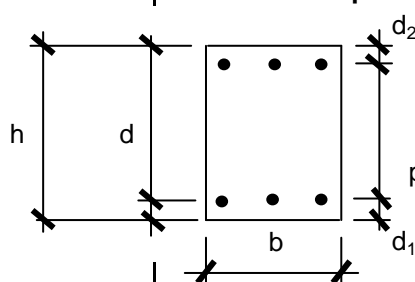
Štíhlost sloupu

$$\lambda = l_0 / (h/12)^{1/2}$$

(maximálně = 75)

$$\lambda = 41,6 \text{ OK}$$

Geometrie prvku a výztuž

celková výška příčného řezu ($h_{w,min}=120 \text{ mm}$)

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

celková šířka příčného řezu

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

krytí halvní výztuže

profil A

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

$$C \text{ výztuže} = 35 \text{ mm}$$

kusů 3 u jedn. p.

kusů 6 celkem

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 254 \text{ mm}^2$$

pl. výzt. u jedn. povrchu

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů}$$

$$A_{st} = 763 \text{ mm}^2$$

plocha výztuže celkem

$$A_s = 1526 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 44$$

$$d = h - c_{nom} - \phi/2$$

$$d = 256 \text{ mm}$$

$$z_1 = z_2 = 0,5h - d_1$$

$$z_1 = 106 \text{ mm}$$

Kontrola vyztužení

$$A_{s,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{s,max} = 3600 \text{ mm}^2$$

1526 Vyhovuje

$$A_{s,min} = 0,1 N_{Ed}/f_{yd} : 0,002 A_c$$

$$A_{s,min} = 180 \text{ mm}^2$$

1526 Vyhovuje

Výšřednost vyjadřující účinek imerfekce

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

$$e_i = \max(l_0/400, b/30, 20)$$

Momenty 1. řádu bez vlivu imperfekce

$$M_2 = 51,80 \text{ kNm}$$

$$M_1 = -51,00 \text{ kNm}$$

Momenty 1. řádu s vlivem imperfekce

$$M_{02} = 66,84 \text{ kNm}$$

$$M_{01} = -66,04 \text{ kNm}$$

$$\text{abs } M_{01} = 66,04$$

$$M_{0e} = \max(0,6 M_2 + 0,4 M_1, 0,4 M_2) + e_i N_{Ed} /$$

$$M_{0e} = 35,76 \text{ kNm}$$

$$A_c = 90000$$

$$0,26 f_{ctm} A_c / f_{yk}$$

$$120$$

$$0,1 N_{Ed} / f_{yd} = 173$$

$$0,002 A_c = 180$$

$$l_0/400 = 9$$

$$b/30 = 10$$

$$e_i N_{Ed} = 15,04$$



účinný souč. dotv.

$$\phi_{ef} = 0,87$$

$$n_{bal} = 0,4$$

upřesnění momentu 2.řádu

$$n = N_{Ed}/A_c f_{cd}$$

$$n_u = 1 + A_s f_{yd}/(A_c f_{cd})$$

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal})$$

$$\beta = 0,35 + (f_{ck}/200 - \lambda/150)$$

$$K\phi = 1 + \beta \phi_{ef}$$

$$e_2 = 0,1 (K_r K_\phi f_{yd} l_0^2) / (0,45d E_s)$$

$$M_{e2} = N_{Ed} \cdot e_2$$

Dimenzační moment

$$M_{Ed} = \max (M_{02}, M_{0e} + M_{e2}, M_{01} + 0,5M_{e2})$$

$$n = 0,5013$$

$$n_u = 1,442$$

$$K_r = 0,903$$

$$\beta = 0,198$$

$$K\phi = 1,172$$

$$e_2 = 0,026 \text{ m}$$

$$M_{e2} = 19,5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 75,8 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{cu3} E_s$$

