

D1.2 Konstrukčně technické řešení

Technická zpráva a statický výpočet

Název stavby: Posouzení vodorovné nosné konstrukce střechy objektu č. 244 Havířov na zvýšení stálého zatížení fotovoltaickými panely

Místo stavby: areál letního koupaliště Jindřich, č.p. 244, Havířov

Investor: Správa sportovních a rekreačních zařízení Havířov
Těšinská 1296/2a
73601 Havířov-Podlesí
IČ: 00306754

Objednatel Správa sportovních a rekreačních zařízení Havířov
Těšinská 1296/2a
73601 Havířov-Podlesí
IČ: 00306754

Zpracovatel části: **Agel projekt s.r.o.**
Adresa: Slavíkova 6142
708 00 Ostrava-Poruba
IČ: 24686239
Vypracoval: Ing. Petr Agel, Ph.D.,
Autorizoval: Ing. Petr Agel, Ph.D. ČKAIT 1104075
Telefon: 775 634 238

Stupeň dokumentace: DSP

Datum: říjen 2021

Obsah

1. Technická zpráva	2
2. Statické posouzení.....	11
2.1 Posouzení stávajících prvků na změnu zatížení střešního pláště	11
2.2 Posouzení úpravy poškozených prvků – trám, průvlak	26
3. Závěr	28
4. Plán kontroly spolehlivosti konstrukcí (stanovení kontrol spolehlivosti konstrukcí z hlediska budoucího využití)	28

1. Technická zpráva

a) popis navrženého konstrukčního systému stavby, výsledek průzkumu stávajícího stavu nosného systému stavby

Obecně

Statické posouzení v bodě 2. řeší možnost provedení soustavy fotovoltaických panelů na objektu bývalých šaten objekt č.p. 244 v areálu letního koupaliště Jindřich.

V rámci statického posouzení byla provedena prohlídka objektu a sondáž jednotlivých nosných prvků střešní konstrukce, tak aby byly známy materiálové charakteristiky a také vyztužení jednotlivých prvků. Zkrácený popis stavu konstrukce je uveden v kapitole níže (Průzkum stavby a popis stavu).

Z konstrukčního hlediska je objektu č.p. 244 dvoupatrový nepodsklepený železobetonový skelet. Nosná konstrukce je tvořena železobetonovými příčnými rámy sestavenými z průvlaků 300x440 mm a sloupů 300x300 mm (resp. kul. R300 mm betonováno do ocelové trubky). Tyto rámy jsou rozestavěny s roztečemi 5100 mm osově. Mezi průvlaky je v podélném směru proveden systém stropních železobetonových trámů 160x240 mm s osovými vzdálenostmi 1200 mm. Trámy i průvlaky jsou zmonolitněny s betonovou skořepinou tl.: 60 mm. Dle zkoušek Schmidtovým tvrdoměrem je nezaručená pevnost betonu 20MPa. Výztuž je hladká zařazena jako typu A 10216 s mezí kluzu 200 MPa.

Stropní konstrukce byla namodelována metodou MKP jako 3D desko-prutová konstrukce s tuhými spoji. Model je ukončen sloupy 2NP.

Zatížení fotovoltaikou bylo uvažováno jako plošné 40kg/m² dle dodané dokumentace k systému PMT EVO 2.0 S dodané Ing. J. Šrámkem, Ph.D. ze společnosti ČEZ ESCO a.s. (dodavatel systému FV). Maximální bodové zatížení na mezi propíchnutí desky je 105 kg – charakteristická hodnota při ploše 50x50 mm. Vzhledem ke zvolenému systému, kdy je kontaktní zatížení rozloženo liniově, je výše uvedená hodnota pouze k upozornění na možný únosnostní limit konstrukce v případě změny systému.

Stropní konstrukce vyhovuje na zvýšené zatížení přidáním fotovoltaických panelů viz výše. Zvýšení vnitřních sil sloupů o max 12% je přijatelné a lze upustit od posouzení těchto prvků.

Jak je popsáno níže v severní části 2NP objektu č.p. 244 je vlivem dlouhodobého zatékání do střechy značně zhoršený stav dvou průvlaků a stropních trámů mezi nimi. Stav značně koroze výztuže, chybějící krycí vrstvy, a podélných trhlin výrazně znemožňuje dodatečnou opravu pomocí sanačních maltovin apod. Proto je navrženo zesílení pomocí přídavných ocelových profilů, které budou připojeny k zesilovaným prvkům.

