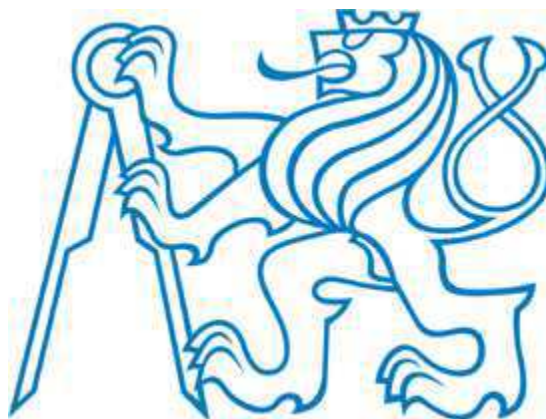


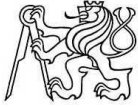
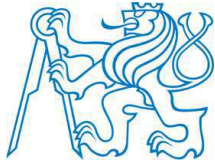
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PRAHA 2016

DAVID RYCHNAVSKÝ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

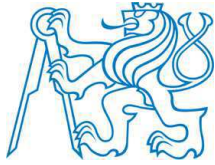
Příjmení: <u>Rychnavský</u>	Jméno: <u>David</u>	Osobní číslo: <u>412674</u>
Zadávatel katedra: <u>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Ocelová konstrukce nástavby objektu Filmové a televizní fakulty v Praze</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Steel structure of extension of building film and TV school in Prague</u>	
Pokyny pro vypracování: Varianty konstrukčního řešení, zatížení konstrukce, globální analýza, návrh prutů z válcovaných průřezů, návrh styčniců, dispoziční výkres, výkres hlavních detailů, technická zpráva	
Seznam doporučené literatury: Studnička: Ocelové konstrukce, ČVUT, Praha, 2014. Studnička: Navrhování nosných konstrukcí, Ocelové konstrukce, ČVUT, Praha, 2015. Sokol, Wald: Ocelové konstrukce. Tabulky, ČVUT, Praha, 2013. Studnička: Ocelové konstrukce. Normy, ČVUT, Praha, 2014. Elišková, Sokol: Ocelové konstrukce. Příklady, ČVUT, Praha, 2014. Studnička, Holický, Marková: Ocelové konstrukce 2, Zatížení, ČVUT 2015.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Prof. Ing. František Wald, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2016</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>22.5.2016</u>

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Ocelová konstrukce nástavby objektu Filmové a televizní fakulty
v Praze**

Steel structure of extention of building Film and TV school in Prague

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

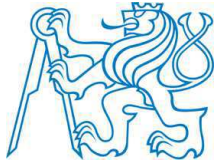
Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Předmět: 134BAPC

Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracoval: David Rychnavský

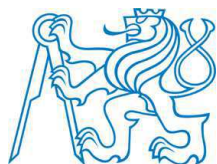
Datum: Květen 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



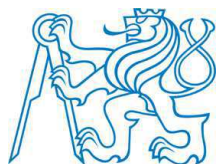
PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením prof. Ing. Františka Walda, CSc. a za použití všech uvedených zdrojů.

V Praze dne 20. května 2016

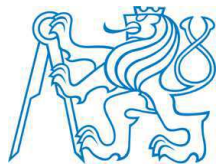
.....

David Rychnavský



PODĚKOVÁNÍ:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé Bakalářské práce prof. Ing. Františku Waldovi, CSc. za odborný dohled, cenné rady a předávání zkušeností, díky kterým se mi podařilo práci ucelit. Také děkuji panu Ing. Martinu Jelínkovi, CSc. za poskytnutí mnoha podkladů, včetně vizualizace, které mi pomohli na počátku práce. Velmi děkuji své rodině za podporu během tvorby a za pochopení při nedostatku volného času.



ABSTRACT

Cílem bakalářská práce je statický a konstrukční návrh ocelové konstrukce nástavby pro dvě filmová studia na střeše zděné budovy FAMU. Zatížení z nástavby se přenáší do čtyř sloupů spodní stavby. Půdorysná osová vzdálenost sloupů je 14x8 m. Práce je rozdělena na čtyři části. V první jsou řešeny konstrukční varianty včetně porovnání váhy a ceny konstrukce. Následuje statický výpočet zvolené varianty, jehož součástí je globální analýza konstrukce. Třetí částí je technická zpráva. V poslední části práce je dispoziční výkres zvolené varianty a hlavní detaily nosné konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

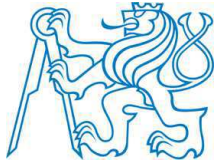
Ocelová konstrukce nástavby, konstrukční varianty, nosník na výšku podlaží, šroubový spoj.

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is static and structural design of steel structure for the two studios on the roof of a brick building of FAMU. Loads from the extension is transferred to the four pillars of the substructure. Layout of the axial distance between the columns is 14 x 8 m. The work is divided into four parts. The first part dealt with structural variants including the comparison of weight and cost structure. Followed by global analyses chosen variant. The third part is a technical report. The last part is the layout drawings of the selected variant and the main details of the structure.

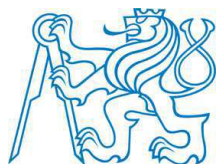
KEYWORDS

The steel construction of the superstructure, structural variants, beam on storey height, the bolted connection.



Obsah bakalářské práce:

1. Konstrukční varianty..... 12A4
2. Statický výpočet..... 52A4
3. Technická zpráva..... 6A4
4. Příloha - Výkresová dokumentace ... 2xA3, 4xA4



Seznam použitých zdrojů:

Normy:

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (2004)

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení- Zatížení sněhem (2005)

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení- Zatížení větrem (2005)

Skripta a publikace:

[1] Joints in Steel Construction – Moment Connections (P207/95). The Steel Construction Institute and The British Constructional Steelwork Association Ltd., 1995.

[2] Sokol, Zdeněk; František, Wald. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2013. 83 s. ISBN 978-80-01-04655-5.

[3] Studnička, Jiří. *Ocelobetonové spřažené konstrukce*. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2009. 151 s. ISBN 978-80-01-04298-4.

[4] Studnička, Jiří. *Ocelové konstrukce 1*. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2011. 146 s. ISBN 978-80-01-04800-9.

[5] Studnička, Jiří; Holický, Milan; Marková, Jana. *Ocelové konstrukce 2: Zatížení*. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2015. 138 s. ISBN 978-80-01-05815-2

[6] Vraný, Tomáš; Jandera, Michal; Eliášová, Martina. *Ocelové konstrukce 2: Cvičení*. Fakulta stavební ČVUT v Praze: Česká technika, 2009. 149 s. ISBN 80-01-03331-7.

Internetové stránky:

http://people.fsv.cvut.cz/~wald/steel/Access_Steel_CZ/index.html

<http://www.makro-stavebniny.cz/ocelove-nosniki-i-u-heb-ipe>

<http://www.bakalarsi.cz/data/KA4/Karel/priklad-sloup-namahany-tlakem-a-ohybem.pdf>

http://www.tension.cz/www/media/files/pdf-k-pripojeni_12/macalloy-system-konstrukcnich-tahel_57.pdf

Software:

Autodesk AutoCAD 2014

Scia Engineer 15.3

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

1. Konstrukční varianty

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Předmět: 134BAPC

Vedoucí práce: Prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracoval: David Rychnavský

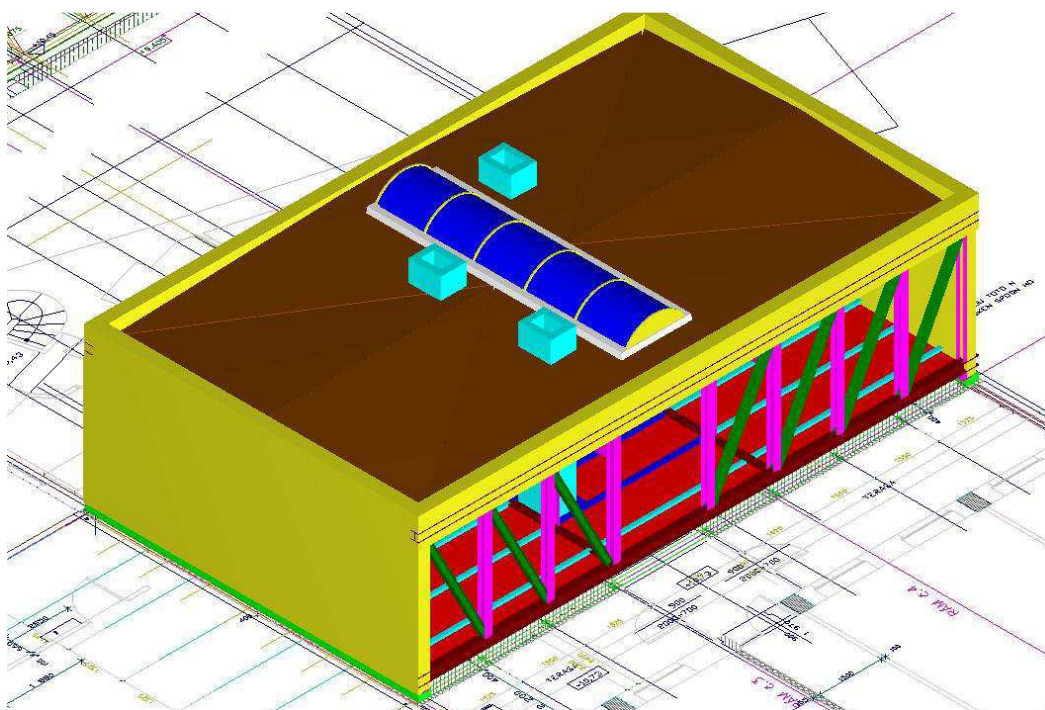
Datum: Květen 2016

Obsah:

1. Tvar a popis konstrukce.....	2
2. Konstrukční varianta A.....	3
2.1 Střešní konstrukce.....	3
2.2 Stropní konstrukce.....	4
2.3 Prvky podlažního nosníku.....	6
3. Konstrukční varianta B.....	6
3.1 Střešní konstrukce.....	7
3.2 Stropní konstrukce.....	7
3.3 Prvky podlažního nosníku.....	8
4. Konstrukční varianta C	8
4.1 Střešní a stropní konstrukce.....	9
4.2 Prvky podlažního nosníku.....	10
5. Bilance variant.....	11
6. Zhodnocení.....	12

1. TVAR A POPIS KONSTRUKCE:

Základním úkolem konstrukce nástavby bude přenesení veškerého zatížení do čtyř sloupů, které tvoří nosný zděný skeletový konstrukční systém stávající budovy. Ta slouží jako výukové centrum pro potřeby Akademie múzických umění - televizní a filmové fakulty. Prostor nástavby bude sloužit jako dvě výuková filmová studia. Osová vzdálenost sloupů v delším směru je 14 metrů, v kratším je to pak 8 metrů. Konstrukční výška nástavby bude přibližně 4 metry. Vzhledem k těmto skutečnostem bude nástavba provedena z oceli, jelikož: "ocel je nejkvalitnější z běžně používaných stavebních materiálů, má vysokou pevnost a proto jsou ocelové prvky subtilní a lehké" (Studnička, J. *Ocelové konstrukce 1*. ČVUT Praha, 2011, str. 11). Ocel zajistí dostatečnou tuhost, která by vzhledem k přepokládanému většímu užitému zatížení a větší rozpětím mohla být u jiných materiálů problematická. Nástavba bude mít tvar obdélníku. V delším směru budou základním nosným a zároveň ztužujícím prvkem dva nosníky na výšku celého podlaží, ve kterých bude vytvořen prostor pro vstup do objektu. Konstrukčně bude vyřešen světlík nad chodbou a také průduchy pro vzduchotechniku. V této kapitole se budeme zabývat návrhem konstrukčních variant. Vzhledem ke stáří objektu se při volbě konstrukce zaměříme na co nejnižší zatěžování sloupů, proto budeme pečlivě vybírat hlavně stropní a střešní konstrukci.



obr. 1 Vizualizace nástavby

2. KONSTRUKČNÍ VARIANTA A

2.1. Střešní konstrukce:

Ocel-betonový strop z nosníků a trapézového plechu s železobetonovou deskou tloušťky 60 mm => jde o stropnicový systém.

Zatížení stálé:

Typ zatížení	Výpočet	g_k (kN/m ²)	γ_G	g_d (kN/m ²)
Skladba střechy	Odhad - 2 kN/m ²	2	1,35	2,7
Betonová deska	25 x 0,06	1,5	1,35	2,025
Trapézový plech	TR 55/250 - 0,13	0,13	1,35	0,176
STÁLÉ CELKEM:		3,36 kN/m ²		4,9 kN/m ²

Zatížení proměnné:

Typ zatížení	Výpočet	q_k (kN/m ²)	γ_G	q_d (kN/m ²)
Sníh	Odhad 0,75	0,75	1,5	1,125
STÁLÉ + PROMĚNNÉ CELKEM		4,11 kN/m ²		6,025 kN/m ²

Zatěžovací šířka nosníků: $L_{zat} = 1000$ mm

Rozpětí nosníků: $L = 8000$ mm

Liniové zatížení na nosník: $f_k = 4,11 \times 1,0 + 0,3 = 4,41$ kN/m´

$f_d = 6,025 \times 1,0 + 0,3 \times 1,35 = 6,425$ kN/m´

Materiál: S355 => $\frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355$ MPa

Návrhový ohybový moment: $m_{ed} = \frac{1}{8} * f_d * L^2 = = \frac{1}{8} * 6,425 * 8,0^2 = 51,2$ kNm

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{51,2 * 10^6}{355} = 144 225$ mm³

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 14 \times 5 + 7 \times 4 = 98$ m

Návrh: IPE 160, G=15,8 Kg/m, $W_{pl,y} = 166 400$ mm³

2.2. Stropní konstrukce:

Opět ocel-betonový strop z nosníků a trapézového plechu, ale s železobetonovou deskou tloušťky 100 mm => jde o stropnicový systém.

Zatížení stálé:

Typ zatížení	Výpočet	g_k (kN/m ²)	γ_G	g_d (kN/m ²)
Skladba podlahy	Odhad - 2 kN/m ²	2	1,35	2,7
Betonová deska	25 x 0,1	2,5	1,35	3,375
Trapézový plech	TR 55/250 - 0,13	0,13	1,35	0,176
STÁLÉ CELKEM:		4,63 kN/m ²		6,251 kN/m ²

Zatížení proměnné:

Typ zatížení	Výpočet	q_k (kN/m ²)	γ_G	q_d (kN/m ²)
užitné	Kat. C5	5,0	1,5	7,5
Přemístitelné příčky	Odhad 0,5	0,5	1,5	0,75
PROMĚNNÉ CELKEM:		5,5 kN/m ²		8,25 kN/m ²
STÁLÉ + PROMĚNNÉ CELKEM:		10,13 kN/m ²		14,5 kN/m ²

Zatěžovací šířka nosníků: $L_{zat} = 1000$ mm

Rozpětí nosníků: $L = 8000$ mm

Liniové zatížení na nosník: $f_k = 10,13 \times 1,0 + 0,4 = 10,53$ kN/m´

$f_d = 14,5 \times 1,0 + 0,4 \times 1,35 = 15,04$ kN/m´

Materiál: S355 => $\frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355$ MPa

Návrhový ohybový moment: $m_{ed} = \frac{1}{8} * f_d * L^2 = \frac{1}{8} * 15,04 * 8,0^2 = 120,32$ kNm

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{120,32 * 10^6}{355} = 338\ 929$ mm³

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 14 \times 5 + 7 \times 4 = 98$ m

Návrh: IPE 240, G = 30,1 Kg/m, $W_{pl,y} = 366\ 600$ mm³

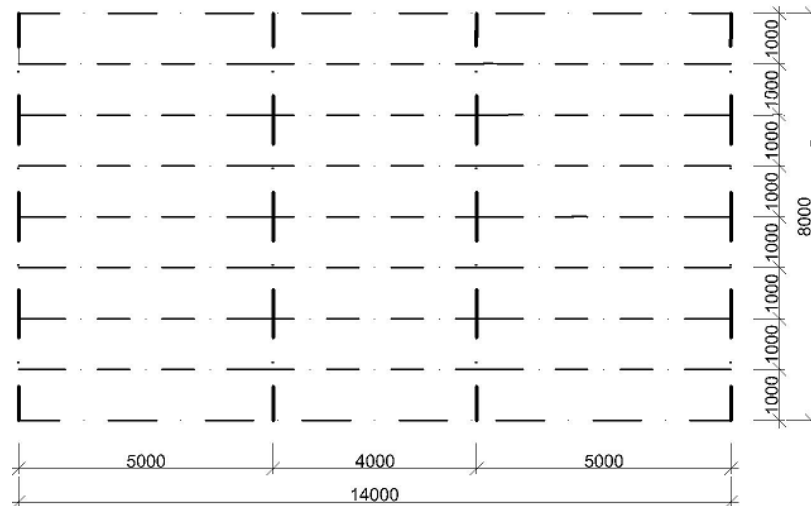


schéma 1. Varianta A

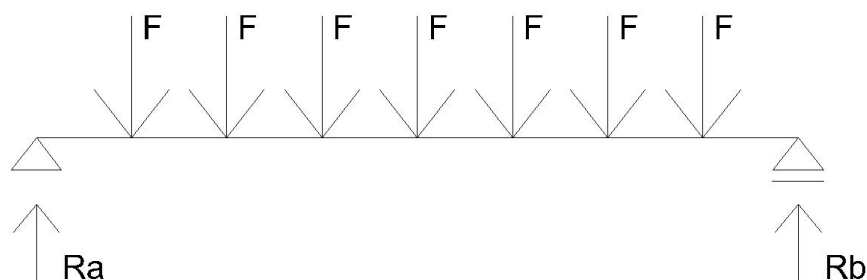


schéma 2. Zatížení průvlaku

Síla od stropnic: $F = \frac{1}{2} * f_d * L_{zat} = 0,5 * 15,04 * 4,5 = 60,16 \text{ kN}$

Síla od vlastní tíhy: $F_v = 0,7 \text{ kN/m} * 1,35 * 8 = 7,56 \text{ kN}$

Reakce: $R_a = R_b = \frac{1}{2} * (7F + F_v) = \frac{1}{2} * (7 * 60,16 + 7,56) = 214,4 \text{ kN}$

Maximální moment uprostřed nosníku: $med = R_a * 4 - F * 6 - 0,7 * \frac{4^2}{2} = 491 \text{ kNm}$

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{med}{f_{yd}} = \frac{491 * 10^6}{355} = 1\,383\,098 \text{ mm}^3$

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 8 * 4 = 32 \text{ m}$

Návrh: IPE 450, G = 77,6 Kg/m, $W_{pl,y} = 1\,702\,000 \text{ mm}^3$ (pro strop)

Návrh: IPE 360, G = 57,1 Kg/m, $W_{pl,y} = 1\,019\,000 \text{ mm}^3$ (pro střechu) - odhad

2.3. Prvky podlažního nosníku:

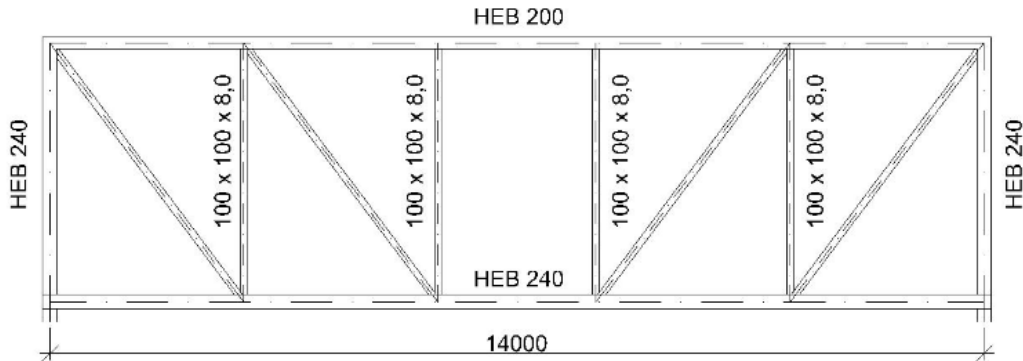


schéma 3. Podlažní nosník A

NÁVRH:

HEB 240: $G = 83,2 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 28 + 16 = 44 \text{ m}$

HEB 200: $G = 61,3 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 28 \text{ m}$

TR 100 x 100 x 8,0: $G = 22,6 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 54,2 \text{ m}$

3. KONSTRUKČNÍ VARIANTA B

Opět navrhne ocel-betonový strop z nosníků a trapézového plechu s železobetonovou deskou tloušťky 60 mm pro střechu a 100 mm pro strop, tentokrát ovšem s pnutím nosníků pouze v příčném směru. Vzhledem ke stejné skladbě stropu a střechy, převezmeme plošné zatížení z varianty A.

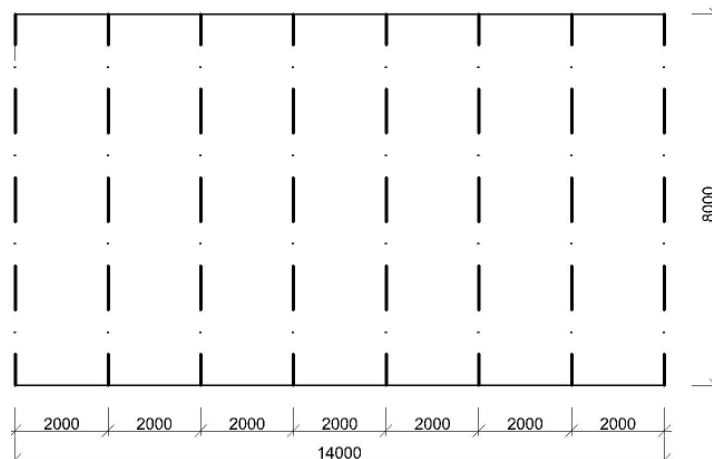


Schéma 4. Varianta B

3.1. Střešní konstrukce:

Zatěžovací šířka nosníků: $L_{zat} = 2000 \text{ mm}$

Rozpětí nosníků: $L = 8000 \text{ mm}$

Liniové zatížení na nosník: $f_k = 4,11 \times 2,0 + 0,4 = 8,62 \text{ kN/m'}$

$$f_d = 6,025 \times 2,0 + 0,4 \times 1,35 = 12,59 \text{ kN/m'}$$

Materiál: $S355 \Rightarrow \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$

Návrhový ohybový moment: $m_{ed} = \frac{1}{8} * f_d * L^2 = \frac{1}{8} * 12,59 * 8,0^2 = 100,72 \text{ kNm}$

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{100,72 * 10^6}{355} = 283 \text{ 718 mm}^3$

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 8 \times 8 = 64 \text{ m}$

Návrh: IPE 240, G = 30,1 Kg/m, $W_{pl,y} = 366 \text{ 600 mm}^3$

3.2. Stropní konstrukce:

Zatěžovací šířka nosníků: $L_{zat} = 2000 \text{ mm}$

Rozpětí nosníků: $L = 8000 \text{ mm}$

Liniové zatížení na nosník: $f_k = 10,13 \times 2,0 + 0,6 = 20,86 \text{ kN/m'}$

$$f_d = 14,5 \times 2,0 + 0,6 \times 1,35 = 29,68 \text{ kN/m'}$$

Materiál: $S355 \Rightarrow \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$

Návrhový ohybový moment: $m_{ed} = \frac{1}{8} * f_d * L^2 = \frac{1}{8} * 29,68 * 8,0^2 = 237,44 \text{ kNm}$

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{237,44 * 10^6}{355} = 668 \text{ 845 mm}^3$

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 8 \times 8 = 64 \text{ m}$

Návrh: IPE 330, G = 49,1 Kg/m, $W_{pl,y} = 804 \text{ 300 mm}^3$

3.3. Prvky podlažního nosníku:

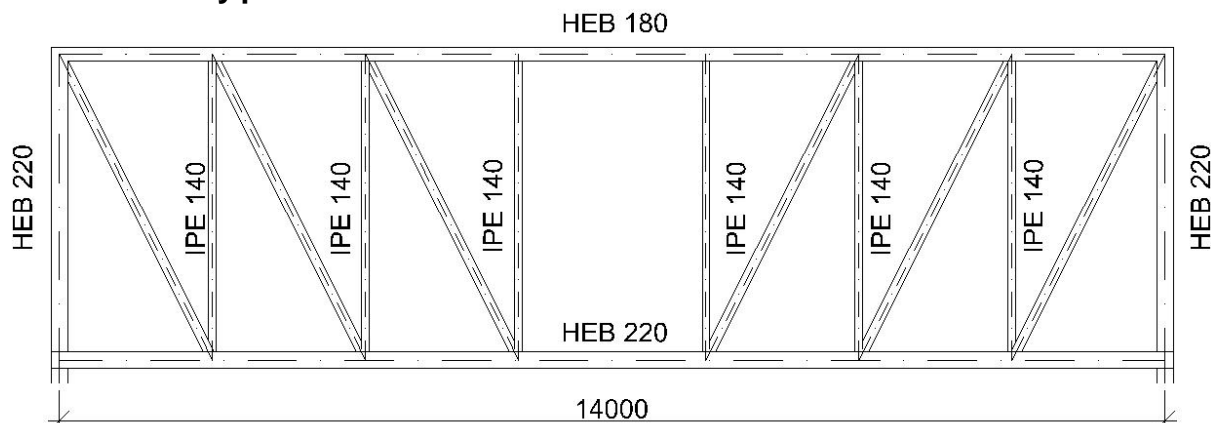


schéma 5. Podlažní nosník B

Všechny prvky podlažního nosníku jsou z válcovaných otevřených profilů a zvýšili jsme počet styčníků, který odpovídá počtu přípojů stropních a střešních nosníků.