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

	Mpa
$\sigma_s =$	350

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$$

	‰
$\varepsilon_{yd} =$	2,174

$$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd})$$

$$\xi_{bal,1} = 0,616858$$

$$A_s f_{yd} = 331,7478 \text{ kN}$$

$$x = 0,083$$

INTERAKČNÍ DIAGRAM

$$\text{bod 0} \quad N_{Rd0} = b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s$$

$$N_{Rd0} = 2034 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = 0 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{bod 1} \quad N_{Rd1} &= b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{st} f_{yd} \\ M_{Rd1} &= b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + A_{st} f_{yd} \cdot z_2 \end{aligned}$$

$$N_{Rd1} = 1356 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = 84 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{bod 2} \quad N_{Rd2} &= b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \\ M_{Rd2} &= b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + 2 \cdot A_{st} f_{yd} \cdot z_2 \end{aligned}$$

$$N_{Rd2} = 632 \text{ kN}$$

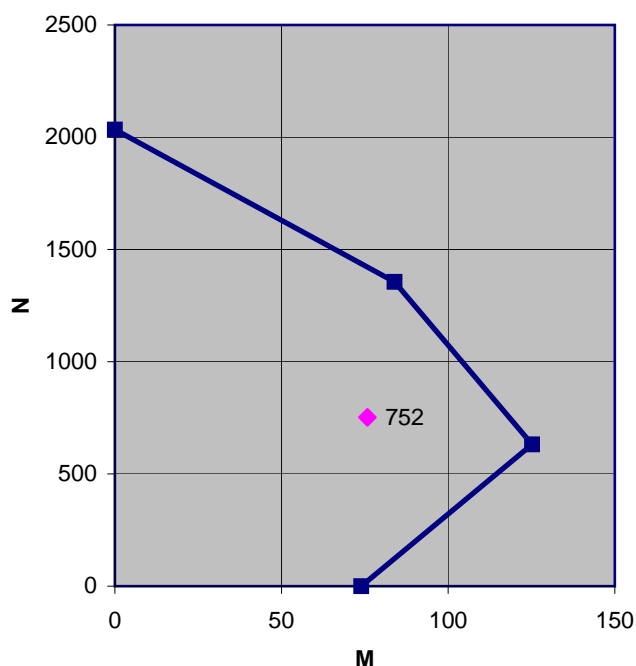
$$M_{Rd2} = 125 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{bod 3} \quad N_{Rd3} &= 0 \\ M_{Rd3} &= A_{st} f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) \\ x &= A_{st} f_{yd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}) \end{aligned}$$

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd2} = 74 \text{ kNm}$$

interakční diagram



bod	M	N
0	0	2034
1	84	1356
2	125	632
3	74	0
F	76	752

Třmínky - ovinutí

$$A_{s,roz,n} = 305,208$$

$$\phi = 12$$

$$a_{s,roz} = 250$$

$$A_{s,roz} = 452,16$$

O.K.

max. vzdálenost

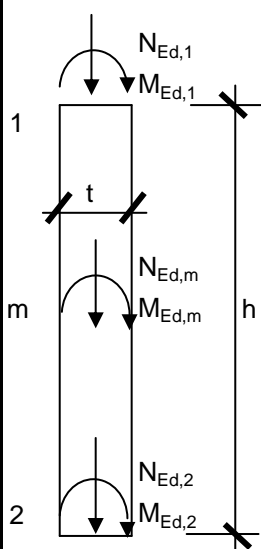
$$b = 300$$

$$15 \phi = 270$$

$$= 300$$



Nevyztužená zděná stěna zatížená svislým zatížením



Zděný pilíř - 2.NP

Geometrie stěny

výška stěny = světlá výška podlaží	$h =$	3,00 m
tloušťka stěny ve směru výstřednosti	$t = t_{ef} =$	0,400 m
šířka průřezu	$b =$	0,500 m