Stropní trámy budou zesíleny pomocí dvojice válcovaných nosníků U120 připojených k nosníkům šrouby M14 á 400 mm. Nosníky budou uloženy na zesílení průvlaků 2xU180 a přivařeny. Nosníky U180 budou připojeny k průvlakům pomocí šroubů M16 á 400 mm. Po zesílení konstrukce je možné provést lokální opravy betonových prvků pomocí sanační malty např. Betosan Desofix.

Průzkum stavby a popis stavu

Průzkum byl proveden jak vizuálně, tj. prohlídkou konstrukcí, nedestruktivním měřením (Schmidtovým tvrdoměrem), dále pak byly destruktivními sondami zjištěny materiálová charakteristika konstrukcí a průřezy výztuží (případně korozní úbytky).

V místě provádění průzkumu docházelo v blíže nespecifikovaném historickém období k dlouhodobé saturaci stropní konstrukce dešťovou vodou.

Dle projevů a rozsahu vlhkostních poruch docházelo k zatékání intenzivně a dlouhodobě a došlo k tzv. zamokření konstrukce.

Vlivem zatékání docházelo k objemovým změnám výztuže a následným podélným trhlinám na spodní straně stropních trámů.

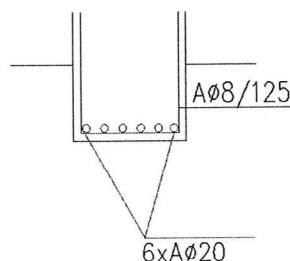
Betonová krycí vrstva výztuže byla na řadě míst uvolněná a odpadá nebo degradovaná do té míry, že při mírném poklepu došlo k odpadnutí krycí vrstvy.

Zkoumané betonové konstrukce už na prostý vryp nevykazovaly významnou soudržnost. Z vizuálního posouzení betonu v místě sond pak bylo zřejmé, že rozsah frakcí použitého štěrkového kameniva byl poměrně značný.

Kvalita betonu zjištěná měření Schmidtovým tvrdoměrem (nezaručená pevnost betonu 20MPa) pak potvrzuje zjištění vizuálními pozorováními a destruktivními metodami – jedná se o nepříliš kvalitní beton.

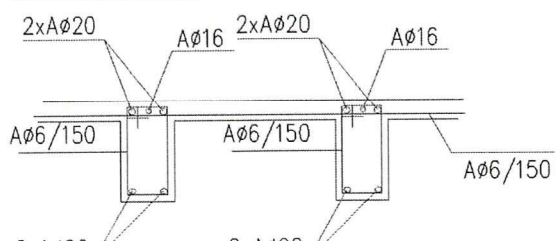
Výztuž, vystavená dlouhodobě velmi vysoké vlhkosti, v tomto prostředí korodovala až do současného stavu, kdy korozní úbytek je odhadován až na 3 mm.

U průvlastu byla zjištěna spodní výztuž 6 x A \varnothing 20, tříminky pak A \varnothing 8 / 125, předpokládána je horní výztuž 6 x A \varnothing 20.



U stropních trámů pak byla zjištěna spodní výztuž uprostřed rozpětí 2 x A \varnothing 20 po stranách kombinovaná s A \varnothing 16 uprostřed šířky trámu. Horní výztuž je předpokládána 2 x A \varnothing 20 s tím, že spodní výztuž A \varnothing 16 přechází směrem k podporám k horní části trámu. Tříminky jsou pak A \varnothing 6/150.

výztuž u podpory



výztuž uprostřed rozpětí

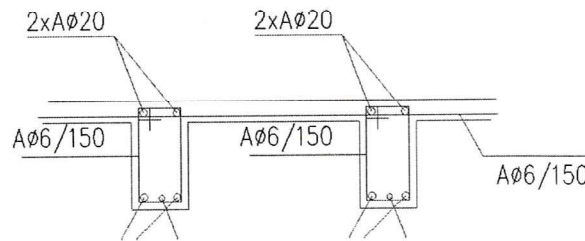




Foto 1 Stropní trámy
- krycí vrstva výztuže uvolněná/odpadlá/degradovaná



Foto 2 Stropní trám
- detailní pohled na obnaženou spodní výztuž a třmínky



Foto 3 Stropní trám
– detailní pohled na obnaženou spodní výztuž a třmínky



Foto 4 Stropní trám – detailní pohled
– výrazné korozní úbytky spodní podélné výztuže



Foto 5 Styk stropního trámu a průvlaku
– viditelné projevy vlhkostních poruch



Foto 6 Styk stropního trámu a průvlaku a napojení sloupu
– viditelné projevy vlhkostních poruch