NÁVRH:

HEB 220: $G = 71,4 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 28 + 16 = 44 \text{ m}$

HEB 180: $G = 61,3 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 28 \text{ m}$

IPE 140: $G = 12,9 \text{ Kg/m}$, $L_{\text{celk}} = 81,2 \text{ m}$

4. KONSTRUKČNÍ VARIANTA C

Zde budeme jako stropní a střešní nosníky uvažovat HEB profily s rozšířenou spodní pásnicí, na kterou se uloží prefabrikovaný železobetonový stropní panel. Podlažní nosník bude mít pasy a tlačené stojiny z HEB profilů. Jako diagonály poslouží systémově vyráběná táhla. Pro tuto variantu si nejprve spočítáme plošné zatížení.

4.1. Stropní a střešní konstrukce:

Zatížení stálé:

Typ zatížení	Výpočet	g_k (kN/m ²)	γ_G	g_d (kN/m ²)
Skladba podlahy	Odhad - 2 kN/m ²	2	1,35	2,7
Prefa ŽB panel	25 x 0,2	5	1,35	6,75
STÁLÉ CELKEM:		7 kN/m ²		9,45 kN/m ²

Zatížení proměnné:

Typ zatížení	Výpočet	q_k (kN/m ²)	γ_G	q_d (kN/m ²)
užitné	Kat. C5	5,0	1,5	7,5
Přemístitelné příčky	Odhad 0,5	0,5	1,5	0,75
PROMĚNNÉ CELKEM:		5,5 kN/m ²		8,25 kN/m ²
STÁLÉ + PROMĚNNÉ CELKEM:		12,5 kN/m ²		17,7 kN/m ²

Zatěžovací šířka nosníků: $L_{zat} = 3500$ mm

Rozpětí nosníků: $L = 8000$ mm

Liniové zatížení na nosník: $f_k = 12,5 \times 3,5 + 0,8 = 44,55$ kN/m´

$f_d = 17,7 \times 3,5 + 0,8 \times 1,35 = 63,03$ kN/m´

Materiál: S355 => $\frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{355}{1,0} = 355$ MPa

Návrhový ohybový moment: $m_{ed} = \frac{1}{8} * f_d * L^2 = \frac{1}{8} * 63,03 * 8,0^2 = 504,24$ kNm

Potřebný průřezový modul: $W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{504,24 * 10^6}{355} = 1\,420\,394$ mm³

Celková délka nosníků: $L_{celk} = 8 \times 5 = 40$ m

Návrh: HEB 300, $G = 117,0 * 1,1 = 128,7$ Kg/m, $W_{pl,y} = 1\,869\,000$ mm³ (strop)

Návrh: HEB 240, $G = 83,2 * 1,1 = 91,52$ Kg/m, $W_{pl,y} = 1\,053\,000$ mm³ (střecha)

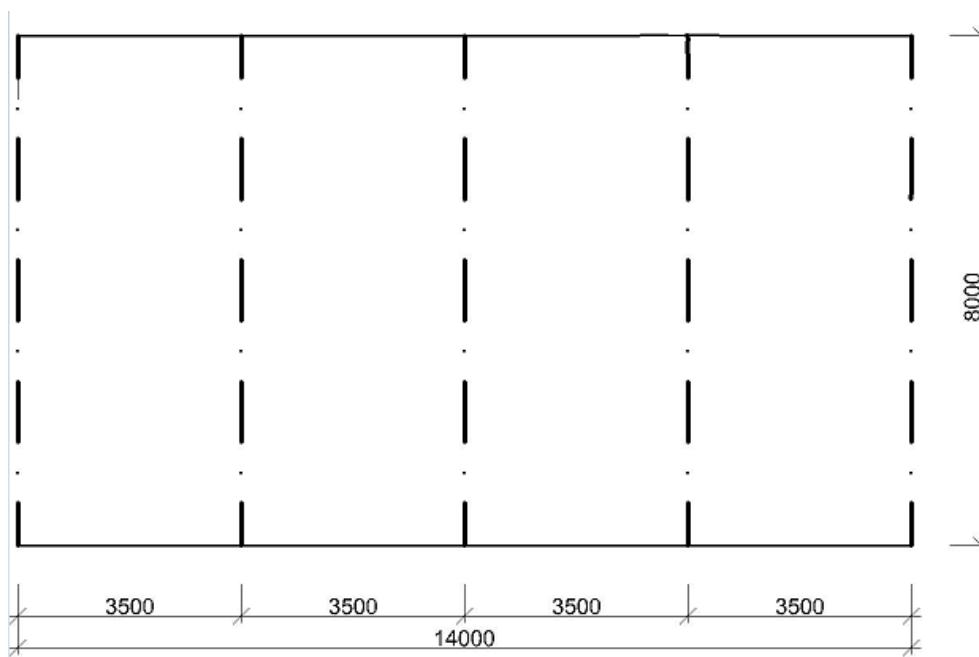


schéma 6. Varianta C

4.2. Prvky podlažního nosníku:

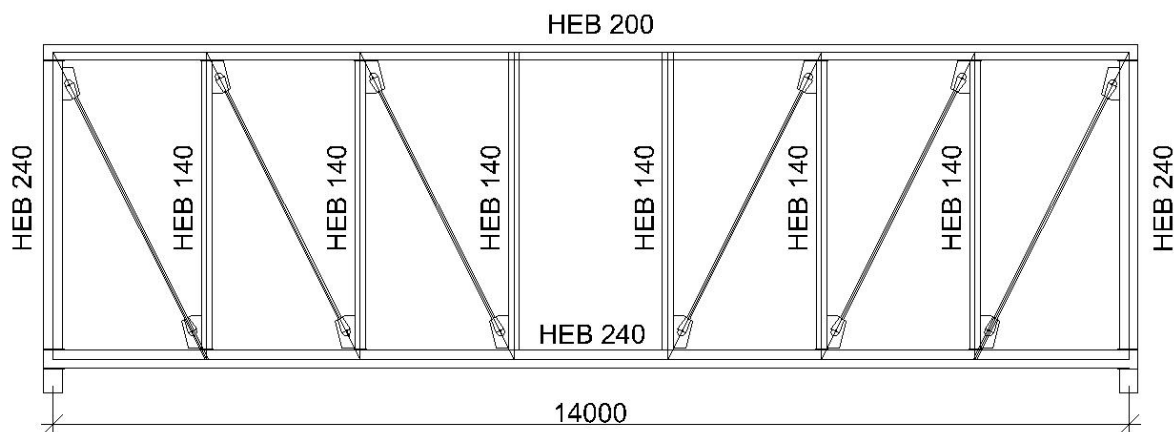


schéma 7. Podlažní nosník C

Návrh: HEB 140, $G = 33,7 \text{ Kg/m}$, $W_{pl,y} = 245\,400 \text{ mm}^3$

Návrh: Táhlo S460, $G = 12,5 \text{ Kg/m}$

Ostatní prvky viz. předchozí návrh

5. BILANCE VARIANT

VARIANTA A									
Třída oceli	Prvek	Průřez	Váha (Kg/m)	Délka (m)	Celk. váha (Kg)	Cena bez DPH (Kč/Kg)	Cena bez DPH (Kč)	DPH 21% (Kč)	Cena s DPH (Kč)
S355	Stropnice	IPE 160	15,8	98	1548,4	21,00 Kč	32 516 Kč	6 828 Kč	39 345 Kč
		IPE 240	30,7	98	3008,6	24,00 Kč	72 206 Kč	15 163 Kč	87 370 Kč
	Průvlak	IPE 360	57,1	32	1827,2	27,00 Kč	49 334 Kč	10 360 Kč	59 695 Kč
		IPE 450	77,6	32	2483,2	32,00 Kč	79 462 Kč	16 687 Kč	96 150 Kč
S235	Dolní pas	HEB 240	83,2	44	3660,8	21,00 Kč	76 877 Kč	16 144 Kč	93 021 Kč
	Horní pas	HEB 200	61,3	28	1716,4	19,00 Kč	32 612 Kč	6 848 Kč	39 460 Kč
	Diag. + svisl.	100x100x8	22,6	54,2	1224,92	24,50 Kč	30 011 Kč	6 302 Kč	36 313 Kč
t=0,63	Trap. plech	TR 55/250	6,52				33 600 Kč	7 056 Kč	40 656 Kč
	Spřah. prvky						20 000 Kč	4 200 Kč	24 200 Kč
	Spoj. materiál						50 000 Kč	10 500 Kč	60 500 Kč
CELKEM:					15470 Kg	CELKEM:	476 619 Kč	100 090 Kč	576 708 Kč

VARIANTA B									
Třída oceli	Prvek	Průřez	Váha (Kg/m)	Délka (m)	Celk. váha (Kg)	Cena bez DPH (Kč/Kg)	Cena bez DPH (Kč)	DPH 21% (Kč)	Cena s DPH (Kč)
S355	Stropnice	IPE 240	30,7	64	1964,8	24,00 Kč	47 155 Kč	9 903 Kč	57 058 Kč
		IPE 330	49,1	64	3142,4	26,00 Kč	81 702 Kč	17 158 Kč	98 860 Kč
S235	Dolní pas	HEB 220	71,4	44	3141,6	20,00 Kč	62 832 Kč	13 195 Kč	76 027 Kč
	Horní pas	HEB 180	51,2	28	1433,6	19,00 Kč	27 238 Kč	5 720 Kč	32 958 Kč
	Diag. + svisl.	IPE 140	12,9	81,9	1056,51	21,00 Kč	22 187 Kč	4 659 Kč	26 846 Kč
t=0,88	Trap. plech	TR 55/250	8,81				44 800 Kč	9 408 Kč	54 208 Kč
	Spřah. prvky						15 000 Kč	3 150 Kč	18 150 Kč
	Spoj. materiál						40 000 Kč	8 400 Kč	48 400 Kč
CELKEM:					10739 Kg	CELKEM:	340 915 Kč	71 592 Kč	412 507 Kč

VARIANTA C									
Třída oceli	Prvek	Průřez	Váha (Kg/m)	Délka (m)	Celk. váha (Kg)	Cena bez DPH (Kč/Kg)	Cena bez DPH (Kč)	DPH 21% (Kč)	Cena s DPH (Kč)
S355	Stropnice	HEB 240	91,52	40	3660,8	24,00 Kč	87 859 Kč	18 450 Kč	106 310 Kč
		HEB 300	128,7	40	5148	26,00 Kč	133 848 Kč	28 108 Kč	161 956 Kč
S235	Dolní pas	HEB 240	83,2	44	3660,8	20,00 Kč	73 216 Kč	15 375 Kč	88 591 Kč
	Horní pas	HEB 200	61,3	28	1716,4	19,00 Kč	32 612 Kč	6 848 Kč	39 460 Kč
	Diagonála	Macalloy S460	12,5	53,6	670	80,00 Kč	40 200 Kč	8 442 Kč	58 642 Kč
	Svislice	IPE 140	12,9	48	619,2	21,00 Kč	13 003 Kč	2 731 Kč	15 734 Kč
t=0,88	Trap. plech	TR 55/250	8,81				44 800 Kč	9 408 Kč	54 208 Kč
	Spřah. prvky						15 000 Kč	3 150 Kč	18 150 Kč
	Spoj. materiál						40 000 Kč	8 400 Kč	48 400 Kč
CELKEM:					15475 Kg	CELKEM:	480 538 Kč	100 913 Kč	591 451 Kč

6. ZHODNOCENÍ

Z výše uvedených tabulek vyplívá, že varianty A a C jsou si podobné, pokud porovnááme celkovou váhu a cenu. Varianta A bude více náročná na spoje, a dá se předpokládat nejdélejší doba výstavby. Naopak nejkratší doba výstavby bude vzhledem k absenci mokrého procesu ve výstavbě u varianty C. Další výhodou bude menší tloušťka stropních konstrukcí. Jelikož jsme si na začátku stanovili požadavek co nejnižšího zatěžení stávající konstrukce, jako stropní a střešní konstrukci zvolíme variantu B. Z hlediska montáže podlažního nosníku bude nejlepší varianta C, se systémovými diagonálami MACALLOY S460 a svislicemi z HEB profilů, i přes vyšší cenu těchto táhel.

Po vyhodnocení všech těchto skutečností jsme se rozhodli pro kombinaci stropní a střešní varianty B a podlažního nosníku varianty C. Ceny profilů odhadnuty na základě podkladů výrobců hutního materiálu FERRUM s.r.o, HALFEN s.r.o a Tension Systems s.r.o.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2. Statický výpočet

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Předmět: 134BAPC

Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracoval: David Rychnavský

Datum: Květen 2016

Obsah:

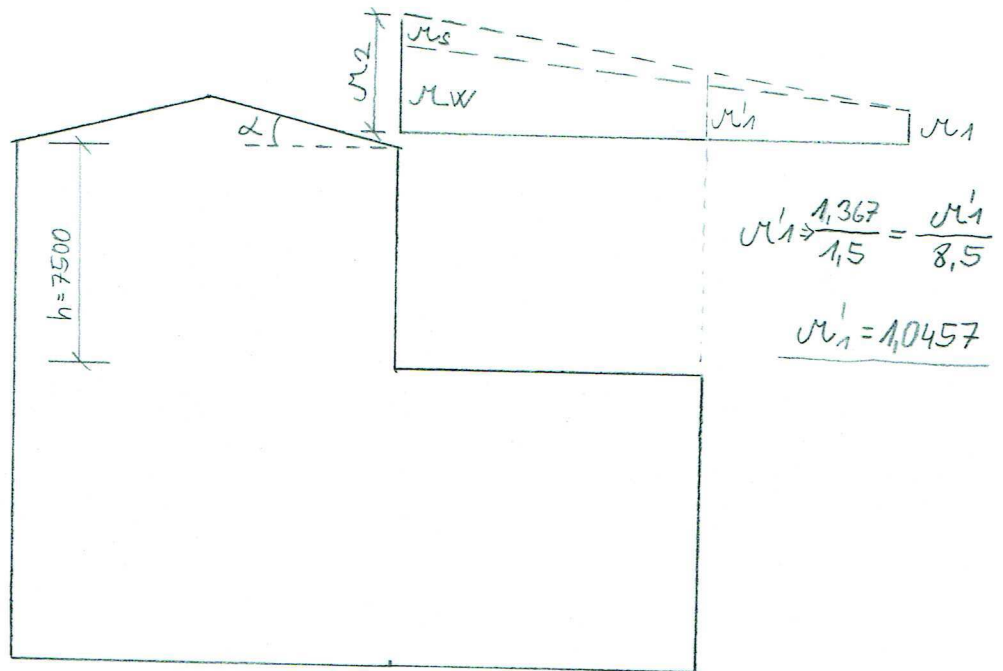
1. Klimatické zatížení.....	2
1.1 Zatížení sněhem.....	2
1.2 Zatížení větrem.....	3
2. Návrh střešní nosné konstrukce.....	5
2.1 Zatížení.....	5
2.2 Návrh trapézového plechu.....	6
2.3 Návrh střešního nosníku	7
2.3.1 Nespřážený průřez.....	8
2.3.2 Spřážený průřez.....	9
3. Návrh stropní nosné konstrukce.....	13
3.1 Zatížení.....	13
3.2 Návrh trapézového plechu.....	14
3.3 Návrh stropního nosníku	15
3.3.1 Nespřážený průřez.....	16
3.3.2 Spřážený průřez.....	16
4. Globální analýza rovinného podlažního nosníku.....	21
4.1 Vstupy.....	21
4.2 Geometrie.....	22
4.3 Normálové síly.....	23
4.4 Ohybové momenty.....	24
5. Návrh konstrukčních prvků podlažního nosníku.....	25
5.1 Návrh horního pasu.....	25
5.2 Návrh spodního pasu.....	26
5.3 Návrh a posouzení svislice.....	27
5.4 Návrh tažené diagonály.....	28
5.5 Návrh a posouzení krajního sloupu.....	30
5.6 Návrh a posouzení středního sloupu.....	35
5.7 Posouzení svaru styčnickového plechu ke sloupu.....	39
5.8 Návrh a posouzení přípoje stropního nosníku ke spodnímu pasu.....	40
5.9 Návrh a posouzení přípoje střešního nosníku k hornímu pasu.....	43
5.10 Posouzení rámového rohu.....	46
6. Návrh a posouzení patky.....	51

1. KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ

1.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

PRAHA - I. SNĚHOVÁ KATEGORIE ; $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
 SOUČINITEL EXPOZICE $C_e = 1,0$ (NORMÁLNÍ KRAJINA)
 SOUČINITEL TEPLA $C_t = 1,0$ (PROSTUPNOST $< 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$)

- STŘECHA SOUSEDÍCÍ A PŘILEHAJÍCÍ K VYŠŠÍM STAVBÁM
- UVAŽUJI S NAVÁTÝM SNĚHEM
- USPOŘÁDÁNÍ ZATÍŽENÍ PRO $b_2 < l_s$



$h = 7,5 \text{ m}$
 $\alpha = 0$
 $l_s = 2h = 15 \text{ m}$
 $b_1 = 12000$
 $b_2 = 8500$

$\mu_2 = \mu_w + \mu_s$
 $\mu_s = 0$ (PRO $\alpha < 15^\circ$) SESUV SNĚHU
 $\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{2h} = \frac{12 \cdot 8,5}{2 \cdot 7,5} = 1,367$
 $\mu_w = 1,367 < \frac{2h}{0,7} = 21,4$
 $0,8 < 1,367 < 4,0 \Rightarrow \text{OK}$

$S_d = \mu_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$
 $S_d = 1,367 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$
 $S_d = 0,96 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow$ UVAŽUJI PO CELE PLOŠE STŘECHY
 VZHLEDEM K LOKÁLNÍM NÁVĚJÍM

1.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM:

RYCHLOST VĚTRU - PRAHA: I. VĚTRNÁ KATEGORIE

$$V_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU: $V_b = C_{dir} \cdot C_{SEASON} \cdot V_{b,0}$

SOUČINITEL SMĚRU VĚTRU: $C_{dir} = 1,0$

SOUČINITEL ROČNÍHO OBDOBÍ: $C_{SEASON} = 1,0$

$$V_b = 1 \cdot 1 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

MĚRNÁ HMOTNOST VZDUCHU: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

ZÁKLADNÍ TLAK VĚTRU: $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2$

$$q_b = 316,4 \text{ N/m}^2 \rightarrow 0,317 \text{ kN/m}^2$$

SOUČINITEL EXPOZICE: III. OBLAST - ROVNOMĚRNĚ POKRYTÍ BUDOVMAMI

REFERENČNÍ VÝŠKA: $z_e = h = 15 \text{ m}$ (STÁVAJÍCÍ STAVBA + NÁSTAVBA)

$$C_e(z) = 2,0$$

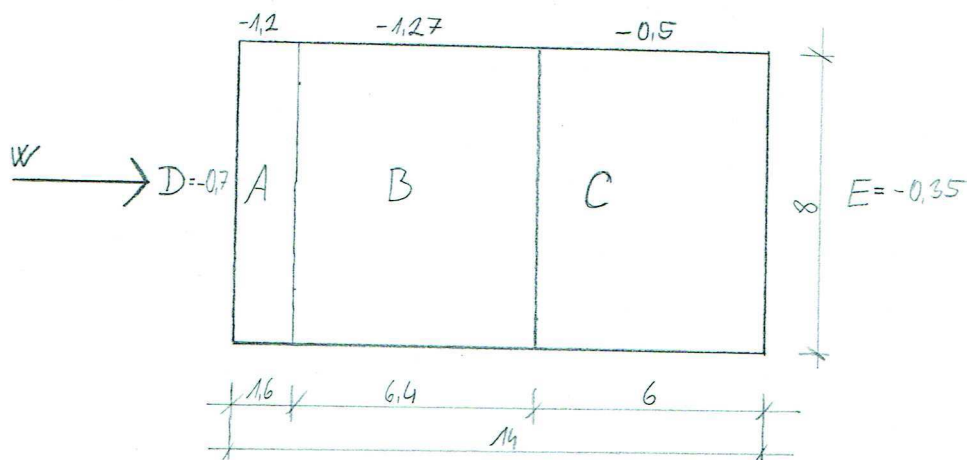
$$q_p(z) = 2,0 \cdot q_b = 2,0 \cdot 0,317 = 0,634 \text{ kN/m}^2$$