Zatížení

v hlavě stěny	$N_{Ed,1} =$	400,0 kN
	$M_{Ed,1} =$	18,0 kNm
uprostřed výšky stěny	$N_{Ed,m} =$	405,0 kN
	$M_{Ed,m} =$	2,0 kNm
v patě stěny	$N_{Ed,2} =$	410,0 kN
	$M_{Ed,2} =$	-21,0 kNm

podélná styčná spára

ne $K = 0,45$

$$2f_b = 35$$

γ_M	
pálené	2,0
Ytong	2,7
silka	2,2

modul pružnosti	
$E = K_E \cdot f_k$	Mpa
$E =$	6591,21

výstřednost	
0,045	
0,005	0,045
-0,051	

$$0,25 t = 0,1$$

pevnost zdícího prvku v tlaku (maximálně 75 Mpa) $f_u = 15$ Mpapevnost malty v tlaku (max. 20 Mpa, max. $2f_b$) max = 20 $f_m = 10$ Mpanejmenší půdorysný rozměr prvku $\bar{s} = 250$ mmvýška prvku $v = 250$ mmkoeficient zdícího prvku z tab. 3.1. $\delta = 1,15$ normalizovaná pevnost zdícího prvku v tlaku $f_b = \delta f_u$ $f_b = 17,25$ MpaMateriálové charakteristiky $f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3}$ charakteristická pevnost zdiva v tlaku $f_k = 6,59$ Mpa $\gamma_M = 2$ návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = f_k / \gamma_M$ $f_d = 3,30$ součinitel pro výpočet modulu pružnosti zdiva (pálené atd. 1000, porobeton 700) $K_E = 1000$ Součinitel ρ_n v závislosti na podepření stěny

podepření pouze v hlavě a patě

a	železobetonové stropy oboustranně uloženy ve stejné úrovni	$\rho_2 = 0,75$
b	žb. strop jednostranně, uložení alespoň 2/3 tloušťky (min. 85 mm)	$\rho_2 = 0,75$
c	stejně jako a,b při výstřednosti zatížení větší než 0,25 t	$\rho_2 = 1,00$
d	stejně jako a,b ale dřevěný strop	$\rho_2 = 1,00$

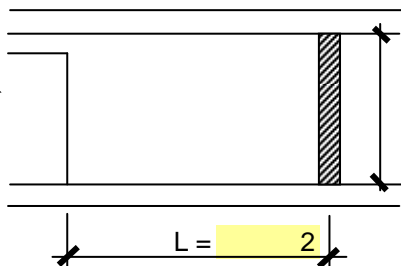
u lehkých dřevěných a ocelových střeš

e	u budov s několika trakty	$\rho_2 = 1,25$
f	u budov s jedním traktem	$\rho_2 = 1,50$

g není-li zhlaví opřeno $\rho_2 = 2,00$ h stěny podepřené po třech stranách $\rho_3 = 0,25$ až 1,00i stěny podepřené po čtyřech stranách $\rho_4 = 0,083$ až 1,00Součinitel ρ_2 $\rho_2 = 0,75$