Foto 7 Sonda ke zjištění výztuže stropního trámu



Foto 8 Sondy ke zjištění výztuže stropního trámu



Foto 9 Sonda ke zjištění průběhu praskliny na styku stropního trámu a průvlaku

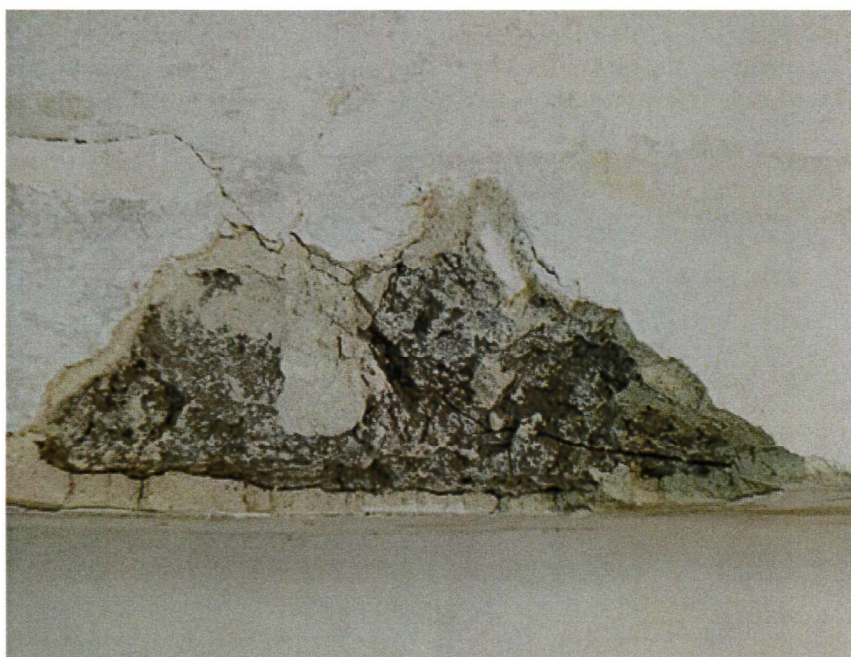


Foto 10 Sonda ke zjištění průběhu praskliny na styku stropního trámu a průvlaku - detail

b) navržené výrobky, materiály a hlavní konstrukční prvky

Beton nezaručená pevnost: C20/25
Výztuž: A 10216
Ocel – dodatečné vyztužení: S235JR

Stropní deska nad 2NP

Návrh průřezu: tl.: 60 mm, krytí 15 mm
Výztuž: V.H.O.: AØ6mm/150 mm
V.D.O. AØ6mm/150 mm

Stropní trámy:

Návrh průřezu: 160x300 mm vč. tloušťky desky, krytí 20 mm
Výztuž: V.H.O.: 2x AØ20 mm + AØ16 mm
V.H.O.: 2x AØ20 mm + AØ16 mm
V.S.: dvoustřih AØ6/200 mm

Průvlaky:

Návrh průřezu: 300x500 mm vč. tloušťky desky, krytí 25mm
Výztuž: V.H.O.: 6x AØ20 mm
V.H.O.: 6x AØ20 mm
V.S.: dvoustřih AØ8/125 mm

Vyztužení severní části 2NP:

Trámy: 2xU120
Průvlaky: 2xU180

c) hodnoty užitných, klimatických a dalších zatížení uvažovaných při návrhu nosné konstrukce

Zatížení sněhem

Oblast III $s_k = 1,5 \text{ kN.m}^{-2}$

Zatížení větrem

Oblast I $v = 22,50 \text{ m.s}^{-1}$

Střecha a podhled

Kat. H
 $q_k = 0,75 \text{ kN.m}^{-2}$

d) návrh zvláštních, neobvyklých konstrukcí, konstrukčních detailů, technologických postupů,

Nejsou navrženy.

e) technologické podmínky postupu prací, které by mohly ovlivnit stabilitu vlastní konstrukce, případně sousední stavby

Strop bude před vyztužením podepřen aby bylo dosaženo aktivace vyztužení.