PODÉLNÝ VÍTR NA STĚNU:

$$e = \min(b; 2h)$$

$$e = \min(8; 30)$$

$$e = 8 \text{ m}$$



$$z_e = b \Rightarrow C_e(z) = 2,0$$

$$W = q_p \cdot C_{pe}$$

$$W_a = 0,634 \cdot (-1,2) = -0,76 \text{ kN/m}^2$$

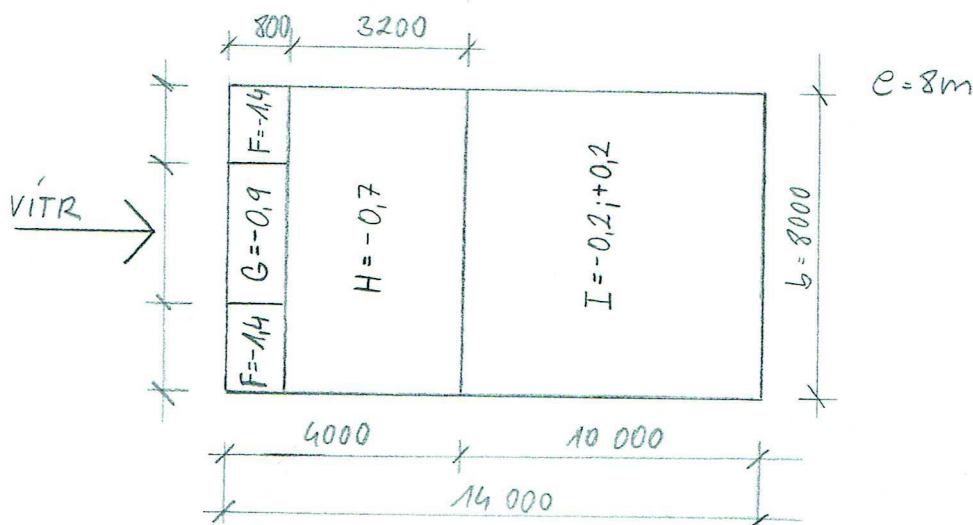
$$W_b = 0,634 \cdot (-1,27) = -0,805 \text{ kN/m}^2$$

$$W_c = 0,634 \cdot (-0,5) = -0,317 \text{ kN/m}^2$$

$$W_d = 0,634 \cdot (+0,7) = 0,444 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = 0,634 \cdot (-0,35) = -0,222 \text{ kN/m}^2$$

PŘÍČNÝ VÍTR NA STĚNU SE V TOMTO PŘÍPADĚ NEVYSKYTNE
 → Z OBOU STRAN KONSTRUKCE CHRÁNĚNA BUDOVAMI
 ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU - PODELNÝ VÍTR



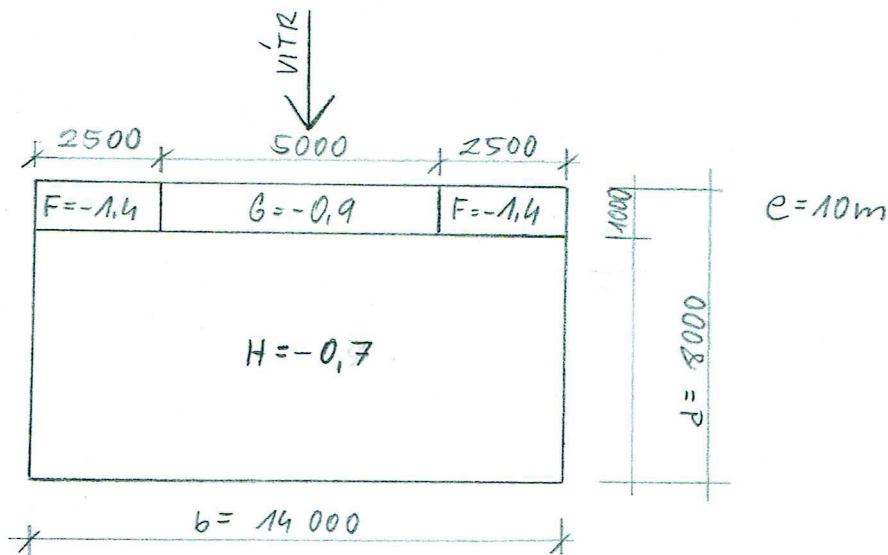
$$W_F = 0,634 \cdot (-1,4) = 0,888 \text{ kN/m}^2$$

$$W_G = 0,634 \cdot (-0,9) = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$W_H = 0,634 \cdot (-0,7) = 0,444 \text{ kN/m}^2$$

$$W_I = 0,634 \cdot (\pm 0,2) = \pm 0,13 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU - PŘÍČNÝ VÍTR

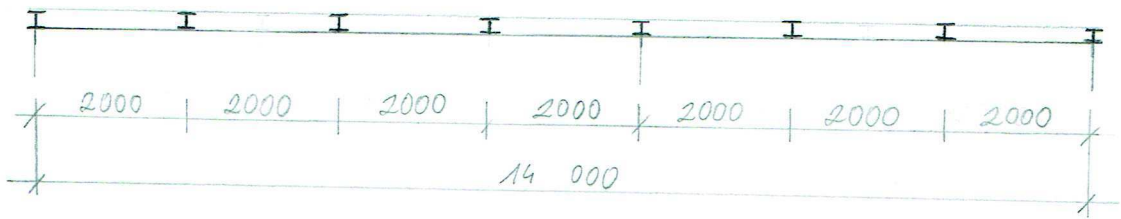


$$W_F = 0,634 \cdot (-1,4) = 0,888 \text{ kN/m}^2$$

$$W_G = 0,634 \cdot (-0,9) = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$W_H = 0,634 \cdot (-0,7) = 0,444 \text{ kN/m}^2$$

2. NÁVRH STŘEŠNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE - PODEPŘENÁ
SCHEMA KONSTRUKCE: STROPNICE PŘI MONTÁŽI



2.1 ZATÍŽENÍ:

1) MONTÁŽNÍ STAV:

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$g_k [kN/m^2]$	γ_{MG}	$g_d [kN/m^2]$
BETONOVÁ DESKA	$h_{sr} \cdot \rho_b = 0,089 \cdot 26$	2,314	1,35	3,12
TR PLECH 55/250	ODHAD 0,1	0,1	1,35	0,135
STÁLÉ CELKEM		2,414 kN/m^2		3,25 kN/m^2

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$q_k [kN/m^2]$	γ_{Ma}	$q_d [kN/m^2]$
UŽITNÉ PŘI BETONÁŽI	ODHAD 1,5	1,5	1,5	2,25

2) PROVOZNÍ STAV

$g + q =$

3,914 kN/m^2

5,5 kN/m^2

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

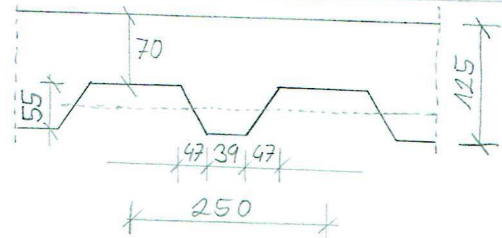
ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$g_k [kN/m^2]$	γ_{MG}	$g_d [kN/m^2]$
ASF. FOLIE FATRAFOL	/	0,01525	1,35	0,0201
PODKLADNÍ FOLIE		0,00375	1,35	0,00506
MINERÁLNÍ VATA	$0,24 \cdot 2$	0,48	1,35	0,65
PAROTĚSNÁ VRSTVA		0,0014	1,35	0,0019
BET. DESKA	$h_{sr} \cdot \rho_{B_2} = 0,089 \cdot 25$	2,22	1,35	3,00
TR PLECH 55/250	ODHAD	0,1	1,35	0,135
PODHLÉD	ODHAD 0,5	0,5	1,35	0,675
STÁLÉ CELKEM		3,32 kN/m^2		4,487 kN/m^2

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ				
ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	q_k [kN/m ²]	γ_{Ma}	q_d [kN/m ²]
SNÍH	$1,367 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$	0,96 kN/m ²	1,5	1,44 kN/m ²
ZATÍŽENÍ STROPU CELKEM		4,28 kN/m ²		5,927 kN/m ²

POZNÁMKY:

h_{sr} = VYROVNAVACÍ VÝŠKA
BETONOVÉ VRSTVY

$$h_{sr} = 70 + 55 \left(\frac{39 + 47}{250} \right) = 89 \text{ mm}$$

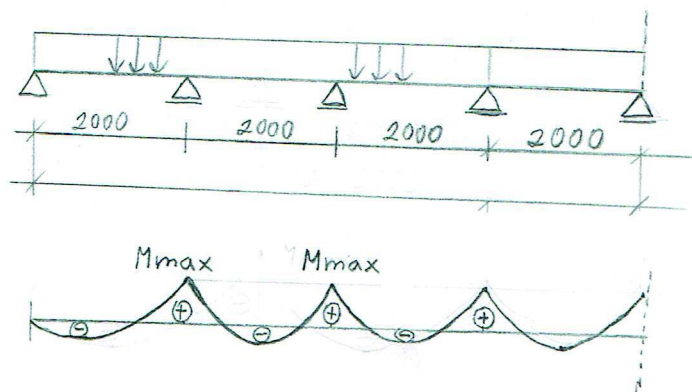


OBJEMOVÁ HMOTNOST ČERSTVÉHO BETONU: $\rho_{B1} = 26 \text{ kN/m}^3$

OBJEMOVÁ HMOTNOST TVRDÉHO BETONU: $\rho_{B2} = 25 \text{ kN/m}^3$

2.2 NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU: V NEGATIVNÍ POLOZE

SCHEMA:



- MATERIAL: OCEL S355 ; $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$

- ZATÍŽENÍ V MONTÁŽNÍM STADIU: $f_d = 5,50 \text{ kN/m}^2$

- MAXIMÁLNÍ MOMENT: $M_{max} = -\frac{1}{10} \cdot f_d \cdot l^2 = -\frac{1}{10} \cdot 5,5 \cdot 2^2 = -2,2 \text{ kNm}$

- NÁVRHOVÝ MOMENT JE Tedy: $M_{ed} = 2,2 \text{ kNm}$

- POTŘEBNÝ PRŮŘEZOVÝ MODUL:

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = \frac{2,2 \cdot 10^6}{355} = 6197,2 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: TR 55/250/0,88

$$m = 0,0881 \text{ kN/m}^2$$

$$I_{y,eff}^+ = 44,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,eff}^+ = 13.600 \text{ mm}^3$$

POSOUZENÍ TR 55/250/0,88

a) MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- MOMENTOVÁ ÚNOSNOST: $m_{est,Rd} = W_{est} \cdot f_{yd} = 13\,600 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = 4,83 \text{ kNm}$

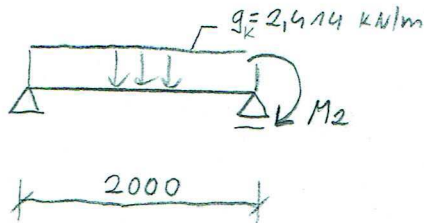
$m_{est,Rd} = 4,83 \text{ kNm/m} > m_{e,d} = 2,2 \text{ kNm/m}$

TRAPÉZOVÝ PLECH VYHOVUJE NA ÚNOSNOST

b) MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI - PRŮHYB

- POUZE OD STALÉHO ZATÍŽENÍ; NEUVĚTŠÍ PRŮHYB BUDE V KRAJNÍM POLI

- SOUČET VLIVU SPOJITÉHO ZATÍŽENÍ A MOMENTU NAD PODPOROU



$m_2 = -\frac{1}{10} \cdot g_k \cdot l^2 = -\frac{1}{10} \cdot 2,414 \cdot 2^2 = -0,97 \text{ kNm/m}$

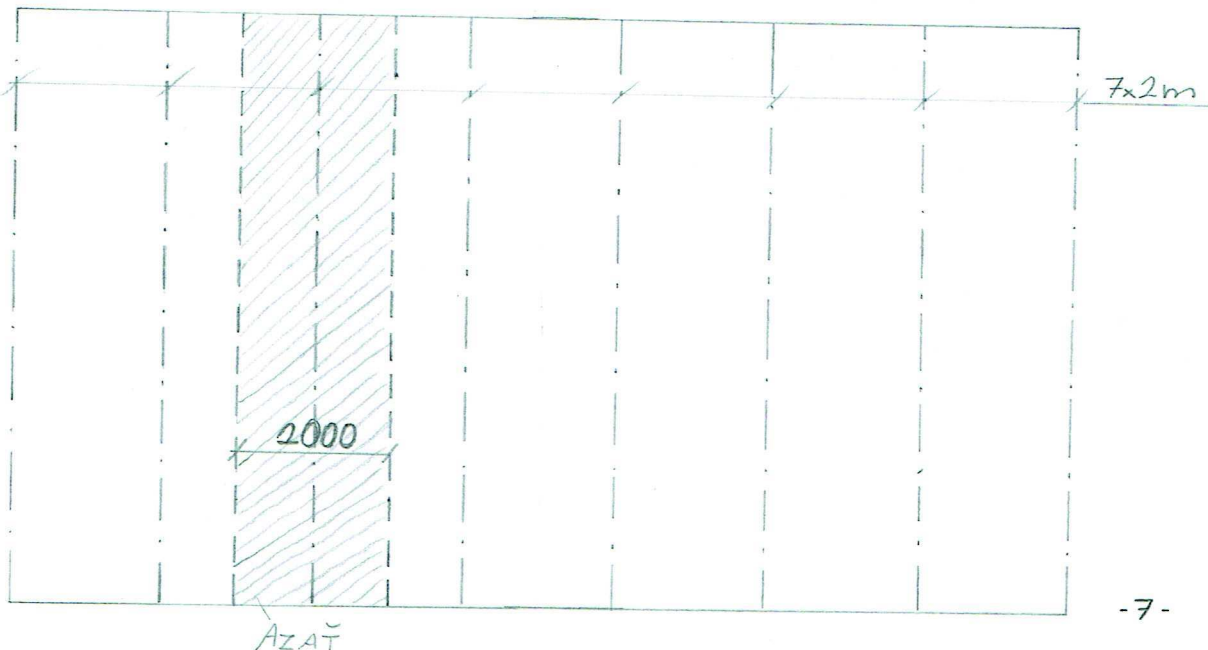
$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_{e55}} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g_k \cdot l^4 - \frac{1}{16} \cdot m_2 \cdot l^2 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 44,1 \cdot 10^4} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 2,414 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,97 \cdot 2000^2 \right)$$

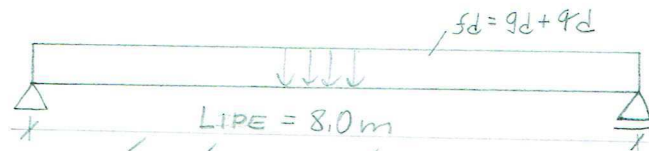
$$\delta = 5,43 \text{ mm} < \delta_{lim} = \frac{h_{sr}}{10} = \frac{89}{10} = 8,9 \text{ mm} \Rightarrow \text{OK.}$$

TR 55/250/0,88 VYHOVUJE NA PRŮHYB

2.3 NÁVRH STRĚŠNÍHO NOSNÍKU



STATICKE SCHÉMA:



- ODHAD VLASTNÍ TÍHY NOSNÍKU: $g_{IPE} = 0,4 \cdot 1,35 = 0,54 \text{ kN/m}$

- MATERIÁLY: OCEL S 355 $f_{y,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{355}{1} = 355 \text{ MPa}$

BETON C 20/25 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{25}{1,5} = 16,66 \text{ MPa}$

- VNITŘNÍ SÍLY PRO PROVOZNI STAV:

PŘEVOD NA 1m': $s_d = (q_d + q_d \cdot l_{zat}) + g_{IPE}$

$$s_d = (5,927 \cdot 2,0) + 0,54 = 12,394 \text{ kN/m}$$

NÁVRHOVÝ MOMENT: $M_{E,d} = \frac{1}{8} \cdot s_d \cdot LIPE^2 = \frac{1}{8} \cdot 12,394 \cdot 8^2$

$$M_{E,d} = 99,15 \text{ kNm}$$

NÁVRHOVÁ POSOUVAJÍCÍ SÍLA: $V_{E,d} = \frac{1}{2} \cdot s_d \cdot LIPE = \frac{1}{2} \cdot 12,394 \cdot 8$

$$V_{E,d} = 49,58 \text{ kN}$$

POTŘEBNÝ PRŮŘEZOVÝ MODUL: $W_{min} = \frac{M_{E,d}}{f_{y,d}} = \frac{99,15 \cdot 10^6}{355}$

$$W_{min} = 279\,295 \text{ mm}^3$$

23.1

NESPŘAŽENÝ PRŮŘEZ - NOSNÍK PODEPŘEN PŘI MONTÁŽI

NÁVRH: IPE 270 - $m = 0,361 \text{ kN/m}$

$$I_y = 5790 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 484,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} = 2214 \text{ mm}^2$$

TRÍDA 1 PRO OHTB K OSE Y; S355

POSOUZENÍ IPE 270: a) MSÚ

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST: $M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 484 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^{-6}$

$$M_{pl,Rd} = 171,82 \text{ kNm} > M_{E,d} = 99,15 \text{ kNm}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST: $V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{2214 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}}$

$$V_{pl,Rd} = 453,7 \text{ kN} > V_{E,d} = 49,58 \text{ kN}$$

IPE 270 VYHOVUJE NA MSÚ

b) MSP - PRŮHYB

POZN. $g_k + q_k = \text{CHAR. ZAT. V PROVOZNÍM STADIU} + \text{VLASTNÍ TÍHA}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k + q_k}{E \cdot I_y} \cdot L_{\text{IPE}}^4$$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,28 \cdot 2,0 + 0,4}{210 \cdot 10^3 \cdot 5790 \cdot 10^4} \cdot 8000^4 = 39,3 \text{ mm} > \delta_{\text{lim}} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm} \quad \times$$

\Rightarrow NEVYHOVUJE NA MSP - ZVĚTŠUJ NA IPE 300

$$m = 0,422 \text{ kN/m}$$

$$I_y = 8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,28 \cdot 2,0 + 0,422}{210 \cdot 10^3 \cdot 8356 \cdot 10^4} \cdot 8000^4 = 27,23 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = 32 \text{ mm}$$

IPE 300 VYHOVUJE NA MSP

ZATÍŽENÍ NENÍ TŘEBA PŘEPOČÍTAVAT, NARŮST VLASTNÍ TÍHY O 0,022 kN/m BUDE MÍT NA MSÚ ZANEDBATELNÝ VLIV

2.32 SPŘÁŽENÝ PRŮŘEZ - NOSNÍK PODEPŘEN PŘI MONTÁŽI

NÁVRH IPE 200 - $m = 0,224 \text{ kN/m}$

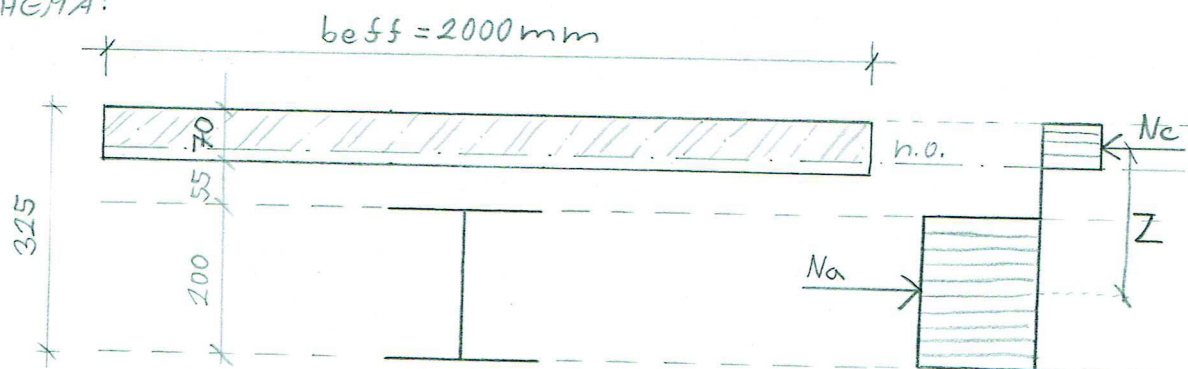
$$A = 2848 \text{ mm}^2; A_{vz} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1943 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 220,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

TRÍDA 1 PRO OHYB K OSE Y; S 355

SCHEMA:



ÚČINNÁ ŠÍŘKA DESKY:

$$be_{eff} = \min \left\{ 2 \cdot be_1 = \frac{L}{4} = \frac{8000}{4} = 2000; 2000 \right\} = 2000 \text{ mm}$$

a) MSÚ

PŘEDPOKLÁDÁME ŽE NEUTRÁLNÁ OSA LEŽÍ V BET. DESCE

\Rightarrow ROVNOVAHA SIL: $N_a = N_c$

$$N_a = A \cdot f_{yd}$$

$$N_c = x \cdot be_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$A \cdot f_{yd} = x \cdot b \cdot \epsilon_{sf} \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \epsilon_{sf}} = \frac{2848 \cdot 355}{0,85 \cdot 16,66 \cdot 2000} = 35,7 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm}$$

SPLŇUJE PŘEDPOKLAD

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST: $z = \text{RAHENO VAITŘNÍCH SIL}$

$$z = \frac{200}{2} + 55 + \left(70 - \frac{35,7}{2}\right) = 207,15 \text{ mm}$$

$$M_{PL,Rd} = N_a \cdot z = A \cdot f_{yd} \cdot z = 2848 \cdot 355 \cdot 207,15 \cdot 10^{-6} = 209,44 \text{ kNm}$$

$$M_{PL,Rd} = 209,4 > M_{E,d} = 99,15 \text{ [kNm]} \quad \text{OK}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST:

$$V_{PL,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{1600 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 286 \text{ kN}$$

$$V_{PL,Rd} = 286 \text{ kN} > V_{E,d} = 49,54 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE NA MSÚ

NÁVRH SPŘAŽENÍ: SPŘAHOVACÍ TRN TR 22/100 S235

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

$$h_{sc} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{OCEL S 235; } f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa; } f_u = 360 \text{ MPa; } E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

$$\text{PRO } \frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{22} = 4,545 > 4 \Rightarrow \alpha = 1,0$$

ÚNOSNOST 1 TRNU:

$$P_{Rd,1} = \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}}{\gamma_v} = \frac{0,8 \cdot 360 \cdot \pi \cdot \frac{22^2}{4}}{1,25} = 87,58 \text{ kN} - \text{ROZHODUJE}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \cdot \frac{1}{\gamma_v} = 0,29 \cdot 1 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \cdot \frac{1}{1,25}$$

$$P_{Rd,2} = 98,85 \text{ kN}$$

REDUKČNÍ SOUČINITEL PRO TRN S ŽEBRY KOLMO NA NOSNÍK:

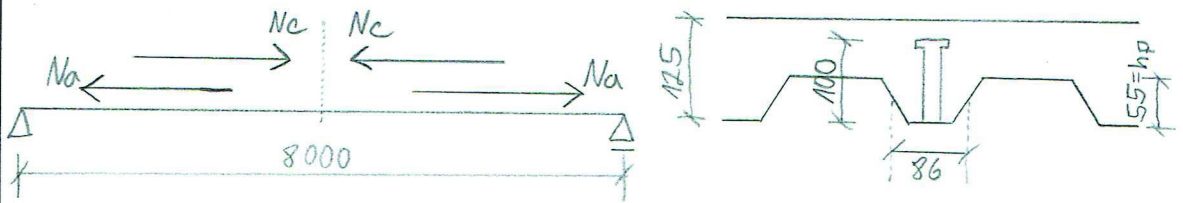
$$k_t = \left\{ d > 20 \rightarrow k_t < 0,75; \frac{0,7}{\sqrt{h_{sc}}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1\right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{86}{55} \cdot \left(\frac{100}{55} - 1\right) = 0,926 \right\}$$

$$k_t = 0,75$$

ÚNOSNOST TRNU V ŽEBRU:

$$P_{Rd} = 0,75 \cdot 87,58 = 65,69 \text{ kN}$$

SÍLA NA SPŘAŽENÍ:



SÍLA NA SPŘAŽENÍ POLOVINY NOSNÍKU:

$$F_{cs} = N_c = N_a = A \cdot f_{yd} = 2848 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = 1011 \text{ kN}$$