součinitel ρ_3
 $h/L = 2$



$$h \leq 3,5L$$

$$\rho_3 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (3 * L))^2)$$

$$0,600$$

$$h > 3,5L$$

$$\rho_3 = 1,5 * L / h \geq 0,3$$

$$0,3$$

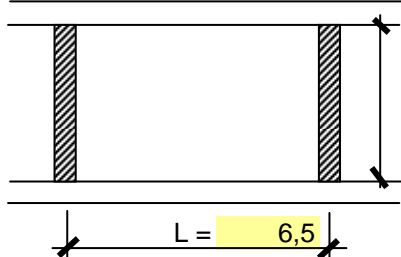
$$0,750$$

$$h = 4$$

$$0,750$$

$$\rho_3 = 0,600$$

součinitel ρ_4
 $h/L = 0,615$



$$h \leq 1,15L$$

$$\rho_4 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (L))^2)$$

$$0,618$$

$$h > 1,15L$$

$$\rho_3 = 0,5 * L / h$$

$$0,813$$

$$h = 4$$

$$\rho_4 = 0,618$$

mezni štíhlost = 27

součinitel podepření stěny

$$\rho_n = 1$$

vzpěrná výška stěny

$$h_{ef} = \rho_n * h$$

$$h_{ef} = 3,00 \text{ m}$$

minimální výstřednost

štíhlostní poměr stěny

$$h_{ef} / t_{ef} = 7,5 < 27$$

splněno

$$0,05 t = 0,02$$

Ověření spolehlivosti průřezu v hlavě stěny

konečná hodnota dotvarování Φ_∞	
pálené	0,5-1,5
váp. písek	1,0-2,0
beton	1,0-2,0
bet. lehký	1,0-3,0
pórobeton	0,5-1,5

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,1} = M_{Ed,1} / N_{Ed,1}$	$e_{d,1} = 0,045 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,007 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_1 = e_{d,1} + e_{init}$	$e_1 = 0,052 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_1 = 1 - 2 * e_1 / t$	$\Phi_1 = 0,7417$
únosnost průřezu	$N_{Rd,1} = \Phi_1 * f_d * b * t$	$N_{Rd,1} = 488,85 \text{ kN}$ O.K.

Ověření spolehlivosti průřezu uprostřed výšky stěny

$$\Phi_\infty = 1,5$$

$h_{ef} / t_{ef} =$	7,5
$e_{mk} / t =$	0,05
$(t * e_m)^{1/2} =$	0,068

$e =$	2,71828
$u^2 / 2 =$	0,03364
$(-u^2 / 2) =$	-0,0336

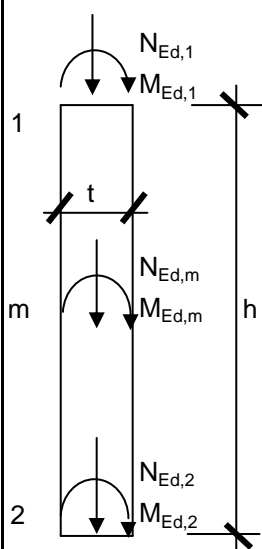
výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,m} = M_{Ed,m} / N_{Ed,m}$	$e_{d,m} = 0,005 \text{ m}$
výstřednost od zatížení a imperfekcí	$e_m = e_{d,m} + e_{init}$	$e_m = 0,012 \text{ m}$
výstřednost od dotvarování	$e_k = 0,002 \Phi_\infty (h_{ef} / t_{ef}) * (t * e_m)^{1/2}$	$e_k = 0,002 \text{ m}$
celková výstřednost (min 0,05t)	$e_{mk} = e_m + e_k$	$e_{mk} = 0,020 \text{ m}$
	$\lambda = (h_{ef} / t_{ef}) * (f_k / E)^{1/2}$	$\lambda = 0,2372$
	$u = (\lambda - 0,063) / (0,73 - 1,17 * (e_{mk} / t))$	$u = 0,2594$
	$A = 1 - 2 * e_{mk} / t$	$A = 0,9$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_m = A * e^{(-u^2 / 2)}$	$\Phi_m = 0,8702$
únosnost průřezu	$N_{Rd,m} = \Phi_m * f_d * b * t$	$N_{Rd,m} = 573,59 \text{ kN}$ O.K.

Ověření spolehlivosti průřezu v patě stěny

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,2} = M_{Ed,2} / N_{Ed,2}$	$e_{d,2} = -0,051 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,0067 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_2 = e_{d,2} + e_{init}$	$e_2 = 0,020 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_2 = 1 - 2 * e_2 / t$	$\Phi_2 = 0,9$
únosnost průřezu	$N_{Rd,2} = \Phi_2 * f_d * b * t$	$N_{Rd,2} = 593,21 \text{ kN}$ O.K.