Z hlediska propíchnutí desky je nutné dodržet minimální rozměry patky lokální síly.

f) zásady pro provádění bouracích a podchycovacích prací a zpevňovacích konstrukcí či prostupů

viz. f)

g) požadavky na kontrolu zakrývaných konstrukcí

Nejsou vztaženy.

h) požadavky na kontrolní zkoušky, měření a odběr vzorků

Dodavatel stavby musí certifikátem nebo prohlášením o shodě doložit, že materiál na stavbu použitý odpovídá stanoveným parametrům v bodě b). Pokud tak není schopen učinit, bude nutné provést kontrolní zkoušku materiálových vlastností dodaných výrobků dle platných ČSN

i) požadavky na jakost při provádění nad rámec předpisů

Nejsou stanoveny.

j) popis úprav nosného konstrukčního systému ve vztahu k požární bezpečnosti

Výpočtem nebyla stanovena požární odolnost.

k) seznam použitých podkladů, ČSN, technických předpisů, odborné literatury, software

- [1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1 – Zatížení stavebních konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1 – Navrhování betonových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1993-1 – Navrhování ocelových konstrukcí
- [5] Metodická pomůcka k činnosti autorizovaných osob MP1.7.1 Statika staveb
- [6] Scia engineer 19.1

i) požadavky statika na rozsah a obsah a kontrolu dokumentace pro provádění stavby, nebo dokumentaci vypracované dodavatelem stavby

Statické posouzení níže je zpracováno v rozsahu vyhlášky 499/2009 Sb. ve znění pozdějších předpisů tj. Jsou stanoveny údaje o zatížení konstrukce, materiálové řešení, statické ověření základního koncepčního řešení nosné konstrukce vč. posouzení stability konstrukce, jsou stanoveny rozměry hlavních prvků nosné konstrukce včetně jejího založení.

Pro realizační dokumentaci, je nutné provést výkresy dodatečného vyztužení severní části střešení konstrukce.

2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Střecha je kategorie H tzn. nepřístupná s výjimkou běžné údržby a půda bez využití

Kategorie H
 $q_k = 0,75 \text{ kN.m}^{-2}$
 $q_d = 1,125 \text{ kN.m}^{-2}$
 $q_{dbr} = 1,125 \text{ kN.m}^{-1}$

3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Sněhová oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
kN/m ²	0,70	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	>4,0 0

Sněhová oblast:

Haviřov
 Oblast :III

$s_k = 1,5 \text{ kN.m}^{-2}$ [www.snehova
mapa.cz](http://www.snehova.mapa.cz)

Nadmořská výška:

cca
 300m.n.m
 Hodnoty
 součinitel

ú :
 $\Psi_0 = 0,5$
 $\Psi_1 = 0,2$
 $\Psi_2 = 0$

Typ krajiny:

$C_e = 1$

Tepelný součinitel:

$C_t = 1$

s

Typ střechy:

Sníh na
 ploché
 střeše

$\mu_1 = 0,800$

Návrhové zatížení
 sněhem:

$s_{1d} =$
 $\mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$
 $s_{br} =$

$1,200$

4. ZATÍŽENÍ VĚTREM

oblast	I	II	III	IV	V
--------	---	----	-----	----	---

rychlost větru		22,5	25	27,5	30	36
----------------	--	------	----	------	----	----

Větrná oblast:

Havířov
Oblast :I

$$V_{b,0} = 22,5 \text{ m.s}^{-1}$$

Základní rychlost větru:

Pro běžné
případy:

$$C_{dir} = 1$$

$$C_{season} = 1$$

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 22,500 \text{ m.s}^{-1}$$

Referenční výška:

$$h = 7$$

$$b_{\text{rovnoběžné}} = 40$$

$$b_{\text{kolmé}} = 9$$

$$z = z_e = z_i = 7,000$$

Součinitel drsnosti:

$$0,678$$

$$z_0 = 0,3 \text{ m} \quad \text{dle kat. terenu III}$$

$$z_{\text{min}} = 5 \text{ m}$$

Součinitel ortografie:

$$C_0 = 0,215$$

$$1 \text{ pro běžné případy}$$

Charakteristická střední
rychlost větru:

$$V_m = 15,265 \text{ m.s}^{-1}$$

$$C_r \cdot C_0 \cdot V_b =$$

Intenzita turbulence:

$$0,317$$

tlak větru na metr běžný

$$0,469 \text{ kN.m}^{-1}$$

Zatěžovací stavy od větru jsou automaticky zavedeny ve výpočetním software.

c) Zatěžovací stavy

Z.S. použité v MKP modelu

Name	Description	Action type	Load group	Load type	Spec	Direction
ZS1	Vlastní tíha	Permanent	SZ1	Self weight		-Z
ZS2	Stálé zatížení	Permanent	SZ1	Standard		
ZS3	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS4	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS5	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS6	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS7	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS8	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS9	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS10	Už H	Variable	H	Static	Standard	
ZS11	Sníh	Variable	Sníh	Static	Standard	
3DVitr1	0, + CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr2	0, + CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr3	0, - CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr4	0, - CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr5	90, + CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr6	90, + CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr7	90, - CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr8	90, - CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr9	180, + CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr10	180, + CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr11	180, - CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr12	180, - CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr13	270, + CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr14	270, + CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr15	270, - CPE, + CPI	Variable	m2	Static	Static wind	
3DVitr16	270, - CPE, - CPI	Variable	m2	Static	Static wind	

d) Kombinace zatěžovacích stavů

1. MSÚ – mezní stav únosnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.9b) ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