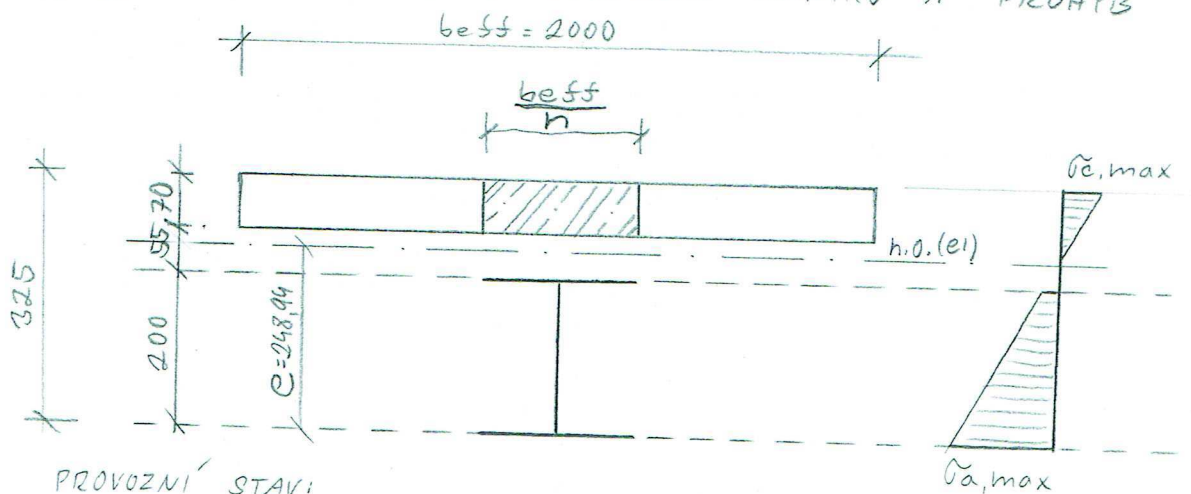
POTŘEBNÝ POČET TRNŮ

$$h = \frac{F_{cs}}{Prd'} = \frac{1011}{65,7} = 15,3 \Rightarrow \text{MINIMÁLNÍ POČET TRNŮ } 16$$

PRO TR 55/250 L2E NA POLOVINU NOSNÍKU TJ. 4000 mm ROZMÍSTIT MAX $\frac{4000}{250} = 16$ TRNŮ

ROZMÍSTĚNÍ 32 TRNŮ NA ROZPĚTÍ L=8000 mm VYHOVUJE

b) MSP - POSOUVÍME PRUŽNÉ PŮSOBENÍ NOSNÍKU A PRŮHYB



PROVOZNÍ STAV:

$$f_k = (4,28 \cdot 2) + 0,224 = 8,784 \text{ kN/m}$$

MOMENT OD CHARAKTERISTICKÉHO ZATÍŽENÍ

$$M_{E,k} = \frac{1}{8} \cdot 8,784 \cdot L_{iPE}^2 = \frac{1}{8} \cdot 8,784 \cdot 8^2 = 70,27 \text{ kNm}$$

NÁVRHOVÁ POSOUVAJÍCÍ SÍLA:

$$V_{E,d} = \frac{1}{2} \cdot 8,784 \cdot L_{iPE} = \frac{1}{2} \cdot 8,784 \cdot 8 = 35,14 \text{ kN}$$

MODUL PRUŽNOSTI BETONU S VLIVEM DOTVAROVÁNÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

$$E_c' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

PRACOVNÍ SOUČINITĚL:

$$n = \frac{E_a}{E_{c'}} = \frac{210\,000}{15\,500} = 13,55$$

PLOCHA IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU:

$$A_i = A_{IPE\,200} + t_{deska} \cdot \frac{b_{eff}}{n} = 2848 + 70 \cdot \frac{2000}{13,55} = 13\,180 \text{ mm}^2$$

TĚŽIŠTĚ IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU

$$e = \frac{A_{IPE\,200} \cdot \frac{h_{IPE\,200}}{2} + t_{desky} \cdot \frac{b_{eff}}{n} \cdot \left(h_{IPE\,200} + h_{TR} + \frac{t_{desky}}{2} \right)}{A_i}$$

$$e = \frac{2848 \cdot \frac{200}{2} + 70 \cdot \frac{2000}{13,55} \cdot \left(200 + 55 + \frac{70}{2} \right)}{13\,180}$$

$$e = 248,94 \text{ mm}$$

MOMENT SETRVAČNOSTI IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU:

$$I_i = I_{IPE\,200} + A_{IPE\,200} \cdot \left(e - \frac{h_{IPE\,200}}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \cdot \frac{b_{eff}}{n} \cdot t_{deska}^3 + \frac{b_{eff}}{n} \cdot t_{deska} \cdot \left(325 - e - \frac{t_{desky}}{2} \right)^2$$

$$I_i = 1943 \cdot 10^4 + 2848 \cdot \left(248,94 - \frac{200}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \cdot \frac{2000}{13,55} \cdot 70^3 + \frac{2000}{13,55} \cdot 70 \cdot \left(325 - 248,94 - \frac{70}{2} \right)^2$$

$$I_i = 104\,245\,615 \text{ mm}^4$$

POSOUZENÍ: - NAPĚTÍ V KRAJNÍCH VLÁKNECH

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{E,k}}{I_i} \cdot z_d = \frac{70,27 \cdot 10^6}{104\,245\,615} \cdot 248,94 = 167,8 \text{ MPa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{E,k}}{n \cdot I_i} \cdot z_h = \frac{70,27 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 104\,245\,615} \cdot 325 - 248,94 = 3,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = 3,78 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 21,25 \text{ MPa}$$

NOSNÍK PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ PRUŽNĚ

$$\text{PRŮHYB: } \delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k + g_k}{E \cdot I_i} \cdot L_{IPE}^4 = \frac{5}{384} \cdot \frac{8,784}{210 \cdot 10^3 \cdot 104,2 \cdot 10^6} \cdot 8000^4 = 21,4 \text{ mm}$$

$$\delta = 21,4 \text{ mm} < \delta_{lim} = \frac{L}{250} = 32 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

KONEC NÁVRHU STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

REKAPITULACE:

NOSNÍK IPE 200; TRAPÉZOVÝ PLECH TR 55/250/0,88; BET DESKA
SPŘAŽENA S NOSNÍKEM 32 TRNY. CELKOVÝ PRŮHYB 21,4 mm

NOSNÍKY PODEPŘENY BĚHEM MONTAŽE

POZN. SILA F OD PODEPŘENÍ STŘEŠNÍCH NOSNÍKŮ:

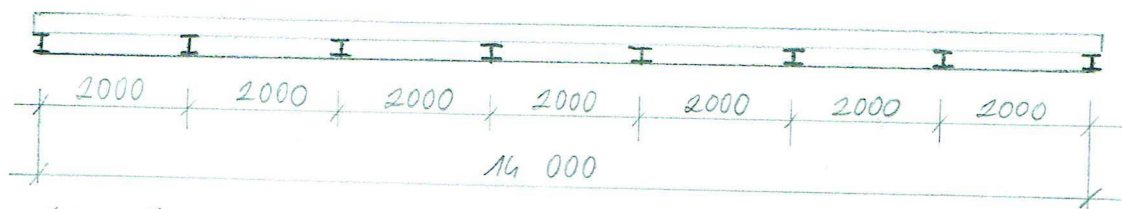
$$F = (g_k + q_k) \cdot 2 \cdot 2 = 3,914 \cdot 2 \cdot 2 = 15,65 \text{ kN}$$

(STAVKY PO 2 METRECH)

3. NAVRH STROPNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

- STROPNÍ KONSTRUKCI TENTOKRÁT NELZE ZESPODU PODEPŘÍT, PROTO NOSNÍKY NAVRHOJÍME JAKO NEPODEPŘENÉ

SCHEMA KONSTRUKCE:



3.1 ZATÍŽENÍ - 1. MONTÁŽNÍ STAV

STÁLE ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$g_k [kN/m^2]$	γ_{MG}	$g_d [kN/m^2]$
BETONOVÁ DESKA	$h_{rs} \cdot \rho_B = 0,136 \cdot 26$	3,536	1,35	4,77
TR PLECH 55/250	ODHAD = 0,1	0,1	1,35	0,135
STÁLE CELKEM		3,636 kN/m ²		4,9 kN/m ²

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$q_k [kN/m^2]$	γ_{MQ}	$q_d [kN/m^2]$
UŽITNÉ PŘI BETONÁŽI	ODHAD 1,5	1,5	1,5	2,25
ZATÍŽENÍ CELKEM $g+q$		5,136 kN/m ²		7,15 kN/m ²

2. PROVOZNÍ STAV

STÁLE ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$g_k [kN/m^2]$	γ_{MG}	$g_d [kN/m^2]$
SKLADBA PODLAHY	MARMOLEUM - 0,5	0,5	1,35	0,675
BET. DESKA	$h_{rs} \cdot \rho_B = 0,136 \cdot 25$	3,4	1,35	4,59
TR PLECH 55/250	ODHAD 0,1	0,1	1,35	0,135
STÁLE CELKEM		4,0 kN/m ²		5,4 kN/m ²

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ	VÝPOČET	$q_k [kN/m^2]$	γ_{MQ}	$q_d [kN/m^2]$
UŽITNÉ ZAT.	KATEGORIE C	4,0	1,5	6
ZATÍŽENÍ STROPU CELKEM		$8 kN/m^2$		$11,4 kN/m^2$

POZNÁMKY:

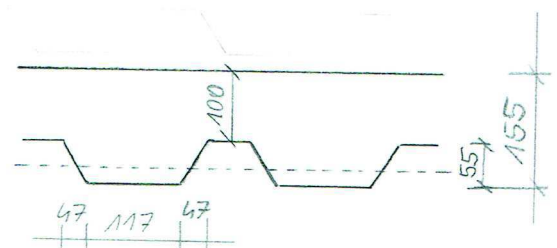
h_{sr} = VYROVŇAVACÍ VRSTVA

$$h_{sr} = 100 + 55 \left(\frac{117 + 47}{250} \right) = 136 \text{ mm}$$

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ PŘI BETONAŽI
BRÁNO JAKO ZVÝŠENÉ,

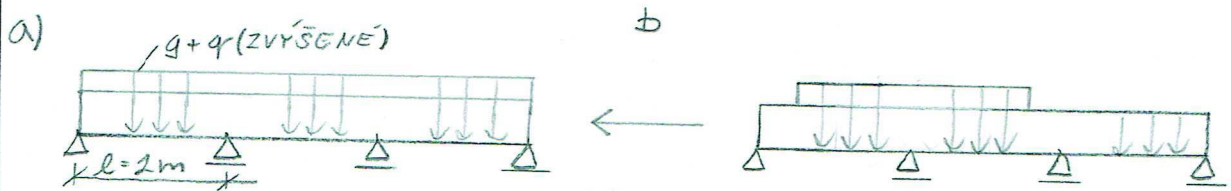
ZÁKLADNÍ: $q_k = 0,5$ $q_d = 0,75 \text{ kN/m}^2$

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ: C- PLOCHY KDE DOCHÁZÍ KE SHROMAŽĎOVÁNÍ
LIDÍ, SÁLÝ VĚDECKÝCH INSTITUCÍ I ADMINISTRATIVNÍ
BUDOV - $4,0 \text{ kN/m}^2$
DLE ČSN EN 1991-1-1

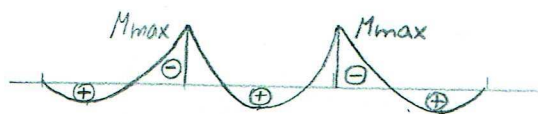


3.2 NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU: PLECH TENTOKRÁT NAVRHUJI V POZITIVNÍ POLOZE

SCHEMA:



PŘÍPAD a): BEZPEČNĚ ZJEDNODUŠENÍ



- MATERIAL: OCEL S355; $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$

- MAXIMÁLNÍ MOMENT: $-\frac{1}{10} \cdot s_d \cdot l^2 = -\frac{1}{10} \cdot 7,15 \cdot 2^2 = -2,86 \text{ kNm/m} = m_{ed}$

- ZATÍŽENÍ V MONTAŽNÍM STÁDIU: $s_d = 7,15 \text{ kN/m}^2$
(VNITŘNÍ SÍLY SE URČUJÍ NA PASU PLECHU O $b=1\text{m}$)

- POTŘEBNÝ PRŮŘEZOVÝ MODUL:

$$W_{min} = \frac{m_{ed}}{f_{yd}} = \frac{2,86 \cdot 10^6}{355} = 8056 \text{ mm}^3$$

NÁVRH: TR 55/250/0,88 - $m = 0,0881 \text{ kN/m}^2$; $I_{y,eff}^+ = 44,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

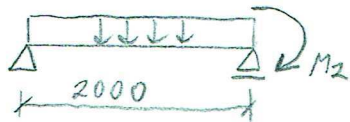
POSOUZENÍ TR a) MSÚ $W_{y,eff}^+ = 13600 \text{ mm}^3$

- MOMENTOVÁ ÚNOSNOST: $m_{eff,Rd} = W_{y,eff} \cdot f_{yd} = 13600 \cdot 355 \cdot 10^{-6}$
 $m_{eff,Rd} = 4,83 \text{ kNm}$

$$m_{eff,Rd} = 4,83 \text{ kNm} > m_{ed} = 2,86 \text{ kNm/m}$$

TR 55/250/0,88 VYHOVUJE NA ÚNOSNOST

b) MSP - PRŮHYB (OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ)



$$m_2 = -\frac{1}{10} \cdot g_k \cdot l^2 = -\frac{1}{10} \cdot 3,636 \cdot 2^2 = -1,454 \text{ kNm/m'}$$

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_{eff}} \left(\frac{5}{384} \cdot g_k \cdot l^4 - \frac{1}{16} \cdot m_2 \cdot l^2 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot \frac{44}{1} \cdot 10^4} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 3,636 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 1,454 \cdot 2000^2 \right)$$

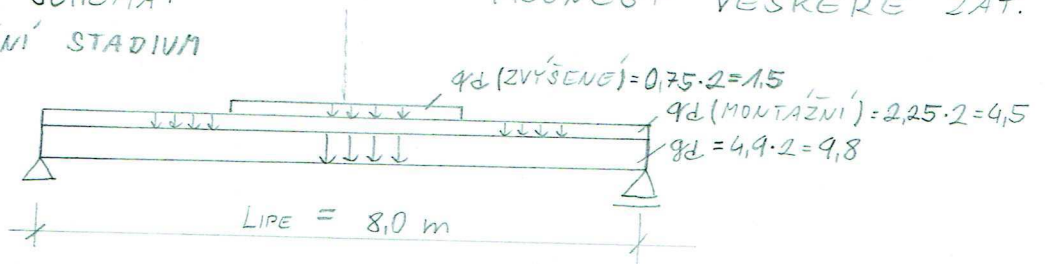
$$\delta = 8,18 \text{ mm} < \delta_{lim} = \frac{h_{sr}}{10} = \frac{136}{10} = 13,6 \text{ mm OK}$$

TR 55/250/0,88 VYHOVUJE NA PRŮHYB

3.3 NÁVRH STROPNÍHO NOSNÍKU - NOSNÍK NEVÍ PŘI MONTÁŽI

PODEPŘEN A MUSÍ TĚDY PŘENĚST VEŠKERÉ ZATĚ.

STATICKÉ SCHEMA:
PRO MONTÁŽNÍ STADIUM



ODHAD VLASTNÍ TÍHY NOSNÍKU: $g_{IPE} = 0,5 \cdot 1,35 = 0,675 \text{ kN/m}$

VNITŘNÍ SÍLY PRO PROVOZNÍ STAV:

PŘEVOD NA 1m': $f_d = (q_d + q_d \cdot l_{ZATĚ}) + g_{IPE}$

$$f_d = (4,9 + 2,25 + 0,75) \cdot 2 + 0,675 = 16,475 \text{ kN/m}$$

NÁVRHOVÝ MOMENT:

$$M_{E,d} = R_a \cdot \frac{L_{IPE}}{2} - \frac{q_d \cdot L_{IPE}^2}{8} - \frac{q_d \cdot L_{IPE}^2}{8} - \frac{q_d \cdot l_{ZATĚ} \cdot L_{IPE}^2}{2}$$

$$M_{E,d} = 59,45 \cdot \frac{8}{4} - \frac{9,8 \cdot 8^2}{8} - \frac{4,5 \cdot 8^2}{8} - \frac{1,5 \cdot 1,5^2}{2}$$

$$M_{E,d} = 121,71 \text{ kNm}$$

NÁVRHOVÁ POSOUVAJÍCÍ SÍLA:

$$V_{E,d} = \frac{1}{2} \cdot (9,8 \cdot 8 + 4,5 \cdot 8 + 1,5 \cdot 3)$$

$$V_{E,d} = 59,45 \text{ kN}$$

POTŘEBNÝ PRŮŘEZOVÝ MOUVL

$$W_{min} = \frac{M_{E,d}}{\sigma_{yd}} = \frac{121,71 \cdot 10^6}{355} = 342 \ 845 \text{ mm}^3$$

3.3.1 1) NESPRÁŽENÝ PRŮŘEZ

NÁVRH IPE 330 - $m = 0,49 \text{ kN/m}$
 $I_y = 11770 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $W_{pl,y} = 804,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $A_{vz} = 3081 \text{ mm}^2$
 TŘÍDA 1 PRO OHYB K OSE Y

POSOUZENÍ IPE 330 - NOSNÍK NENÍ PODEPŘEN

a) MSÚ

$$M_{pl,rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 804,3 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6 = 285,5 \text{ kNm} > M_{E,d} = 121,71 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{3081 \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} = 631 \text{ kN} > V_{E,d} = 59,45 \text{ kN}$$

IPE 330 VYHOVUJE NA MSÚ

b) MSP - PRŮHYB

$$\sigma = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k + q_k}{E \cdot I_y} \cdot L \cdot IPE^4 = \frac{5}{384} \cdot \frac{16,475}{210 \cdot 10^3 \cdot 11770 \cdot 10^4} \cdot 8000^4$$

$$\sigma = 35,5 > \sigma_{lim} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm} \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

\Rightarrow JE TŘEBA ZVĚTŠIT PRŮŘEZ NA IPE 360

$$\sigma = \frac{5}{384} \cdot \frac{16,475}{210 \cdot 10^3 \cdot 16270 \cdot 10^4} \cdot 8000^4 = 25,7 < \sigma_{lim} = 32 \text{ mm}$$

IPE 360 VYHOVUJE NA MSP

3.3.2 2) SPŘÁŽENÝ PRŮŘEZ

NÁVRH IPE 240 - $m = 0,31 \text{ kN/m}$
 $A = 3912 \text{ mm}^2$; $A_{vz} = 1914 \text{ mm}^2$
 $I_y = 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $W_{pl,y} = 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 TŘÍDA 1 PRO OHYB K OSE Y; S 355

ÚČINNÁ ŠÍŘKA DESKY:

$$b_{eff} = 2000 \text{ mm (VIZ NÁVRH STŘEŠNÍHO NOSNÍKU)}$$

POSOUZENÍ IPE 240 V MONTÁŽNÍM STADIU

a) MSÚ - PŮSOBÍ POUZE OCELOVÝ NOSNÍK

$$M_{pl,rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 366,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 130,14 \text{ kNm} > M_{E,d} = 121,71 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{1914 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 392 \text{ kN} > V_{E,d} = 59,45 \text{ kN}$$

IPE 240 VYHOVUJE NA MSÚ

b) MSP

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k}{E \cdot I_y} \cdot L_{\text{IPE}}^2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,636 \cdot 2 + 0,4}{210 \cdot 10^3 \cdot 3843 \cdot 10^4} \cdot 8000^4 = 50 \text{ mm}$$

$$\delta = 50 \text{ mm} > \delta_{\text{lim}} = \frac{h_{\text{sr}}}{10} = \frac{136}{10} = 13,6 \text{ mm}$$

NEVYHOVUJE; ZAHRNUTI VLIV RYBNÍKOVÉHO EFEKTU
PŘIDÁME ZATÍŽENÍ - EKVIVALENTNÍ TLOUŠŤKA BETONU

$$\delta_0 = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ mm}$$

$$\Delta q_k = \delta_0 \cdot \beta \cdot L_{\text{ZAT}} = 0,035 \cdot 2,2 \cdot 26 = 2,0 \text{ kN/m}; \Delta q_d = 2,0 \cdot 1,35 = 2,7 \text{ kN/m}$$

NOVÝ NÁVRHOVÝ MOMENT

$$M_{E,d} = M_{E,d1} + \frac{1}{8} \cdot \Delta q_d \cdot L_{\text{ZAT}}^2 = 121,71 + \frac{1}{8} \cdot 2,7 \cdot 8^2 = 143,31 \text{ kNm} > M_{Rd,Rd} = 130,14 \text{ kNm}$$

IPE 240 V MONTÁŽNÍM STADIU NEVYHOVUJE

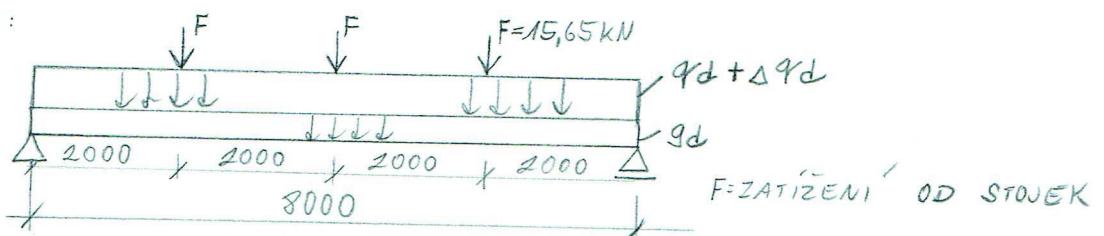
NOVÝ NÁVRH IPE 270 - $m = 0,36$
 $W_{y,PL} = 428,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$$M_{PL,Rd} = 428,9 \cdot 10^3 \cdot 355 = 152,25 \text{ kNm} > 143,31 \text{ kNm}$$

IPE 270 V MONTÁŽNÍM STADIU VYHOVÍ

POSOUZENÍ IPE 270 V PROVOZNÍM STADIU

SCHEMA:



LINIOVÉ ZATÍŽENÍ:

$$g_k + q_k = (4,0 + 4,0) \cdot 2 + 0,4 + 2,0 = 18,4 \text{ kN/m}$$

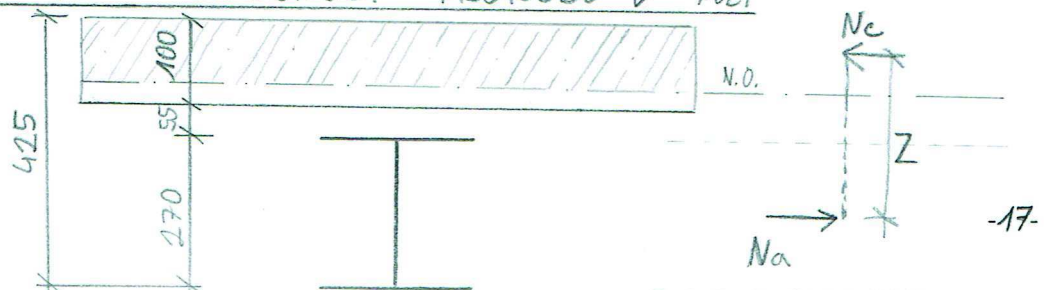
$$g_d + q_d = (5,4 + 6,0) \cdot 2 + 0,54 + 2,7 = 26,04 \text{ kN/m}$$