Nevyztužená zděná stěna zatížená svislým zatížením



Zděný pilíř - tělocvična

Geometrie stěny

výška stěny = světlá výška podlaží	$h =$	7,00 m
tloušťka stěny ve směru výstřednosti	$t = t_{ef} =$	0,400 m
šířka průřezu	$b =$	1,000 m

Zatížení

v hlavě stěny	$N_{Ed,1} =$	650,0 kN
	$M_{Ed,1} =$	20,0 kNm
uprostřed výšky stěny	$N_{Ed,m} =$	500,0 kN
	$M_{Ed,m} =$	2,0 kNm
v patě stěny	$N_{Ed,2} =$	288,0 kN
	$M_{Ed,2} =$	1,0 kNm

podélná styčná spára

ne $K =$ 0,45

$$2f_b = 35$$

γ_M	
pálené	2,0
Ytong	2,7
silka	2,2

modul pružnosti	
$E = K_E \cdot f_k$	Mpa
$E =$	6591,21

výstřednost	
0,031	
0,004	0,031
0,003	

$$0,25 t = 0,1$$

pevnost zdícího prvku v tlaku (maximálně 75 Mpa) $f_u =$ 15 Mpapevnost malty v tlaku (max. 20 Mpa, max. $2f_b$) max = 20 $f_m =$ 10 Mpanejmenší půdorysný rozměr prvku $\bar{s} =$ 250 mmvýška prvku $v =$ 250 mmkoeficient zdícího prvku z tab. 3.1. $\delta =$ 1,15normalizovaná pevnost zdícího prvku v tlaku $f_b = \delta f_u$ $f_b =$ 17,25 MpaMateriálové charakteristiky $f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3}$ charakteristická pevnost zdiva v tlaku $f_k =$ 6,59 Mpa $\gamma_M =$ 2návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = f_k / \gamma_M$ $f_d =$ 3,30součinitel pro výpočet modulu pružnosti zdiva (pálené atd. 1000, porobeton 700) $K_E =$ 1000Součinitel ρ_n v závislosti na podepření stěny

podepření pouze v hlavě a patě

a	železobetonové stropy oboustranně uloženy ve stejné úrovni	$\rho_2 =$	0,75
b	žb. strop jednostranně, uložení alespoň 2/3 tloušťky (min. 85 mm)	$\rho_2 =$	0,75
c	stejně jako a,b při výstřednosti zatížení větší než 0,25 t	$\rho_2 =$	1,00
d	stejně jako a,b ale dřevěný strop	$\rho_2 =$	1,00

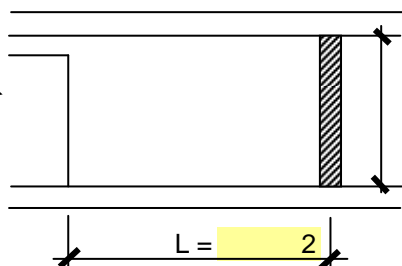
u lehkých dřevěných a ocelových střeš

e	u budov s několika trakty	$\rho_2 =$	1,25
f	u budov s jedním traktem	$\rho_2 =$	1,50

g není-li zhlaví opřeno $\rho_2 =$ 2,00h stěny podepřené po třech stranách $\rho_3 =$ 0,25 až 1,00i stěny podepřené po čtyřech stranách $\rho_4 =$ 0,083 až 1,00Součinitel ρ_2 $\rho_2 =$ 0,75



součinitel ρ_3
 $h/L = 2$

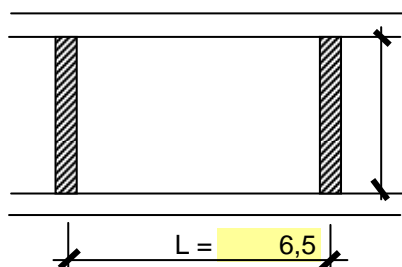


$$\begin{aligned} h \leq 3,5L & \quad \rho_3 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (3 * L))^2) & 0,600 \\ h > 3,5L & \quad \rho_3 = 1,5 * L / h \geq 0,3 & 0,3 \\ & & 0,750 \end{aligned}$$

$$h = 4$$

$$\rho_3 = 0,600$$

součinitel ρ_4
 $h/L = 0,615$



$$\begin{aligned} h \leq 1,15L & \quad \rho_4 = \rho_2 / (1 + (\rho_2 * h / (L))^2) & 0,618 \\ h > 1,15L & \quad \rho_4 = 0,5 * L / h & 0,813 \end{aligned}$$

$$h = 4$$

$$\rho_4 = 0,618$$

mezni štíhlost = 27

součinitel podepření stěny

$$\rho_n = 1$$

vzpěrná výška stěny

$$h_{ef} = \rho_n * h$$

$$h_{ef} = 7,00 \text{ m}$$

minimální výstřednost

štíhlostní poměr stěny

$$h_{ef} / t_{ef} = 17,5 < 27 \quad \text{splněno}$$

$$0,05 t = 0,02$$

Ověření spolehlivosti průřezu v hlavě stěny

konečná hodnota dotvarování Φ_∞	
pálené	0,5-1,5
váp. písek	1,0-2,0
beton	1,0-2,0
bet. lehký	1,0-3,0
pórobeton	0,5-1,5

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,1} = M_{Ed,1} / N_{Ed,1}$	$e_{d,1} = 0,031 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,016 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_1 = e_{d,1} + e_{init}$	$e_1 = 0,046 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_1 = 1 - 2 * e_1 / t$	$\Phi_1 = 0,7684$
únosnost průřezu	$N_{Rd,1} = \Phi_1 * f_d * b * t$	$N_{Rd,1} = 1012,9 \text{ kN} \quad \text{O.K.}$

Ověření spolehlivosti průřezu uprostřed výšky stěny

$$\Phi_\infty = 1,5$$

$h_{ef} / t_{ef} =$	17,5
$e_{mk} / t =$	0,0605
$(t * e_m)^{1/2} =$	0,088

$e =$	2,71828
$u^2 / 2 =$	0,2767
$(-u^2 / 2) =$	-0,2767

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,m} = M_{Ed,m} / N_{Ed,m}$	$e_{d,m} = 0,004 \text{ m}$
výstřednost od zatížení a imperfekcí	$e_m = e_{d,m} + e_{init}$	$e_m = 0,020 \text{ m}$
výstřednost od dotvarování	$e_k = 0,002 \Phi_\infty (h_{ef} / t_{ef}) * (t * e_m)^{1/2}$	$e_k = 0,005 \text{ m}$
celková výstřednost (min 0,05t)	$e_{mk} = e_m + e_k$	$e_{mk} = 0,024 \text{ m}$
	$\lambda = (h_{ef} / t_{ef}) * (f_k / E)^{1/2}$	$\lambda = 0,5534$
	$u = (\lambda - 0,063) / (0,73 - 1,17 * (e_{mk} / t))$	$u = 0,7439$
	$A = 1 - 2 * e_{mk} / t$	$A = 0,879$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_m = A * e^{(-u^2 / 2)}$	$\Phi_m = 0,6665$
únosnost průřezu	$N_{Rd,m} = \Phi_m * f_d * b * t$	$N_{Rd,m} = 878,65 \text{ kN} \quad \text{O.K.}$

Ověření spolehlivosti průřezu v patě stěny

výstřednost od účinků zatížení	$e_{d,2} = M_{Ed,2} / N_{Ed,2}$	$e_{d,2} = 0,003 \text{ m}$
výstřednost od geom. imperfekcí	$e_{init} = h_{ef} / 450$	$e_{init} = 0,0156 \text{ m}$
celková výstřednost	$e_2 = e_{d,2} + e_{init}$	$e_2 = 0,020 \text{ m}$
součinitel vlivu výstřednosti	$\Phi_2 = 1 - 2 * e_2 / t$	$\Phi_2 = 0,9$
únosnost průřezu	$N_{Rd,2} = \Phi_2 * f_d * b * t$	$N_{Rd,2} = 1186,4 \text{ kN} \quad \text{O.K.}$