VNITŘNÍ SÍLY:

$$M_{E,d} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot L_{\text{ZAT}}^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3F \cdot \frac{L}{2} - F \cdot 2 \right) = \frac{1}{8} \cdot 26,04 \cdot 8^2 + (23,47 \cdot 4 - 15,65 \cdot 2) = 270,9 \text{ kNm}$$

$$V_{E,d} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L_{\text{ZAT}} + \frac{1}{2} \cdot (3F) = \frac{1}{2} \cdot 26,04 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot (3 \cdot 15,65) = 127,635 \text{ kN}$$

POSOUZENÍ MSÚ - ÚNOSNOST PRŮŘEZU V POLI



N.O. LEŽÍ V BETONOVÉ DESCE - PŘEDPOKLAD

$$N_a = N_c$$

$$A \cdot f_{yd} = x \cdot b \cdot \xi_f \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_f} = \frac{4595 \cdot 355}{0,85 \cdot 16,66 \cdot 2000} = 57,59 \leq 100 - \text{PŘEDPOKLAD SPLNĚN}$$

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST:

$$z = \frac{270}{2} + 55 + \left(100 - \frac{57,59}{2}\right) = 261,2 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z = A \cdot f_{yd} \cdot z = 4595 \cdot 355 \cdot 261,2 \cdot 10^{-6} = 426,07 \text{ kNm}$$

$$\underline{M_{pl,Rd} = 426 \text{ kNm} > M_{E,d} = 270,9 \text{ kNm}}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{vd}}{\sqrt{3}} = \frac{2214 \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} = 453,7 \text{ kN} > \underline{V_{E,d} = 127,635 \text{ kN}}$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE NA MSÚ

NAVŘH SPŘAŽENÍ: TRN 22/100 SD S235 $\phi = 22 \text{ mm}$; $h_{sc} = 100 \text{ mm}$
 $\lambda = 1,0$

NAVŘHUVÍ ČÁSTEČNĚ SPŘAŽENÍ

JE TŘEBA PŘENEŠT SÍLU:

$$F_c = \frac{M_{E,d} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \cdot F_{cs}$$

$$F_{cs} = N_a = 4595 \cdot 355 = 1631 \text{ kN}$$

$$F_c = \frac{270,9 - 171,8}{426 - 171,8} \cdot 1631$$

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot 355$$

$$M_{a,pl,Rd} = 171,8 \text{ kNm}$$

$$\underline{F_c = 635,8 \text{ kN}}$$

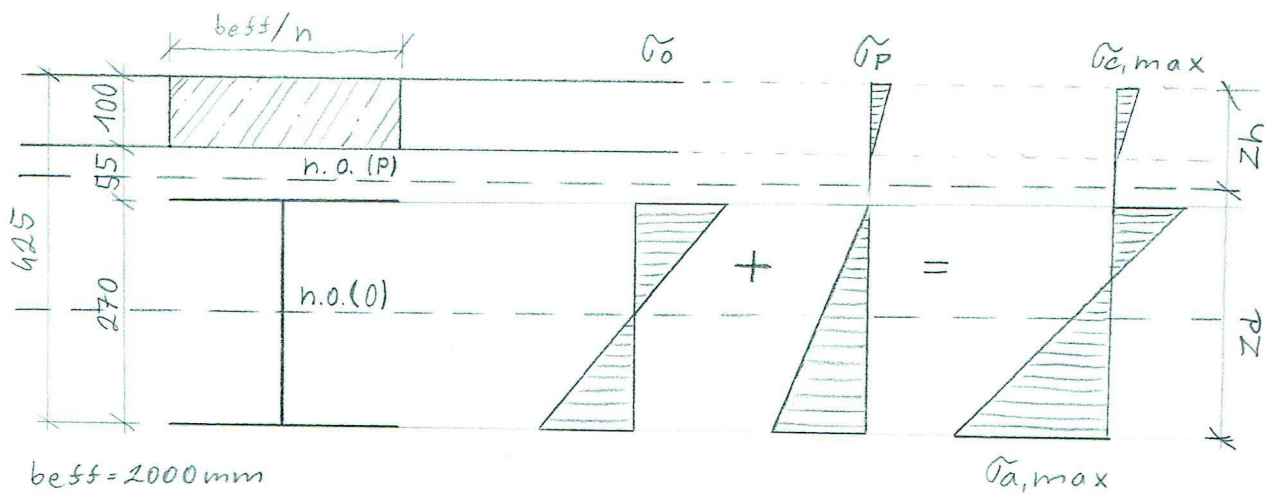
POTŘEBNÝ POČET TRNŮ:

$$n_s = \frac{F_c}{P_{rd'}} = \frac{635,8}{65,69} = 9,68$$

$$P_{rd'} = 65,69 \text{ kN (VIZ NAVŘH STŘEŠNÍCH NOSNÍKŮ)}$$

NAVŘHUVÍ TRN 22/100 DO KAŽDÉHO ŽEBRA, T.J. 16 TRNŮ NA POLOVINĚ NOSNÍKU

b) MSP - OPĚT POSODÍME PRŮŽNÉ PŮSOBENÍ NOSNÍKU A PRŮHYB
 JEKLIŽ STROPNICE NENÍ PODEPŘENA, PROVEVÍ SE
 NA MSP POSTUP MONTÁŽE



$beff = 2000 \text{ mm}$

PRACOVNÍ SOUČINITEL:

$$n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210\,000}{15\,250}; E_c' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5 \cdot 10^3}{2} = 15\,250 \text{ MPa}$$

$n = 13,77 [-]$

ZATÍŽENÍ OD MONTÁŽNÍHO A PROVOZNÍHO ZATÍŽENÍ:
 (O) (P)

s_0 : — STALÉ: $3,636 \cdot 2 + 0,4 = 7,672 \text{ kN/m}$

— RYBNÍKOVÝ EFEKT = $2,0 \text{ kN/m}$

$s_0 = 9,672 \text{ kN/m}$

s_p : — SKLADBA PODLAHY: 1 kN/m

— UŽITNÉ ZATĚŽ: 8 kN/m

$s_p = 9 \text{ kN/m}$

VNITŘNÍ SÍLY:

$M_0 = \frac{1}{8} \cdot s_0 \cdot l_{iPE}^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,672 \cdot 8^2 = 77,376 \text{ kNm}$

$M_P = \frac{1}{8} \cdot s_p \cdot l_{iPE}^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,0 \cdot 8^2 = 72 \text{ kNm}$

PLOCHA IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU:

$A_i = A_{iPE270} + t_{desky} \cdot \frac{beff}{n} = 4595 + 100 \cdot \frac{2000}{13,77} = 19\,119 \text{ mm}^2$

TĚŽIŠŤE IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU:

$e_i = \frac{A_{iPE270} \cdot \frac{h_{iPE270}}{2} + t_{desky} \cdot \frac{beff}{n} \cdot (h_{iPE270} + h_{tr} + \frac{t_{desky}}{2})}{A_i}$

$e_i = \frac{4595 \cdot \frac{270}{2} + 100 \cdot \frac{2000}{13,77} \cdot (270 + 55 + \frac{100}{2})}{19\,119} = 317,33 \text{ mm}$

MOMENT SETRVAČNOSTI IDEÁLNÍHO PRŮŘEZU:

$$I_i = I_{IPE270} + A_{IPE270} \cdot \left(e - \frac{h_{IPE270}}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \cdot \frac{b_{desky}}{h} \cdot t_{desky}^3 + \frac{b_{desky}}{h} \cdot t_{desky} \cdot \left(h_i - e - \frac{t_{desky}}{2} \right)^2$$

$$I_i = 5790 \cdot 10^4 + 4595 \cdot \left(317,33 - \frac{270}{2} \right)^2 + \frac{1}{12} \cdot \frac{2000}{13,77} \cdot 100^3 + \frac{2000}{13,77} \cdot 100 \cdot \left(425 - 317,33 - \frac{100}{2} \right)^2$$

$$I_i = 270\,166\,269 \text{ mm}^4$$

NEJVĚTŠÍ NAPĚTÍ V OCELOVÉM NOSNÍKU VE SPODŇÍCH VLÁKNĚCH:

$$\sigma_{a,max} = \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p}{I_i} \cdot z_d = \frac{77,376 \cdot 10^6}{428,9 \cdot 10^3} + \frac{72 \cdot 10^6 \cdot 317,33}{270\,166\,269}$$

$$\sigma_{a,max} = 264,97 \text{ MPa} < \sigma_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

NEJVĚTŠÍ NAPĚTÍ V BETONOVÉ DESCE

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{h \cdot I_i} \cdot z_h = \frac{72 \cdot 10^6 \cdot (425 - 317,33)}{13,77 \cdot 270\,166\,269} = 2,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = 2,1 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 21,25 \text{ MPa}$$

NOSNÍK PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ PRŮŽNĚ

PRŮHYB: (OD PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ)

L = 8000 mm

$$f_z = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(4,0 \cdot 2) \cdot 8000^4}{210\,000 \cdot 270\,166\,269} = 7,52 \text{ mm} < \frac{L}{250} = 32 \text{ mm}$$

PROFIL IPE 270 VYHOVUJE NA MSP

KONEC NÁVRHU STROPNÍ KONSTRUKCE

REKAPITULACE:

NOSNÍKY IPE 270, TRAPÉZOVÝ PLECH TR 55/250/0,88

BETONOVÁ DESKA SPŘÁŽENA ČÁSTEČNĚ S NOSNÍKEM

32 TRNÝ NA 8 METRECH NOSNÍKU

NOSNÍKY NEJSOU BĚHEM MONTÁŽE PODEPŘENY

PRŮHYB OD PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ ČINÍ 7,52 mm

POZN.: PO ODSTRANĚNÍ STOJEK BUDOU MONTOVÁNY PŘEH. PŘÍČKY, KTERÉ NEJSOU ZAHRNUTY DO ZATÍŽENÍ, JELIKOŽ ZATÍŽENÍ OD STOJEK VYVOLÁ VĚTŠÍ VNITŘNÍ SÍLY.

PŘEMÍSTITELNÉ PŘÍČKY: 0,5 kN/m²

4. GLOBÁLNÍ ANALÝZA ROVINĚHO PODLAŽNÍHO NOSNÍKU:

4.1 VSTUPY:

ZATĚŽOVACÍ STAV	SOUČINITEL ZATÍŽENÍ
ZS.1=VLASTNÍ TÍHA	$\gamma_G = 1,35$
ZS.2=STÁLE ZATÍŽENÍ STŘECHY	$\gamma_G = 1,35$
ZS.3=STÁLE ZATÍŽENÍ STROPU	$\gamma_G = 1,35$
ZS.4=ZATÍŽENÍ OD STOJEK	$\gamma_G = 1,35$
ZS.5=ZATÍŽENÍ SNĚHEM	$\gamma_Q = 1,5$
ZS.6=UŽITNÉ ZATÍŽENÍ STROPU	$\gamma_Q = 1,5$
ZS.7=VÍTR PODELNÝ	$\gamma_Q = 1,5$
ZS.8=SNÍH NA POLOVINĚ NOSNÍKU	$\gamma_Q = 1,5$
ZS.9=UŽITNÉ NA $\frac{1}{2}$ NOSNÍKU	$\gamma_Q = 1,5$

ZATĚŽOVACÍ STAVY BYLY ZADAVÁNY DO SOFTWARE NA ZÁKLADĚ RUCNĚ VYPOČÍTANÝCH ZATÍŽENÍ

KOMBINACE

CO1 - ZS.1 + ZS.2 + ZS.3 + ZS.4 + ZS.5 + ZS.6 + ZS.7

CO2 - ZS.1 + ZS.2 + ZS.3 + ZS.4 + ZS.7 + ZS.8 + ZS.9

PRO VYHODNOCENÍ VNITŘNÍCH SIL BYLY POUŽITY NEJNEPŘÍZNIVĚJŠÍ KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

VÝPOČTOVÝ MODEL

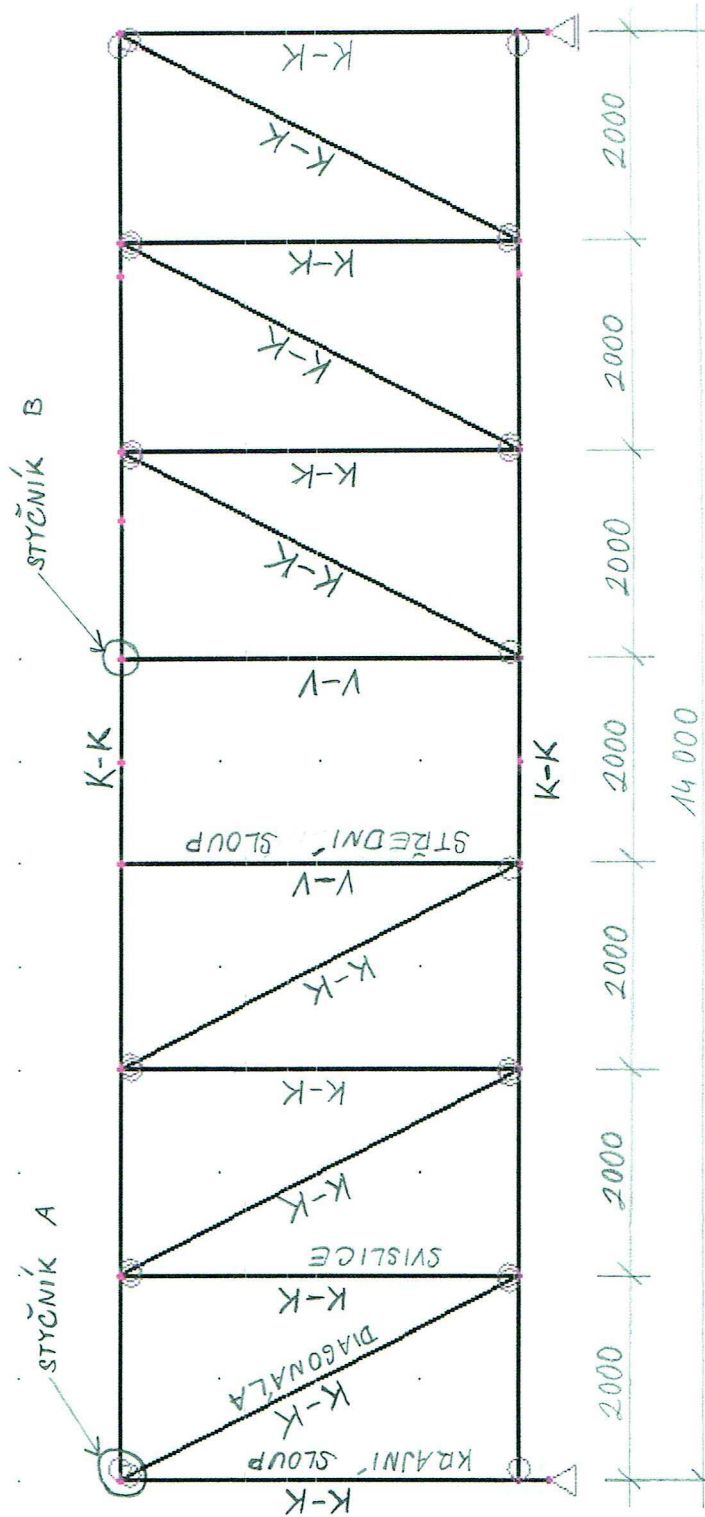
- SPODNÍ A HORNÍ PAS JSOU PRŮBĚŽNĚ A JSOU KLOUBOVĚ VLOŽENY NA SLOUPY
- DIAGONÁLY A SVISLICE JSOU KLOUBEM VE STYČNÍCÍCH PŘIPOJENY K PASŮM (KLOUB-KLOUB)
- STŘEDNÍ SLOUPKY PŘIPOJENY PEVNOU PODPOROU K PASŮM (RÁMOVÉ ROHY)

VNITŘNÍ SILY VÝPOČTENY POMOCÍ: SCIA ENGINEER 15.3

4.2

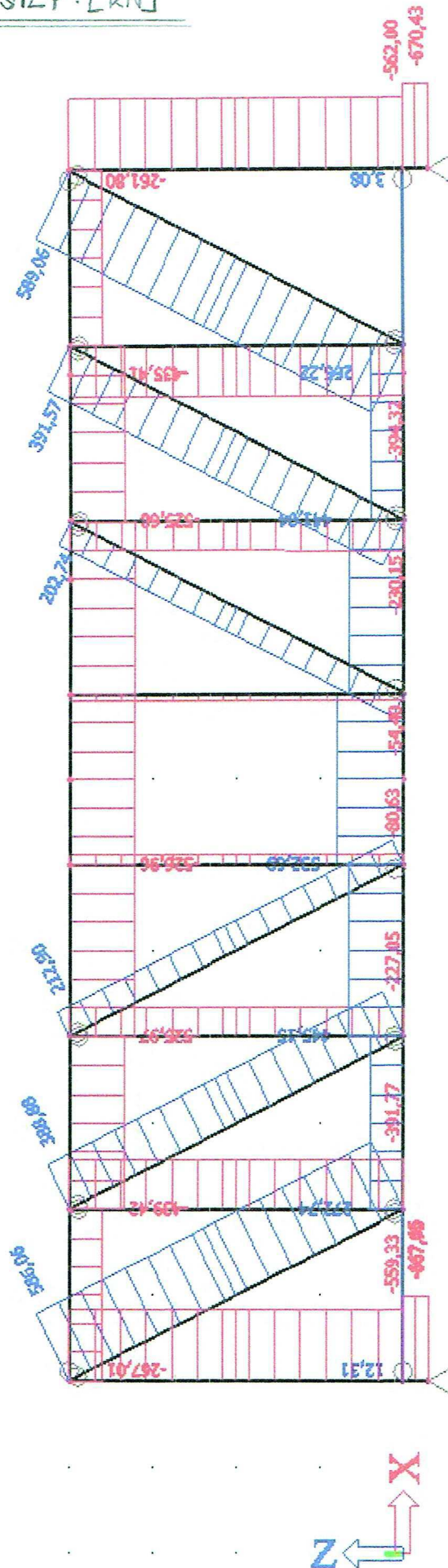
GEOMETRIE:

VNITRNÍ PODPORY: K-KLOUB ; V-VETKNUTÍ



4.3

NORMÁLOVÉ SÍLY: [kN]



5. NÁVRH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ PODLAŽNÍHO NOSNÍKU

5.1 -NÁVRH HORNÍHO PASU:

PROFIL HEB 200 B; OCEL S 235

NÁVRHOVÝ ZATĚŽOVACÍ STAV: $N_{max}^{\ominus} = 527 \text{ kN}$

$$M_y = 31,17 \text{ kNm}$$

PAS JE NAMAHAÁN KOLMO NA OSU Y A V TOMTO SMĚRU
POSOUZÍME NA KOMBINACI $N^{\ominus} + M_y$

TŘÍDA PRO OHYB I TLAK = 1 (OCEL S235)

MATERIÁL: S235; $f_{yk} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,1} = 213,6 \text{ MPa}$

HEB 200B: $m = 0,61 \text{ kN/m}$ $W_{pl,y} = 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $A = 7808 \text{ mm}^2$ $i_y = 85,4 \text{ mm}$
 $I_y = 5696 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

POSOUZENÍ HEB 200:

-VZPĚRNÝ TLAK:

KRITICKÁ DÉLKA: $L_{cr,y} = 2,0 \text{ m}$ (UVAŽUJI CELOU VZDÁLENOST STYČNÍKŮ)

ŠTÍHLOST PRO VYBOČENÍ V ROVINĚ Y

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2000}{85,4} = 23,5$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_a} \quad ; \quad \text{KDE } \beta_a = 1,0 \text{ PRO PRŮŘEZ TŘÍDY 1}$$

$$A \quad \lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{23,5}{93,9} \cdot \sqrt{1} = 0,25$$

KŘIVKA VZPĚRNOSTI \textcircled{b} $\left[\frac{h}{b} = \frac{200}{200} = 1 \leq 1,2 ; L_f < 100 \text{ mm} \right]$

TAB $\Rightarrow \chi = 0,982$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,982 \cdot 7808 \cdot 235}{1,1}$$

$N_{b,Rd} = 1801 \text{ kN}$

— OHYBOVÝ MOMENT:

KLOPENÍ ZABRAŇUJE SOUSTAVA STŘEŠNÍCH NOSNÍKŮ, KTERÉ NESPOJITĚ ZAJIŠŤUJÍ PAS PROTI VÝBOČENÍ A TO VE VZDÁLENOSTI $L_2 < 40i_z \Rightarrow 2000 < 40 \cdot 50,7 = 2028 \text{ mm} \Rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

SOUČINITEL INTERAKCE:

PRO PRŮŘEZY TŘÍDY 1 — $C_{my} = 0,9$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + [\bar{\lambda}_y - 0,2] \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{b,Rd}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + [0,25 - 0,2] \cdot \frac{524 \cdot 10^3}{0,982 \cdot 1801 \cdot 10^3} \right) = 0,91; \text{ KONZERVATIVNĚ } \underline{1,0}$$

CELKOVÉ POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rd}} = \frac{527}{1801} + 1,0 \cdot \frac{31,17}{\frac{10 \cdot 642,5 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^{-6}}{1,0}} =$$

$$= 0,49 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.2

— NÁVRH SPODNÍHO PASU:

PROFIL HEB 240 B; OCEL S 235

NÁVRHOVÝ ZATĚŽOVACÍ STAV: $N^{\oplus}_{max} = 533 \text{ kN (TAH)}$

$$M_y = 37,15 \text{ kNm}$$

SPODNÍ PAS POSOUZENÉ JAKO KOMBINACI TAHU A OHYBU
TŘÍDA PRO OHYB = 1

$$\begin{aligned} \text{HEB 240 B: } m &= 0,83 \text{ kN/m}^1 & W_{pl,y} &= 1053 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ A &= 10\,600 \text{ mm}^2 & i_y &= 103 \text{ mm} \\ I_y &= 11\,260 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{y,d} = 10\,600 \cdot 235 \cdot 10^{-3} = 2491 \text{ kN}$$

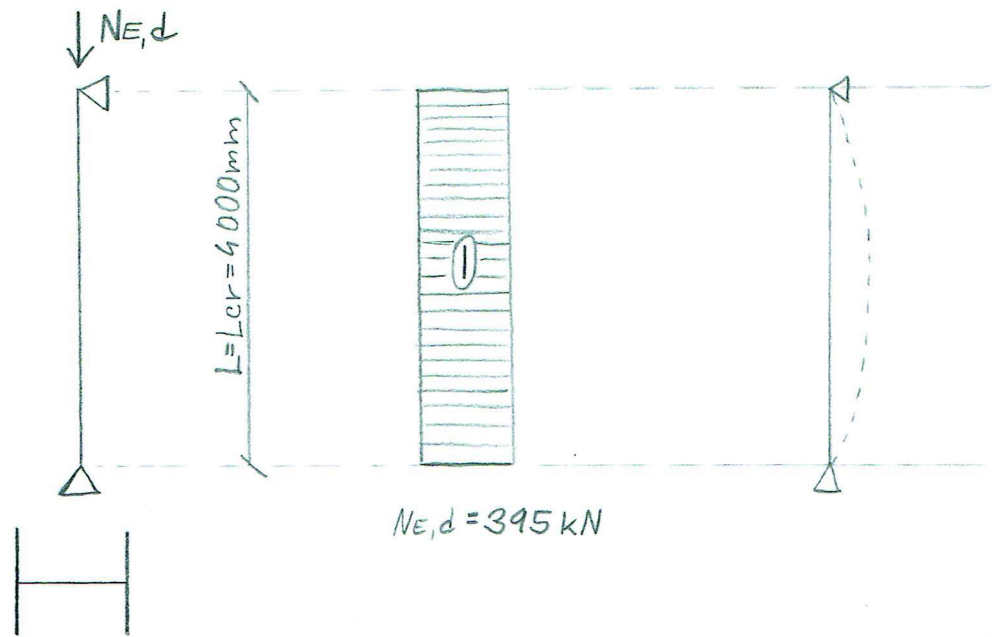
$$M_{y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 1053 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 247,4 \text{ kNm}$$

CELKOVÉ POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{533}{2491} + 1,0 \cdot \frac{37,15}{247,4} = \underline{\underline{0,364 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

5.3 NAVRH A POSOUZENÍ SVISLICE:

STATICKÉ SCHEMA:



NAVRH: HE 140 B

$h = 140 \text{ mm}$; $b = 140 \text{ mm}$; $t_s = 12 \text{ mm}$; $t_w = 7 \text{ mm}$; OCEL S 235
 $A = 4296 \text{ mm}^2$ $\sigma_{yd} = 235 \text{ MPa}$
 $I_y = 1509 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ $r = 12 \text{ mm}$

$I_z = 549,7 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$W_{PL,y} = 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$i_y = 59,3 \text{ mm}$

$i_z = 35,8 \text{ mm}$

$I_w = 22,48 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU:

$$\frac{c}{t_s} = \frac{(b - t_w - 2 \cdot r) / 2}{t_s} = \frac{(140 - 7 - 2 \cdot 12) / 2}{12} = 4,54 < 9(\epsilon = 1) = 9$$

=> PÁSNICE JE TŘÍDY 1

STOJINA PRO CENTRICKÝ TLAK JE TŘÍDY 1

$$\frac{c}{t_w} = \frac{(h - 2 \cdot t_s - 2 \cdot r)}{t_w} = \frac{(140 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 12)}{7} = 13,14$$

$$\lambda = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{N_{E,d}}{\sigma_{yd} \cdot t_w \cdot d} \right] = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{395}{235 \cdot 7 \cdot 92} \right] = 0,501$$

$\frac{c}{t_w} = 13,14 < 67 \Rightarrow$ TŘÍDA 1

KRITICKÉ DÉLKY:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,0 \text{ m}$$

ŠTÍHLOST PŘI VYBOČENÍ V HLAVNÍCH ROVINÁCH:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4000}{59,3} = 67,45$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4000}{35,8} = 111,73$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{67,45}{93,9} = 0,718 \xrightarrow{\text{TAB. 6}} \chi_y = 0,773$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{111,73}{93,9} = 1,2 \xrightarrow{\text{TAB. 6}} \chi_z = 0,434$$

NÁVRHOVÁ VZPĚRNA ÚNOSNOST:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_{y,d}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,434 \cdot 4296 \cdot 235}{1,0} = 438,2 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 438,2 \text{ kN} > N_{E,d} = 395 \text{ kN}$$

=> VÝHOVUJE NA VZPĚR

5.4 NÁVRH TAŽENÉ DIAGONÁLY:

DIAGONÁLY BUDOU NAVRŽENY JAKO SYSTÉMOVÉ
POMOCÍ KONSTRUKČNÍCH TAHEL MACALLOY OD FIRMY
TENSION SYSTEMS

NA NÁVRHOVOU NORMÁLOVOU SÍLU: $N_{E,d} = 590 \text{ kN}$

NÁVRH: KONSTRUKČNÍ TAHLA MACALLOY S460 Z NEREZ
OCELI

PRO ZÁVIT M 48 PLATÍ:

PRŮMĚR TAHLA: 45 mm

MINIMÁLNÍ MEZ KLUZU: 660 kN

MINIMÁLNÍ MEZ PEVNOSTI: 875 kN

HMOTNOST TAHLA: 12,5 kg/m

ROZMĚROVÉ PARAMETRY: (PRO ZÁVIT M48)

KONCOVKA: FA 48

L = 266 mm

B = 46 mm

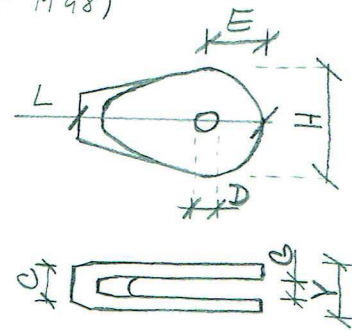
C = 69 mm

D = 49,5 mm

E = 81 mm

Y = 87 mm

H = 123 mm



SCHEMA KONCOVKY

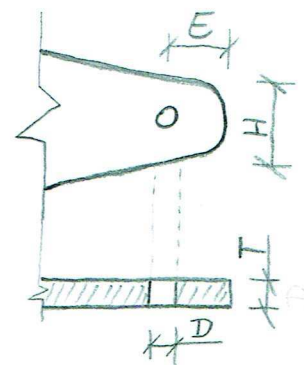
STYČNÍKOVÝ PLECH A: GRA 48

TLOUŠŤKA: L = 40 mm

D = 49,5 mm

E = 81 mm

H = 123 mm

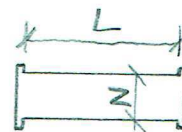


OCEL: S 355

ČEP: PA 48

L = 91 mm

N = 47 mm



SYSTÉM VYHOVUJE NORMAM: ČSN ENV 1993-1-1
ČSN ENV 1090-1

OVĚŘENÍ:

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU:

$A_{net} = 1434 \text{ mm}^2$

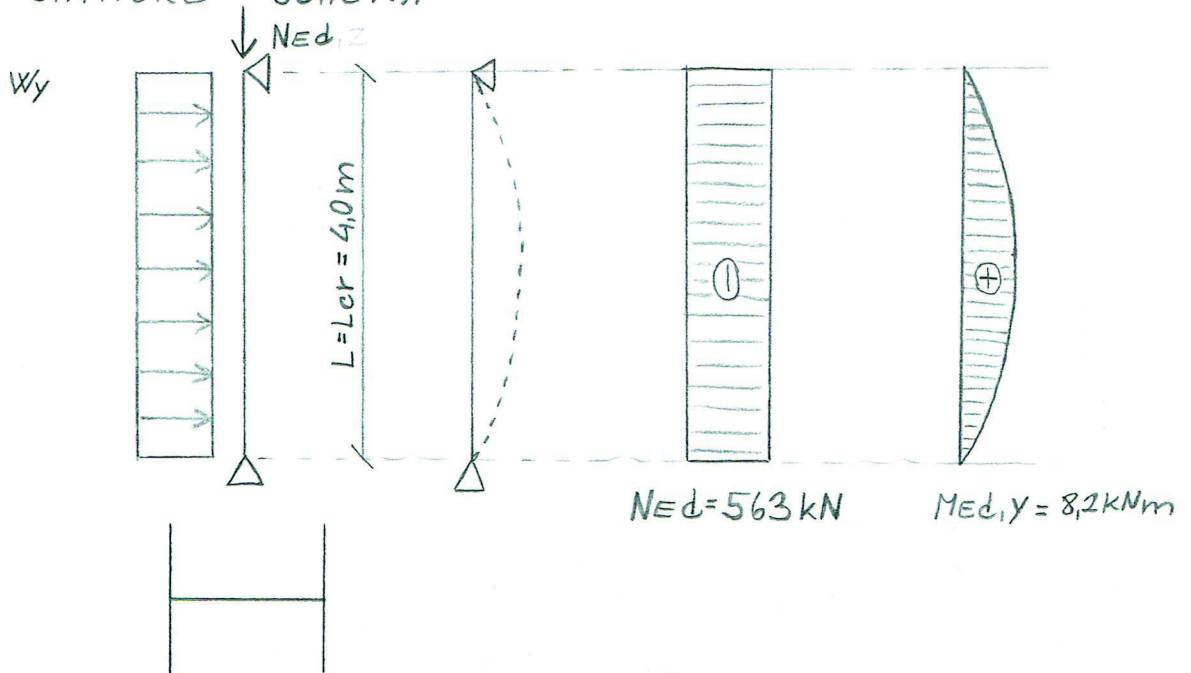
$f_u = 610 \text{ MPa}$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \cdot 1434 \cdot 610}{1,3} = \underline{\underline{606 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 590}}$$

⇒ VYHOVUJE

5.5 NÁVRH A POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU PODLAŽNÍHO NOSNÍKU

STATICKE SCHEMA:



NÁVRH: HE 240 B

$h = 240 \text{ mm}$; $b = 240 \text{ mm}$; $t_s = 17 \text{ mm}$; $t_w = 10 \text{ mm}$; OCEL S 235
 $A = 10\,600 \text{ mm}^2$; $S_{yd} = 235 \text{ MPa}$
 $I_y = 11\,260 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$; $r = 21 \text{ mm}$
 $I_z = 3\,923 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $i_y = 103 \text{ mm}$
 $i_z = 60,8 \text{ mm}$
 $W_{PL,y} = 1053 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU:

TLAČENÁ PÁSNICE:

$$\frac{c}{t_s} = \frac{(b - t_w - 2 \cdot r) / 2}{t_s} = \frac{(240 - 10 - 2 \cdot 21) / 2}{17} = 5,53 \leq \eta \cdot \epsilon = \eta \cdot \sqrt{\frac{235}{S_y}} = \underline{9}$$

=> PÁSNICE JE TŘÍDY 1

STĚNA PRŮŘEZU - NAMÁHÁNA NA M+N

$$\frac{c}{t_w} = \frac{(h - 2 \cdot t_s - 2 \cdot r)}{t_w} = \frac{(240 - 2 \cdot 17 - 2 \cdot 21)}{10} = 16,4$$

$$\alpha = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{N \varepsilon_d}{s_y \cdot t_w \cdot d} \right] = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{563}{235 \cdot 10 \cdot 164} \right] = 0,5$$

$$\frac{c}{t_w} = 16,4 \leq \frac{369 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{369 \cdot 1}{13 \cdot 0,5 - 1} = 67$$

\Rightarrow STĚNA JE TŘÍDY 1

\Rightarrow CELÝ PRŮŘEZ JE Tedy TŘÍDY 1

POSOUZENÍ NÁVRHU V OBOU SMĚRECH

KRITICKÉ DÉLKY:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4000 \text{ mm}$$

ŠTÍHLOST PŘI VYBOČENÍ V HLAVNÍCH ROVINÁCH:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4000}{103} = 38,83$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4000}{60,8} = 65,79$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{38,83}{93,9} \cdot 1 = 0,413$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{65,79}{93,9} \cdot 1 = 0,7$$

$$\text{KDE } \lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{s_y d}} = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$\beta_A = 1$ PRO PRŮŘEZ 1. TŘÍDY

SOUČinitele vzpěrnosti:

KŘIVKA VZPĚRNOSTI PRO $\frac{h}{b} < 1,2$; $t_s < 100$ A VYBOČENÍ KOLMO K Y-Y
 \Rightarrow (b) ^{TAB} $\rightarrow \chi_y = 0,921$

KŘIVKA VZPĚRNOSTI PRO $\frac{h}{b} < 1,2$; $t_s < 100$ A VYBOČENÍ KOLMO K Z-Z
 \Rightarrow (c) ^{TAB} $\rightarrow \chi_z = 0,725$

POSOUZENÍ PRO OSU Z-Z:

POZN. PRO NAMÁVÁNÍ KOLMO K TĚTO OSE BUDEME POSOUZOVAT
POUZE NA VZPĚRNÝ TLAK

NÁVRHOVÁ VZPĚRNÁ ÚNOSNOST:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{MA}} = \frac{0,725 \cdot 10600 \cdot 235}{1,0} = 1805 \text{ kN} > N_{Ed} = 563 \text{ kN}$$

⇒ VYHOVUJE NA VZPĚR

POSOUZENÍ PRO OSU Y-Y:

POZN. ZDE MÁME KOMBINACI OHYBOVÉHO MOMENTU
A NORMÁLOVÉ SÍLY (TLAKOVÉ) VČETNĚ POSOUZENÍ
ZTRÁTY STABILITY

VZPĚRNÁ DĚLKA NA KLOPĚNÍ:

$$L_{LT} = 4000 \text{ mm}$$

RELATIVNÍ ŠTÍHLOST:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{1}{\sqrt{C_1}} \cdot U \cdot V \cdot \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_w} = 1 \cdot 0,94 \cdot 0,832 \cdot \frac{65,79}{43,9} \cdot 1 = 0,548$$

KONZERVATIVNĚ $C_1 = 1,0$

$$U = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot g}{A} \cdot \frac{I_z}{I_w}} \quad ; \quad \begin{array}{l} I_w = \text{MOMENT SETRVAČNOSTI V KROUČENÍ} \\ I_w = 486,9 \cdot 10^9 \text{ mm}^6 \end{array}$$

KONZERVATIVNĚ $g = 1,0$

$$U = \sqrt{\frac{1053 \cdot 1,0}{10600} \cdot \frac{3923 \cdot 10^4}{486,9 \cdot 10^9}} = 0,94 [-]$$

ZJEDNODUŠENĚ $V = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{20} \cdot \left(\frac{\lambda_z}{\frac{h}{t_s}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{20} \cdot \left(\frac{65,79}{\frac{240}{17}}\right)^2}}$

$$V = 0,832 [-]$$

$\beta_w = 1$ PRO PRŮŘEZ TRÍDY 1

PROTOŽE $\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1 < 2$; PLATÍ KŘIVKA KLOPENÍ (a)

$$\text{SOUČINITEL KLOPENÍ PRO (a): } \chi_{LT} = \frac{1}{\bar{\Phi}_{LT} + \sqrt{\bar{\Phi}_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\bar{\Phi}_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]; \text{ KDE } \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\bar{\Phi}_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (0,548 - 0,2) + 0,548^2 \right]$$

$$\bar{\Phi}_{LT} = 0,69$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,548^2}} = 0,9$$

SOUČinitele INTERAKCE: (PŘÍLOHA B)

SOUČinitele EKVIVALENTNÍHO MOMENTU

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6$$

ITERAČNÍ SOUČINITEL k_{yy} - PRO PRŮŘEZ 1. TŘÍDY

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right); \text{ KDE } N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 10600 \cdot 235$$

$$N_{Rk} = 2491 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = 0,9 \left(1 + (0,413 - 0,2) \frac{563}{0,921 \cdot 2491} \right)$$

$$1,0$$

$$k_{yy} = 0,947; \text{ NEBO}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,9 \left(1 + 0,8 \cdot \frac{563}{0,725 \cdot 2491} \right) = 1,12$$

$$k_{yy} = \min(0,947; 1,12); \underline{k_{yy} = 0,947}$$

ITERAČNÍ SOUČINITEL k_{zy} - PRO TŘ. 1 A $\bar{\lambda}_z > 0,4$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right] \cdot \gamma_M$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,7}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{563}{0,725 \cdot 2491} \right] = 0,937 ; N_{Ed} = 30$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right] = \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{563}{0,725 \cdot 2491} \right] = 0,91$$

$k_{zy} = 0,91$

POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} = \frac{563 \cdot 10^3}{0,921 \cdot 2491 \cdot 10^3} + 0,947 \cdot \frac{8,2 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1053 \cdot 10^3 \cdot 235}$$

$0,24 + 0,04 = 0,28 \leq 1,0$

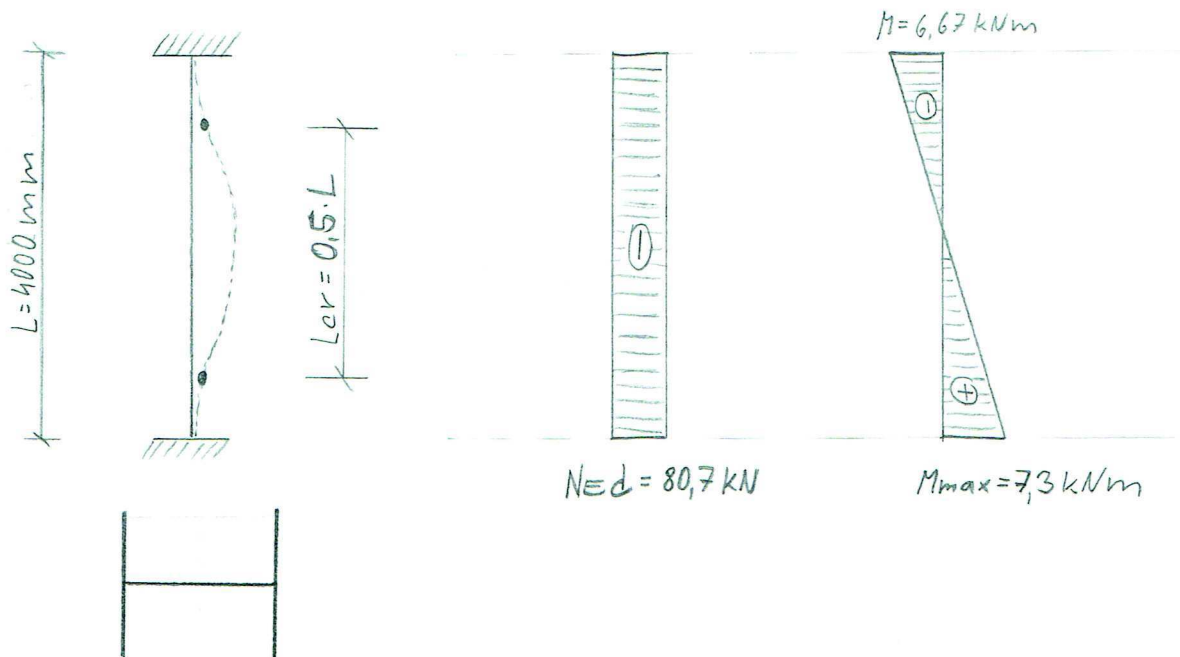
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} = \frac{563 \cdot 10^3}{0,725 \cdot 2491 \cdot 10^3} + 0,91 \cdot \frac{8,2 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1053 \cdot 10^3 \cdot 235}$$

$0,32 + 0,04 = 0,36 \leq 1,0$

SLOUP NA TLAK S OHYBEM VYHOVÍ

5.6 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEDNÍHO SLOUPU PODLAŽNÍHO NOSNÍKU

STATICKE SCHEMA:



NÁVRH: HE 140 B

$h = 140 \text{ mm}$; $b = 140 \text{ mm}$; $t_f = 12 \text{ mm}$; $t_w = 7 \text{ mm}$; OCEL S 235

$A = 4296 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$

$I_y = 1509 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$r = 12 \text{ mm}$

$I_z = 549,7 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$W_{PL,y} = 245 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$i_y = 59,3 \text{ mm}$

$i_z = 35,8 \text{ mm}$

$I_w = 22,48 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU:

TLAČENÁ PÁSNICE:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b - t_w - 2 \cdot r) / 2}{t_f} = \frac{(140 - 7 - 2 \cdot 12) / 2}{12} = 4,54 < 9 \cdot \epsilon = 9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = 9$$

⇒ PÁSNICE JE TŘÍDY 1

STĚNA PRŮŘEZU - NAMÁHÁNA NA M+N

$$\frac{c}{t_w} = \frac{(h - 2 \cdot t_s - 2 \cdot r)}{t_w} = \frac{(140 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 12)}{7} = 13,14$$

$$\alpha = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{N_{Ed}}{S_{yd} \cdot t_w \cdot d} \right] = 0,5 \cdot \left[1 + \frac{80,7}{235 \cdot 7 \cdot 92} \right] = 0,5$$

$$\frac{c}{t_w} = 13,14 \leq \frac{369 \cdot E}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{369 \cdot 1}{13 \cdot 0,5 - 1} = 67$$

⇒ STĚNA PRŮŘEZU JE TRÍDY 1

⇒ CELÝ PRŮŘEZ JE TRÍDY 1

KRITICKÉ DÉLKY:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

ŠTÍHLOST PŘI VYBOČENÍ V ROVINÁCH:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2000}{59,3} = 33,72$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2000}{35,8} = 55,86$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{33,72}{93,9} \cdot 1 = 0,36$$

SOUČINITEL VZPĚRNOSTI:

TAB; KŘIVKA © → $\chi_y = 0,942$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_2} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{55,86}{93,9} \cdot 1 = 0,6$$

TAB; KŘIVKA © → $\chi_z = 0,785$

POSOUZENÍ PRO OSU Z-Z

NÁVRHOVÁ VZPĚRNÁ ÚNOSNOST:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot S_{yd}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,785 \cdot 4296 \cdot 235}{1,0} = 792,5 \text{ kN}$$

$$\underline{N_{b,Rd} = 792,5 \geq N_{Ed} = 80,7 \text{ kN}}$$

VÝHOVUJE NA VZPĚR

POSOUZENÍ PRO OSU Y-Y

POZN. POSOUDÍME NA KOMBINACI OHYBOVÉHO MOMENTU
(SLOUPEK ZATÍŽEN KONCOVÝMI MOMENTY)
A NORMÁLOVĚ TLAKOVĚ SÍLY + ZTRÁTU STABILITY

RELATIVNÍ ŠTIHLOST:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{1}{\sqrt{C_1}} \cdot U \cdot V \cdot \frac{\lambda z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_w} = 1,0 \cdot 0,944 \cdot 0,827 \cdot \frac{55,48}{43,9} \cdot 1 = 0,463$$

C₁ ZÁVISÍ NA TVARU MOMENTOVÉHO OBRAZCE

M₁ = ψ M₂; KONCOVÉ MOMENTY JSOU TĚMĚŘ SHODNÉ;

Tedy ψ = 1,0 ⇒ $\frac{1}{\sqrt{C_1}} = 1,0$

$$U = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot \eta}{A} \cdot \sqrt{\frac{I_z}{I_w}}} \quad ; \text{KONZERVATIVNĚ } \eta = 1,0$$

$$U = \sqrt{\frac{245 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{4296} \cdot \sqrt{\frac{549,7 \cdot 10^4}{22,48 \cdot 10^9}}} = 0,944$$

ZJEDNODUŠENĚ $V = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{20} \cdot \left(\frac{\lambda z}{t_s}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{20} \cdot \left(\frac{55,48}{\frac{140}{12}}\right)^2}}$

$V = 0,827$

KŘIVKA KLOPENÍ (a) PRO $\frac{h}{b} = \frac{140}{140} = 1 < 2$

SOUČINITEL KLOPENÍ PRO (a): $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$

$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$; $\alpha_{LT} = 0,21$ PRO (a)

$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,462 - 0,2) + 0,462^2] = 0,634$

$\chi_{LT} = \frac{1}{0,634 + \sqrt{0,634^2 - 0,463^2}} = 0,937$

SOUČiniteLE INTERAKCE:

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6 + \psi \cdot 0,4 = 0,6 + 1 \cdot 0,4 = 1,0 \geq 0,4$$

INTERAKČNÍ SOUČiniteLE k_{yy}

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right] ; \text{ kde } N_{Rk} = A \cdot f_{yd} = 4292 \cdot 235$$

$$N_{Rk} =$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left[1 + (0,36 - 0,2) \cdot \frac{80,7}{0,942 \cdot 1008} \right] = 0,91 ; \text{ NEBO}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right] = 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{80,7}{0,785 \cdot 1008} \right]$$

$$k_{yy} = 0,973 ; \quad \underline{k_{yy} = 0,91}$$

INTERAKČNÍ SOUČiniteLE k_{zy} - $\tau \bar{e} = 1 ; \bar{\lambda}_z > 0,4$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right] = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,6}{(1 - 0,25)} \cdot \frac{80,7}{0,785 \cdot 1008} \right] = 0,99$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right] = \left[1 - \frac{0,1}{(1,0 - 0,25)} \cdot \frac{80,7}{0,785 \cdot 1008} \right] = \underline{0,98}$$

POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} = \frac{80,7}{0,942 \cdot 1008} + 0,91 \cdot \frac{7,3 \cdot 10^6}{0,937 \cdot 245 \cdot 10^3 \cdot 235} \leq 1,0$$

$$\underline{0,09 + 0,135 = 0,23 \leq 1,0}$$

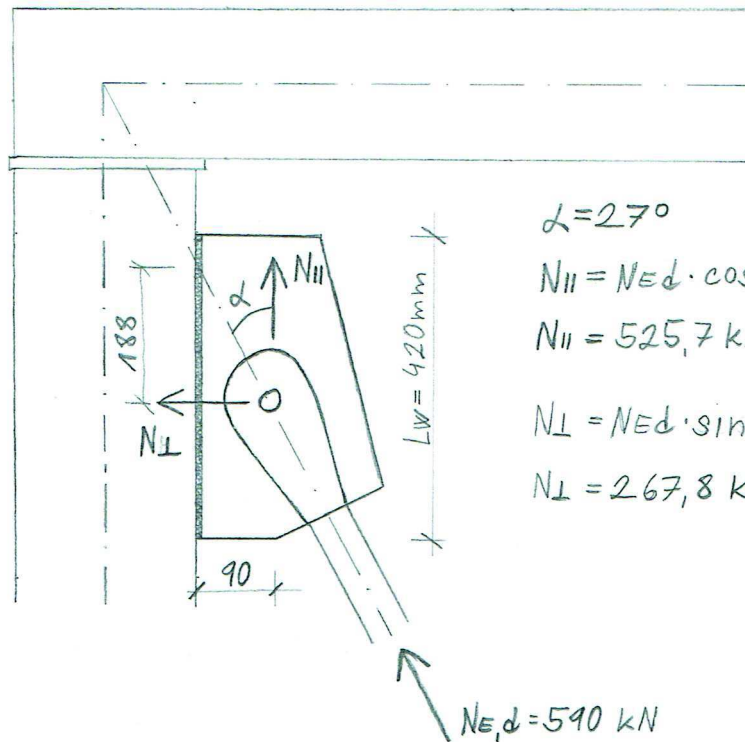
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} = \frac{80,7}{0,785 \cdot 1008} + 0,98 \cdot \frac{7,3 \cdot 10^6}{0,937 \cdot 245 \cdot 10^3 \cdot 235}$$

$$\underline{0,102 + 0,13 = 0,24 \leq 1,0}$$

STŘEDNÍ SLOUP VYHOVÍ NA TLAK S OHYBEM

5.7 POSOUZENÍ SVARU STYČNÍKOVÉHO PLECHU KE SLOUPU:

SCHEMA: STYČNÍK A



$$\alpha = 27^\circ$$

$$N_{II} = N_{Ed} \cdot \cos \alpha = 590 \cdot \cos 27$$

$$N_{II} = 525,7 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \alpha = 590 \cdot \sin 27$$

$$N_{\perp} = 267,8 \text{ kN}$$

PARAMETRY SVARU:

ÚČINNÁ ŠÍŘKA: $a \Rightarrow a_{\min} = 6 \text{ mm} < a < a_{\max} = 1,1 \cdot 17 = 18,7$

$$a = 8 \text{ mm}$$

DEĽKA SVARU: $L_w = 420 \text{ mm}$

TLOUŠŤKA PLECHU: 40 mm

SMYKOVÉ NAPĚTÍ ROVNOBĚŽNĚ S OSOU SVARU:

$$\tau_{II} = \frac{N_{II}}{2 \cdot L_w \cdot a} = \frac{525,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 420 \cdot 8} = 78,23 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{\perp} \cdot \cos 45}{2 \cdot L_w \cdot a} + \frac{N_{\perp} \cdot \cos 45 \cdot e}{2 \cdot W_w}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{267,8 \cdot \cos 45}{2 \cdot 420 \cdot 8} + \frac{267,8 \cdot \cos 45 \cdot 188}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot 420^2} = 103,86 \text{ MPa}; \tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$$

POSOUZENÍ:

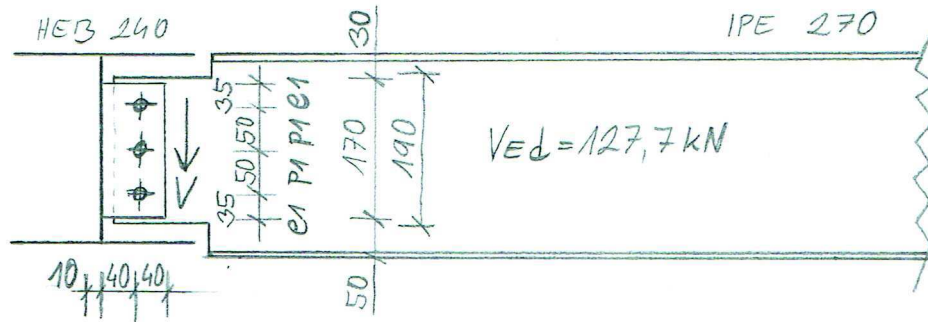
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = \sqrt{103,86^2 + 3(103,86^2 + 78,23^2)} = 248,01 \text{ MPa}$$

$$248,01 \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$\beta = 0,9$ - SOUČINITEL KORELACE

5.8 NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE STROPNÍHO NOSNÍKU KE SPODNÍMU PASU VAZNÍKU DESKOU NA STOJINĚ



ŠROUBY M 20 8.8 - NEPŘEDEPNUTE!

CELKOVÝ POČET ŠROUBŮ: $n = 3$ $n = 3$

PLOCHA ŠROUBU ÚČINNÁ V TAHU: $A_s = 245 \text{ mm}^2$

PRŮMĚR ZÁVITU: $d = 20 \text{ mm}$

PRŮMĚR OTVORU: $d_o = 22 \text{ mm}$

MEZ KLUZU: $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$

MEZ PEVNOSTI: $f_{yb} = 800 \text{ MPa}$

DESKA NA STOJINĚ: $170 \times 90 \times 10 \text{ mm}$; S 355

SVISLÁ MEZERA: $g_h = 10 \text{ mm}$

VODROVNÁ MEZERA: $g_v = 10 \text{ mm}$

MEZ KLUZU: $f_{y,p} = 355 \text{ MPa}$

MEZ PEVNOSTI: $f_{u,p} = 490 \text{ MPa}$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST VE STRÍHU JEDNOHO ŠROUBU:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{yb}}{\gamma_{Mb}} \quad ; \quad \alpha_v = 0,6 \text{ PRO ŠROUBY 8.8} \\ \gamma_{Mb} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 245 \cdot 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST V OTLAČENÍ:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot l \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

$$d = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} ; \frac{s_{ub}}{s_u} ; 1,0 \right\}$$

$$d = \min \left\{ \frac{35}{3 \cdot 22} ; \frac{50}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} ; \frac{800}{490} ; 1,0 \right\} = \left\{ 0,53 ; 0,51 ; 1,36 ; 1,0 \right\}$$

$$d = 0,51$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right\} = \left\{ 3,39 ; 2,5 \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,51 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 99,96 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST PŘÍPOJE JE Tedy:

$$V_{R,d} = n \cdot \min \{ F_{v,Rd} ; F_{b,Rd} \} = 3 \cdot 94,08 = \underline{\underline{282,24 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 127,7 \text{ kN}}}$$

POSOUZENÍ SVARU KE STOVINĚ NOSNÍKU:

VYHOVUJE

$$a = 5 \text{ mm} ; L_w = 190 \text{ mm}$$

- OBYČNÝ MOMENT VE SVARU:

$$M_{E,d} = V_{Ed} \cdot e = 127,7 \cdot (0,04 + 0,01) = 6,38 \text{ kNm}$$

- NAPĚTÍ V ROVINĚ DESKY:

$$\sigma_w = \frac{M_{E,d}}{W_{el,w}} = \frac{6,38 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot a \cdot L_w^2}{6}} = \frac{6,38 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 5 \cdot 190^2}{6}} = 106,1 \text{ MPa}$$

- ROZLOŽENÍ NAPĚTÍ DO SMĚRŮ

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{106,1}{\sqrt{2}} = 72,98 \text{ MPa}$$

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{127,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 190} = 67,21 \text{ MPa}$$

- POSOUZENÍ

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{72,98^2 + 3(72,98^2 + 67,21^2)} = 186,7 \text{ MPa}$$

$$186,7 \text{ MPa} \leq \frac{s_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,8 \cdot 1,25} = 490 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 72,98 \text{ MPa} \leq \frac{s_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

ÚNOSNOST DESKY V KRITICKÝCH ŘEZECH (VYTRŽENÍ ŠROUBŮ)

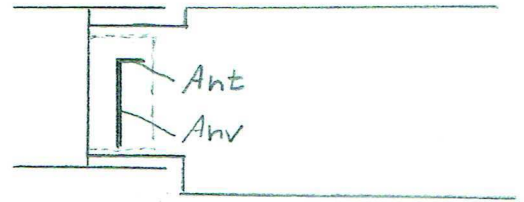
$$V_{ess,rd} = \frac{0,5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$A_{nt} = 10 \cdot \left(40 - \frac{22}{2} \right) = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 10 \cdot \left(35 + 50 - 22 - 22 \right) = 520 \text{ mm}^2$$

$$V_{ess,rd} = \frac{0,5 \cdot 240 \cdot 490}{1,25} + \frac{520 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 153,62 \text{ kN} \geq V_{ed} = 127,7 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



ÚNOSNOST STĚNY NOSNÍKU:

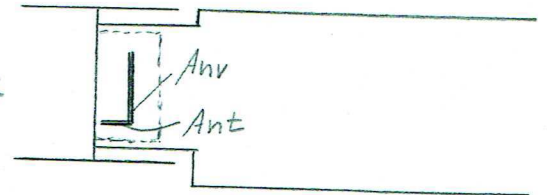
$$A_{nt} = 6,6 \cdot \left(40 - \frac{22}{2} \right) = 158,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 6,6 \cdot (35 + 50 + 20 - 22 - 22) = 475,2 \text{ mm}^2$$

$$V_{ess,rd} = \frac{0,5 \cdot 158,5 \cdot 490}{1,25} + \frac{475,2 \cdot 355}{\sqrt{3}}$$

$$V_{ess,rd} = 129,46 \text{ kN} \geq V_{ed} = 127,7 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



POSOUZENÍ OHYBOVÉ ÚNOSNOSTI: (PRŮŘEZ 3. TRÍDY)

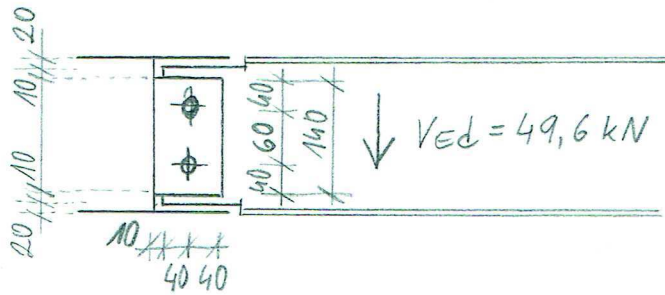
$$M_{el,rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10 \cdot 170^2}{6} \cdot \frac{355}{1,00} = 17,1 \text{ kNm} > M_{ed} = 6,38 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ STROPNICE K DOLNÍMU PASU SE 3MI ŠROUBY M20 8.8 A SVAREM a=5mm VYHOVUJE NA VŠECHNY ZPŮSOBY PORUŠENÍ

5.9

NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE STŘEŠNÍHO NOSNÍKU
K HORNÍMU PASU VAZNÍKU DESKOU NA STOJINĚ



ŠROUBY M20 8.8 ; DESKA 140 x 90 x 8 mm

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST ŠROUBU VE STRŽHU (VIZ VÝPOČET STROPU)

$$F_{v,Rd} = 99,08 \text{ kN}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST V OTLAČENÍ:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0} ; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0 \right\} = \left\{ \frac{40}{3 \cdot 22} ; \frac{60}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} ; 1,36 ; 1,0 \right\}$$

$$\alpha = \left\{ 0,6 ; 0,65 ; 1,36 ; 1,0 \right\} = 0,6$$

$$k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,6 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 8}{1,25} = 99,08$$

$$V_{Rd} = h \cdot \min \left\{ 99,08 ; 99,08 \right\} = 2 \cdot 99,08 = 198,16 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 49,6 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

OHYBOVÝ MOMENT VE SVARU:

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 49,6 \cdot 0,05 = 2,48 \text{ kNm}$$

POSOUZENÍ OHYBOVÉ ÚNOSNOSTI:

$$M_{el,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8 \cdot 140^2}{6} \cdot \frac{355}{10} = 9,27 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 2,48 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ SVARU KE STOJINĚ NOSNÍKV:

$$a = 4 \text{ mm} \quad ; \quad L_w = 140 \text{ mm}$$

- NAPĚTÍ V ROVINĚ DESKY:

$$\sigma_w = \frac{M_{E,d}}{W_{e1,w}} = \frac{2,48 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot a \cdot L_w^2}{6}} = \frac{2,48 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 4 \cdot 140^2}{6}} = 94,9 \text{ MPa}$$

- ROZLOŽENÍ NAPĚTÍ DO SMĚRŮ:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{94,9}{\sqrt{2}} = 67,21 \text{ MPa}$$

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{49,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 140} = 44,29 \text{ MPa}$$

- POSOUZENÍ:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{67,21^2 + 3 \cdot (67,21^2 + 44,29^2)} = 154,7 \text{ MPa}$$

$$154,7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,8 \cdot 1,25} = 490 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 67,21 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392 \text{ MPa}$$

SVAR VYHOVUJE

ÚNOSNOST DESKY V KRITICKÝCH ŘEZECH:

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$A_{nt} = 10 \cdot \left[40 - \frac{22}{2} \right] = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 10 \cdot \left[40 + 60 - 22 - \frac{22}{2} \right] = 670 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 240 \cdot 490}{1,25} + \frac{670 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 184,36 \text{ kN} \geq V_{E,d} = 49,6 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

ÚNOSNOST STĚNY NOSNÍKU.

$$A_{n\pm} = 5,6 \cdot \left[40 - \frac{22}{2} \right] = 162,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 5,6 \cdot \left[40 + 60 - 22 - \frac{22}{2} \right] = 375,2 \text{ mm}^2$$

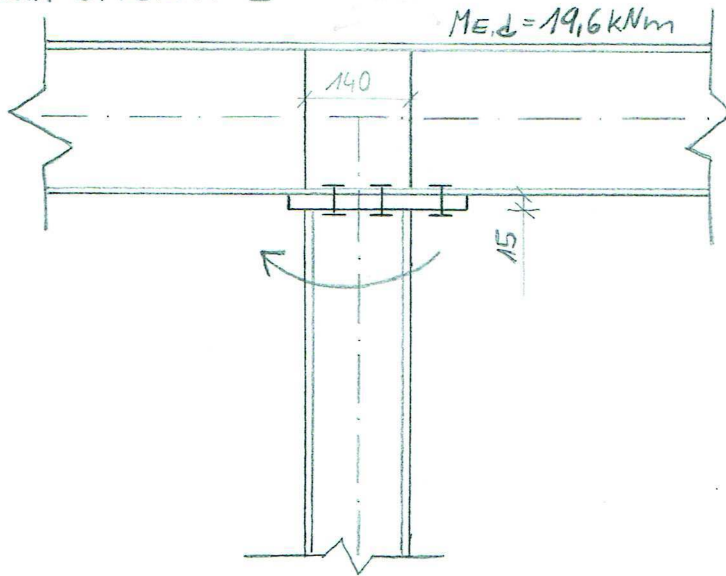
$$V_{eff,rd} = \frac{0,5 \cdot 162,4 \cdot 490}{1,25} + \frac{375,2 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 108,7 \text{ kN} \geq V_{ed} = 49,6 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

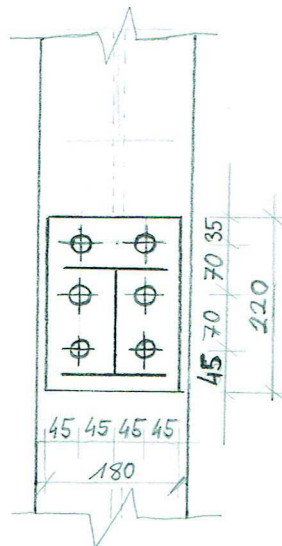
NAVŘZENÝ PŘÍPOJ STŘEŠNÍHO NOSNÍKU K HORNÍMU PASU
SE 2-MA ŠROUBY M20 8.8 A SVAREM $a = 4 \text{ mm}$
VYHOVUJE NA VŠECHNY ZPŮSOBY PORUŠENÍ

5.10 POSOUZENÍ RÁMOVÉHO ROHU:

SCHEMA: STYČNÍK B



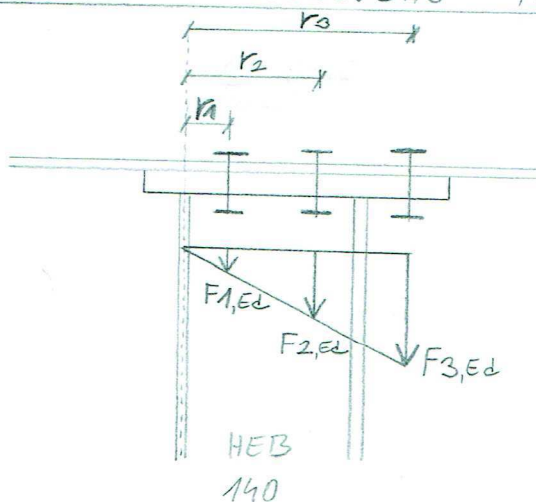
ŠROUBY M 20 8.8



POZN.

ŠROUBOVÝ PŘÍPOJ POSODÍME NA TAH; NAMAŽÁNÍ NA STRÍH A OTLAČENÍ PŘI PŘEDPOKLÁDANÉ ÚNOSNOSTI $F_{v,Rd} = 87 \text{ kN}$ JEDNOHO ŠROUBU VZHEDEM K POSOUVAJÍCÍ SÍLE $V_z = 12,1 \text{ kN}$ POVAŽUJEME ZA ZANEDBATELNÉ.

POSOUZENÍ ŠROUBOVÉHO PŘÍPOJE V TAHU



URČÍME NEJVĚTŠÍ TAHOVOU SÍLU V PRAVÉ ŘADĚ ŠROUBŮ ZA PŘEDPOKLADU PRUŽNÉHO ROZDĚLENÍ SIL VE ŠROUBECH. PRO DVA ŠROUBY V ŘADĚ:

$$M_{e,d} = 2 \cdot \sum F_i \cdot r_i$$

$$r_1 = 29 \text{ mm}; r_2 = 99 \text{ mm}; r_3 = 169 \text{ mm}$$

=> VYPLÝVA Z GEOMETRIE

$$\frac{F_{1,Ed}}{r_1} = \frac{F_{3,Ed}}{r_3} \quad ; \quad \frac{F_{2,Ed}}{r_2} = \frac{F_{3,Ed}}{r_3}$$

$$F_{1,Ed} = \frac{r_1 \cdot F_{3,Ed}}{r_3} \quad ; \quad F_{2,Ed} = \frac{r_2 \cdot F_{3,Ed}}{r_3}$$

$$M_{Ed} = 2 \cdot \sum F_i \cdot r_i = 2 \cdot (F_{1,Ed} \cdot r_1 + F_{2,Ed} \cdot r_2 + F_{3,Ed} \cdot r_3)$$

$$M_{Ed} = 2 \cdot \left(\frac{r_1^2 \cdot F_{3,Ed}}{r_3} + \frac{r_2^2 \cdot F_{3,Ed}}{r_3} + F_{3,Ed} \cdot r_3 \right)$$

$$19,6 = 2 \cdot \left(\frac{0,029^2 \cdot F_{3,Ed}}{0,169} + \frac{0,099^2 \cdot F_{3,Ed}}{0,169} + F_{3,Ed} \cdot 0,169 \right)$$

$$19,6 = 2 \cdot (0,004976 \cdot F_{3,Ed} + 0,058 F_{3,Ed} + 0,169 F_{3,Ed})$$

$$19,6 = 2 \cdot 0,232 \cdot F_{3,Ed}$$

$$F_{3,Ed} = 42,24 \text{ kN} \quad \left(\begin{array}{l} \text{TAHOVÁ SÍLA OD MOMENTU V JEDNOM} \\ \text{ŠROUBU V PRAVÉ ŘADĚ} \end{array} \right)$$

$$= F_{t,Ed}$$

NÁVRHOVÁ TAHOVÁ PEVNOST:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad ; \quad \text{KDE: } k_2 = 0,9 \text{ PRO NEZAPUŠTĚNÉ ŠROUBY}$$

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$ - MEZ PEVNOSTI

$A_s = 245 \text{ mm}^2$ - PLOCHA ŠROUBU

V ROVINĚ ZÁVITU

$\gamma_{M2} = 1,25$ PRO ŠROUBY 8.8

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 245}{1,25}$$

$$F_{t,Rd} = 141,12 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 42,24 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ SPOJ VYHOVUJE

POSOUZENÍ SPOJE V PROTLAČENÍ

POZN. BUDEME POSOUZOVAT PROTLAČENÍ HLAVY ŠROUBU NEBO MATKY ČELNÍ DESKOU NEBO PÁSNICÍ V NAŠEM PŘÍPADĚ TL. PÁSNICE = TL. DESKY
15 = 15 [mm]

=> ROZHODNÍ OBA PRVKY

$F_{t,Ed} = 42,24 \text{ kN}$ - TAHOVÁ SÍLA OD MOMENTU

NAVŘHOVÁ ÚNOSNOST V PROTLAČENÍ

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot i$$

KDE: d_m = PRŮMĚRNÝ PRŮMĚR HLAVY ŠROUBU
PRO M20: $d_m = 32,3 \text{ mm}$

$t_p = 15 \text{ mm}$ = TLOUŠŤKA (DESKY = PÁSNICE)

$f_u = 490 \text{ MPa}$ PRO OCEL S355

$\gamma_{M2} = 1,25$

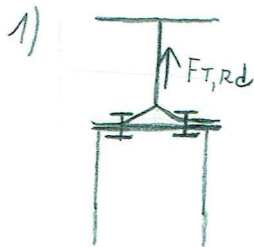
$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot 32,3 \cdot 15 \cdot \frac{490}{1,25} = 357 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 357 \text{ kN} \geq F_{t,Rd} = 42,24 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

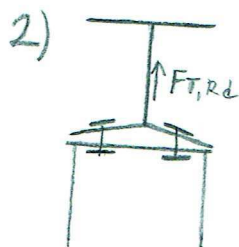
STANOVENÍ ÚNOSNOSTI NAHRADNÍHO T-PROFILU

NAVŘHOVÁ ÚNOSNOST T PROFILU SE STANOVÍ JAKO NEJMENŠÍ HODNOTA Z 3 ZPŮSOBŮ PORUŠENÍ:



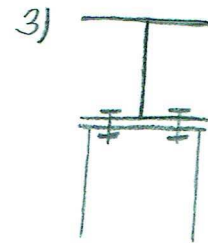
- ÚPLNÁ PLASTIFIKACE PÁSNICE

$$F_{t,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl1,Rd}}{m}$$



- PORUŠENÍ ŠROUBU S PLASTIFIKACÍ PÁSNICE

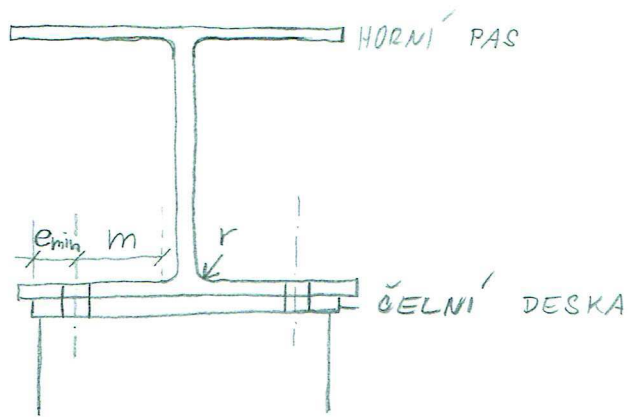
$$F_{t,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl2,Rd} + h \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$



- PORUŠENÍ ŠROUBU

$$F_{t,Rd} = \sum F_{t,Rd}$$

SCHEMA:



Z GEOMETRIE VYPLÝVÁ ŽE:

$$e_{min} = 45 \text{ mm} = e_1$$

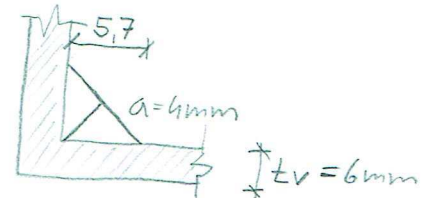
$$m = 45 - \frac{t_w}{2} - 0,8 \cdot r = 45 - \frac{9}{2} - 0,8 \cdot 18 = 26,1 \text{ mm}$$

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

VZDÁLENOST OD KRAJE SVARU VÝZTUHY KE STŘEDU ŠROUBU:

$$m_2 = 35 - \frac{t_v}{2} - 5,7 = 26,3 \text{ mm}$$

α : DLE GRAFU, OBR. 6.11. STR. 77
EN ČSN 1993-1-8



$$\lambda_1 = \frac{m}{(m+e)} = \frac{26,1}{(26,1+30)} = 0,465$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m+e)} = \frac{26,3}{(26,1+30)} = 0,469$$

$$\alpha = 6,14$$

ÚČINNÁ DĚLKA VÝZTUŽENÉ PÁSNICE SLOUPU:

$$l_{eff,1} = \min \left\{ 2 \cdot \pi \cdot m; \pi \cdot m + 2 \cdot e_1; \alpha \cdot m + 0,625 \cdot e_1 + e_1 \right\}$$

$$l_{eff,1} = \min \left\{ 2 \pi \cdot 26,1; \pi \cdot 26,1 + 2 \cdot e_1; 6,14 \cdot 26,1 + 0,625 \cdot 45 + 45 \right\}$$

$$l_{eff,1} = \min \left\{ 164 \text{ mm}; 171,9 \text{ mm}; 233,4 \text{ mm} \right\}$$

$$l_{eff,1} = 164 \text{ mm}$$

$$M_{PL,Rd,1} = 0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 164 \cdot 15^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 2,17 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,Rd,1} = \frac{4 \cdot M_{PL,Rd,1}}{m} = \frac{4 \cdot 2,17 \cdot 10^6}{26,1} = 332 \text{ kN}$$

$$h = \min(e_{\min}; 1,25 \cdot m) = \min(45; 32,6) = 32,6 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = L \cdot m + 2 \cdot m + 0,625 \cdot e_1 + e_1$$

$$l_{eff,2} = 6,14 \cdot 26,1 + 2 \cdot 26,1 + 0,625 \cdot 45 + 45$$

$$l_{eff,2} = 285 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd,2} = 0,25 \cdot \sum l_{eff,2} \cdot t_s^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 285 \cdot 15^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 3,76 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{T,Rd,2} = \frac{2 \cdot M_{pl,Rd,2} + h \cdot \sum F_{t,Rd}}{h + m} = \frac{2 \cdot 3,76 \cdot 10^6 + 32,6 \cdot (2 \cdot 141,12) \cdot 10^3}{32,6 + 26,1}$$

$$F_{T,Rd,2} = 284,8 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd,3} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 141,12 = 282,24 \text{ kN}$$

$$KDE \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 141,12 = 282,24 \text{ kN} \left(\begin{array}{l} \text{ÚNOSNOST V TAHU NEUVÍCE} \\ \text{NAMÁHANÉ ŘADY ŠROUBŮ} \end{array} \right)$$

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,1}; F_{t,Rd,2}; F_{t,Rd,3})$$

$$F_{t,Rd} = \min(332; 284,8; 282,24) \text{ [kN]}$$

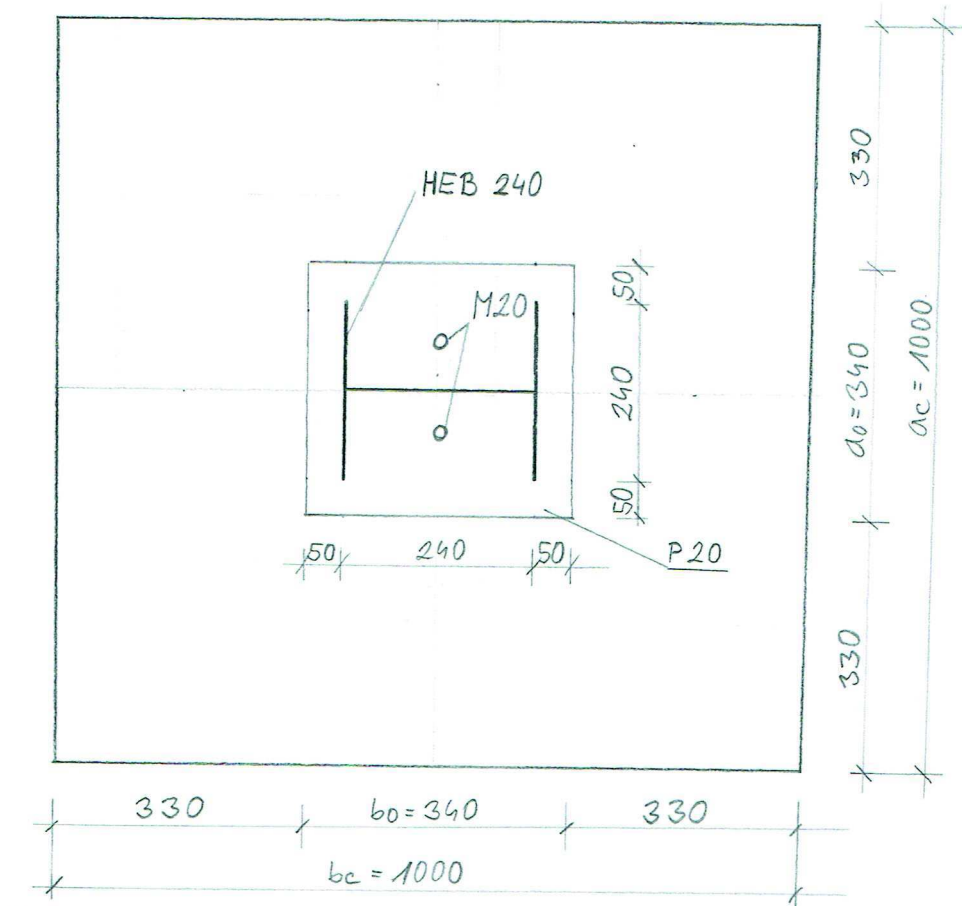
$$F_{t,Rd} = 282,24 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 2 \cdot 42,24 = 84,48 \text{ kN}$$

NÁHRADNÍ T-PROFIL VYHOVÍ

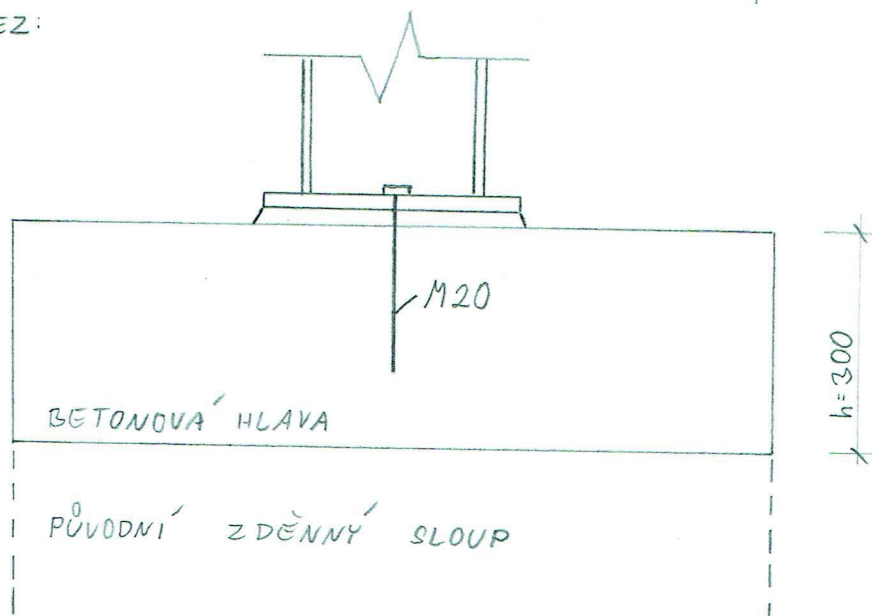
6. NÁVRH A POSOUZENÍ PATKY

POZN. - PATKA BUDE NAVRŽENA JAKO KLOUBOVÁ
 Z PATNÍHO PLECHU A S KOTEVNÍMI ŠROUBY
 2x M20. BETONOVÁ KORUNA SLOUPŮ
 MÁ ROZMĚRY $a_c = 1,0\text{m}$; $b_c = 1,0$; $h = 0,3\text{m}$

SCHEMA: PŮDORYS:



ŘEZ:



ZAPOČÍTELNÉ ROZMĚRY BETONOVÉ HLAVY

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$a_1 = \min(3 \cdot 340; 340 + 300; 1000) = 640 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 640 \text{ mm}$$

SOUČINITEL KONCENTRACE NAPĚTÍ:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{640 \cdot 640}{340 \cdot 340}}$$

$$k_j = 1,88$$

ÚČINNÁ ŠÍŘKA PATNÍ DESKY:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 20,88}}$$

$$c = 47,61 \text{ mm}$$

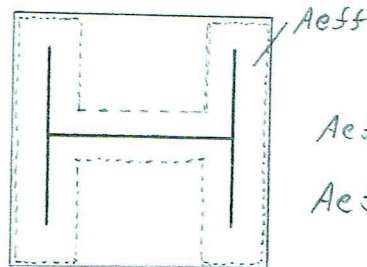
NÁVRHOVÁ PEVNOST BETONU:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1,88 \cdot 25}{1,5}; \text{ KDE } \beta_j = \frac{2}{3}$$

$$f_{ck} \text{ PRO C 25/30} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} = 20,88 \text{ MPa}$$

ÚČINNÁ PLOCHA PATNÍ DESKY:


 A_{eff} - STANOVENO SOFTWAREM

$$A_{eff} = 86\,893 \text{ mm}^2$$

ÚNOSNOST PATKY:

$$N_{R,d} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 86\,893 \cdot 20,88 \cdot 10^{-3}$$

$$N_{R,d} = 1814 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 670,5 \text{ kN}$$

PATKA VÝHOVUJE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

3. Technická zpráva

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Předmět: 134BAPC

Vedoucí práce: Prof. Ing. František Wald, CSc.

Vypracoval: David Rychnavský

Datum: Květen 2016

Obsah:

1. Účel objektu.....	2
2. Umístění objektu.....	2
3. Stávající objekt.....	2
4. Popis konstrukce.....	2
5. Konstrukční řešení.....	3
6. Zatížení.....	3
7. Střešní konstrukce.....	3
8. Stropní konstrukce.....	4
9. Podlažní nosník.....	4
10. Založení	5
11. Ochrana proti korozi.....	5
12. Požární ochrana.....	5
13. Stavební otvory.....	5
14. Montáž příhradové konstrukce podlažního nosníku.....	5
15. Pracovní postup.....	6

1. Účel objektu

Jedná se o ocelovou konstrukci nástavby na terase ve dvorním traktu budovy FAMU, která bude určena jako dvě nová výuková filmová studia pro potřebu Filmové a televizní fakulty Akademie múzických umění v Praze.

2. Umístění objektu

Objekt leží v Praze 1, ulice Klimentská 4, čp. 1205/II.

3. Stávající objekt

Dotčený objekt je původní palác URANIA. Ten byl vystavěn mezi lety 1932 - 1933 jako polyfunkční objekt se kinosálem v suterénu a restauracemi v uličním traktu 1.NP. Ocelová nástavba se nachází nad varietním sálem ve dvorním traktu. Konstrukčně je objekt řešen jako kombinace cihelných nosných konstrukcí se železobetonovými trámovými stropy. Pod řešenou terasou se nachází železobetonová deska koncipovaná jako střešní lehká. Ta je nevyhovující pro zatížení dalšího podlaží.

4. Popis konstrukce

Nástavba se nachází na terase 4.NP ve výšce + 10,750 nad terénem. Půdorysné osově rozměry budovy jsou obdélníkové 14 x 8 metru. Hlavním nosným a ztužujícím prvkem v podélném směru budou dva nosníky na výšku celého podlaží (dále jen podlažní nosníky). Ta bude osově 4 metry. V příčném směru na obou koncích bude vytvořeno výplňové zdivo z pórobetonových tvárnic YTONG. Studia od chodby odděluje přemístitelná akustická příčka. Vstup do nástavby bude umožněn dveřmi umístěnými uprostřed obou podlažních nosníků a tím bude umožněn průchod mezi oběma částmi stávající budovy. Ze vzniklé chodby se bude vstupovat do obou studií. Nad chodbou bude vytvořen obloukový světlík.

5. Konstrukční řešení

Nástavba bude navržena jako ocelová konstrukce z oceli kvalitativní třídy S235 (HEB), S355 (IPE) a S460 (Táhla). Podlažní nosníky, které jsou konstruovány na rozpětí 14 metrů, se skládají z horního a spodního pasu, dále ze svislic a diagonál. Tyto podlažní vazníky budou uloženy na ocelové nohy o délce 300 mm. Tyto nohy budou pak přenášet veškeré zatížení přes patní plech do železobetonové hlavy, s předem zabetonovanými kotevními šrouby, která bude vytvořena na zděných sloupech. Uprostřed nosníku budou vytvořeny rámové rohy, které umožní průchod nástavbou. Vodorovné nosné prvky střechy a stropu tvoří systém prostě uložených nosníků v osové vzdálenosti 2,0 m. Stropní a střešní konstrukci bude tvořit ocel-betonová spřažená deska. Tato deska tvoří podklad pro skladbu podlahy a střechy. V obou případech se betonová deska vytvoří na trapézový plech TR 55/250/0,88. Ocel-betonová deska zajišťuje vodorovné ztužení konstrukce v úrovni podlaží. Stabilitu konstrukce zajistí kotvení horního pasu nosníku ke stěně stávajícího objektu po dvou metrech pomocí příložek z IPE profilů.

6. Zatížení

Do stálého zatížení patří vlastní tíha konstrukce, dále tíha skladeb podlahy a střechy a také krajní výplňové zdivo. Mezi proměnná zatížení patří klimatická zatížení sněhem s uvažováním návějí a podélným větrem. Příčný vítr se neuvažuje vzhledem k okolní zástavbě. Dále pak užité zatížení studií, které uvažujeme jako kategorii C - shromažďovací prostory pro výuku, vědecké instituce, sály apod. $Q_k = 4 \text{ kN/m}^2$.

7. Střešní konstrukce

Nosná střešní konstrukce bude navržena jako spřažená ocel-betonová. Ve statickém výpočtu bude proveden výpočet i pro nespřaženou konstrukci, tu vzhledem k neefektivnosti a velkým průhybům nenavrhujeme. Hlavním nosným prvkem jsou ocelové válcované nosníky IPE 200 o rozpětí 8 m, které jsou připojeny k hornímu pasu vazníku deskou na stojně. Deska se přivaří ke stojně pasu koutovým svarem o účinné tloušťce 4 mm. Stojina nosníku bude připojena k desce dvěma nepředepnutými šrouby M20 8.8. Pásnice nosníku budou v místě spoje upáleny. Bednění pro betonovou desku bude provedeno z trapézového plechu TR 55/250/0,88. Úplné spřažení zajistí 32 ocelových trnů TR 22/100 v jedné řadě na délce 8 metrů, přivařených svarovým límečkem k pásnicím nosníků. Následně bude provedena betonová deska z betonu C20/25 s výztužnou kari sítí při horním povrchu s krytím 20 mm, tloušťkou 8 mm a s oky 20x20. Tloušťka desky nad vlnou je 70 mm. V místě světlíku a průduchů pro

vzduchotechniku bude provedena nosníková výměna. Nosníky budou při montáži podepřeny po 2 metrech lešenářskými stojkami HAKI.

8. Stropní konstrukce

Nosná stropní konstrukce bude navržena také jako spřažená ocel-betonová. Ve statickém výpočtu bude proveden výpočet i pro nespřaženou konstrukci, tu vzhledem k neefektivnosti a velkým průhybům nenavrhujeme. Hlavním nosným prvkem jsou ocelové válcované nosníky IPE 270 o rozpětí 8 m, které jsou připojeny k dolnímu pasu vazníku deskou na stojně. Deska se přivaří ke stojně pasu koutovým svarem o účinné tloušťce 5 mm. Stojina nosníku bude připojena k desce třemi nepředepnutými šrouby M20 8.8. Pásnice nosníku budou v místě spoje upáleny. Spodní upálení bude větší viz detail. Nosník přenáší v provozním stadiu zatížení od lešenářských stojek. Po odstranění stojek přenáší střední nosníky tíhu příčky a krajní výplňové zdivo. V obou případech je uvažováno větší zatížení od stojek, proto není do zatížení ve statickém výpočtu zahrnuto. Bednění pro betonovou desku bude provedeno z trapézového plechu TR 55/250/0,88. Částečné spřažení zajistí 32 ocelových trnů TR 22/100 v jedné řadě na délce 8mi metrů, přivařených svarovým límečkem k pásnicím nosníků. Následně bude provedena betonová deska z betonu C20/25 s výztužnou kari sítí při horním povrchu s krytím 20 mm, tloušťkou 8mm a s oky 20x20. Tloušťka desky nad vlnou je 100 mm. V místě průduchů pro vzduchotechniku bude provedena nosníková výměna. Nosníky nebudou při montáži podepřeny.

9. Podlažní nosník

Dva nosníky na výšku podlaží s vazníkovým uspořádáním prvků tvoří hlavní nosnou konstrukci nástavby. Dolní pas bude z válcovaného HEB 240 a horní pas z HEB 200. V úrovni horního pasu bude kotvení čelními deskami se šrouby ke stěně stávající budovy pomocí příložek z krátkých ocelových profilů. Krajní sloupy nosníku budou z profilu HEB 240 a k pasům budou kotveny přes čelní desku o tloušťce 15 mm, připojenou ke sloupům ovařením po obvodě konstrukčně navrženým svarem $a = 4$ mm. Pásnice spojena s čelní deskou čtyřmi konstrukčně navrženými šrouby M20 8.8. Svislice budou z HEB 140, připojené k pasům také pomocí šroubů přes čelní desku přivařenou ke svislici. Mezi středními svislicemi nebude diagonála, aby vznikl komunikační prostor, proto přípoje těchto svislic budou navrhovány jako rámové rohy. Diagonály tvoří systémová táhla MACALLOY S460 v nerez provedení o průměru táhla M48. Táhla a systémové prvky navrženy dle podkladů výrobce TENISON SYSTEMS. Táhla jsou čepem kotvena ke styčnickovému plechu z oceli S355 a tloušťky 40 mm. Plech přivařen k pásnicím

koutovým svarem po obvodě plechu o účinné tloušťce 8 mm. Nosníky budou šroubovým spojem přes čelní desku ukotveny ke konstrukčním nohám.

10. Založení

Nad každým zděným sloupem bude provedena železobetonová hlava o výšce 300 mm. Ocelové nohy z HEB 240 a výšky 300 mm budou kotveny do betonu pomocí patního plechu tl. 20 mm připojeného k nohám ovařením po obvodě koutovým svarem o účinné tloušťce $a=5\text{mm}$. Svar je navržen konstrukčně. Součástí kotvení jsou chemické kotvy do železobetonové hlavy. Podlití patky uvažujeme 30 mm.

11. Ochrana proti korozi

Všechny prvky budou opatřeny antikoročním nátěrem v souladu s platnými normami. Konstrukce bude při výrobě opatřena nejprve základním nátěrem a poté povrchovým nátěrem, který zároveň zvyšuje požární ochranu ocelových prvků.

12. Požární ochrana

Objekt tvoří jeden požární úsek. Svislé prvky ocelové konstrukce jsou chráněny požárním obkladem. Ocel-betonový stop a střecha požární odolnost dána konstrukčním řešením.

13. Stavební otvory

Stavební otvory tvoří chodbový světlík a průduchy pro vzduchotechniku. Nutno dbát na dokonalé utěsnění otvorů proti vnikání vody a vlhkosti.

14. Montáž příhradové konstrukce podlažního nosníku

Příhradové ocelové nosníky na výšku podlaží budou montovány po prvcích pomocí šroubovaných styčnicků na čelní desku. Prvky budou uloženy na své místo pomocí kolového jeřábu. Nosníky se uloží na čtyři zděné sloupy spodní stavby pomocí patních

desek a krátkých ocelových noh. Diagonály jsou ze standardizovaných tyčí zakončeny čepovým spojem a vybaveny rektifikační maticí.

15. Pracovní postup

1. Nejprve budou z terasy odstraněny všechny vrstvy původní ploché střechy. Odkrytá železobetonová střešní deska bude šetrně očištěna a bude vyspraven povrch. Součástí bude kompletní penetrační nátěr konstrukce.

2. Nad cihelnými sloupy se provede zdrsňení povrchu a vytvoří se železobetonová hlava. Horní plocha bude utažena ocelovým hladítkem.

3. Osazení patního plechu s chemickými kotvami. Provedeno podlití plechu vysoko-pevnostní betonovou stěrkou.

4. Připojení ocelových noh k patnímu plechu svarem. Nutná pečlivá průběžná kontrola roztečí noh.

5. Osazení a ukotvení prvního podlažního nosníku na nohy. Dočasnou stabilitu zajistí montážní lešení. Provede se kotvení příložkami IPE 100 k původnímu objektu.

6. Osazení a ukotvení druhého podlažního nosníku. Průběžně kontrolujeme jejich svislost a přímost.

7. Osazení podlahových ocelových nosníků IPE 270 s následným uložením trapézových plechů TR 55/250/0,88 na horní pásnici ocelových nosníků. Připevnění minerální vlny k nosníkům. Přivaření kotevních trnů TRn 22/100. Provedení betonové desky pevnostní třídy C20/25, směs měkká, tl. 100 mm s výztužnou sítí při horním povrchu.

8. Osazení střešních ocelových nosníků IPE 200. Podepření nosníků stojkami HAKI po 2 m. Následné uložení trapézových plechů TR 55/250/0,88 na horní pásnici ocelových nosníků. Přivaření kotevních trnů TRn 22/100. Provedení betonové desky pevnostní třídy C20/25, směs měkká, tl. 70 mm s výztužnou sítí při horním povrchu.

9. Vyzdění krajních výplňových zdí tvárnicemi YTONG. Po obvodě vytvořen železobetonový věnec. Vyzdění průduchů pro VZT. Osazení světlíku.

10. Osazení exteriérového tepelně-izolačního opláštění.

11. Osazení podlahových a střešních skladeb.

12. Instalace akustických předstěn.