2. MSP – mezní stav použitelnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.15b) ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

c) Posouzení

1. Stropní deska

Jméno	Sít'	Pozice [mm]	Stav	$m_{x,D+}$	$m_{y,D+}$
				[kNm/m]	[kNm/m]
S1	Prvek: 250	100805,666	MSU-Sada B/1	0,00	0,00
		206288,829		0,39	0,62
		9000,000			
S1	Prvek: 498	102963,358	MSU-Sada B/1	-0,23	-0,75
		203488,829		0,00	0,00
		9000,000			
S1	Prvek: 88	100609,512	MSU-Sada B/1	0,00	0,00
		207488,829		0,38	0,65
		9000,000			
S1	Prvek: 232	101394,127	MSU-Sada B/1	0,00	0,00
		206288,829		0,37	0,62
		9000,000			

Materiál:

Součinitel spolehlivosti materiálu:

Návrh průřezu:

Výztuž:

Beton C20/25, Výztuž 10216

$\gamma_{Ms}=1,5$; $\gamma_{Ms}=1,15$

tl.: 60 mm, krytí 15 mm

V.H.O.: A \emptyset 6mm/150 mm

V.D.O. A \emptyset 6mm/150 mm

Posouzení: MSÚ - Smyk propíchnutí – mez porušení

Beton			Ocel		
f_k	25	MPa	f_{yk}	210	MPa
f_{ctm}	2,2	MPa	f_{yd}	182,6087	MPa
f_{ctk}	1,5	MPa			
f_d	16,66667	MPa			
Geometrie			Výztuž		
c_{nom}	20	mm	\emptyset_1	6	mm
h_{desky}	60	mm	počet \emptyset_1	6,6	ks
b_x sloupu	50	mm	\emptyset_2	0	mm
b_y sloupu	50	mm	Počet \emptyset_2	0	ks
d_{desky}	37	mm	A_s	186,6106	mm ²
ρ	0,018542		F_s	34,07672	kN
Zatížení			Únosnost bez výztuže		
$V_{E,d}$	14,1	kN	k	2,00	
u_1 deska	664,9557	mm	$C_{R,d,c}$	0,12	
β	1,5		v_{min}	1,42	
$v_{E,d}$	0,86	MPa	$v_{R,d,c}$	0,86	MPa
Posouzení bez smykové výztuže					
Podmínka spolehlivosti		$v_{E,d}$ (MPa)	<	$v_{R,d,c}$ (MPa)	
		0,86	<	0,86	
Závěr:	Vyhovuje				

Maximální možná lokální síla na desce při ploše otlačení 50x50 mm je 14,1 kN (návrhová hodnota)

Posouzení: MSÚ - Ohyb kladný i záporný maximální

Beton			Ocel		
f_{ck}	20,00	MPa	f_{yk}	210,00	MPa
f_{ctm}	2,2	MPa	f_{yd}	182,61	MPa
$f_{ctk,0,005}$	1,55	MPa			
f_d	13,33	MPa			
Průřez-beton			Výztuž		
h	60,00	mm	Tažená \emptyset_1	6,00	mm
b_{eff}	1000,00	mm	počet \emptyset_1	6,66	ks
b	1000,00	mm	Tažená \emptyset_2	0,00	mm
c_{nom}	20,00	mm	Počet \emptyset_2	0,00	ks
Δc_{dev}	10,00	mm	A_s	188,31	mm ²
c_{min}	11,00	mm	F_s	34,39	kN
$c_{min b}$	11,00	mm	Třmínek	6,00	mm
c_{mindur}	10,00	mm	Tlačená \emptyset_3	0	mm
$\Delta c_{durgama}$	0,00	mm	počet \emptyset_3	2	ks
Δc_{durst}	0,00	mm	Tlačená \emptyset_4	0	mm
$\Delta c_{dur add}$	0,00	mm	Počet \emptyset_4	0	ks
Namáhání			Výpočet únosnosti		
$M_{E,d}$	0,75	kNm	d	37,00	mm
$N_{E,d}$	0	kN	A_c	2578,99	mm ²
$M_{crit,lt}$	1,37	kNm	x	3,22	mm
			$M_{R,d}$	1,23	kNm
Posudek ohyb + tah					
Podmínka spolehlivosti	$M_{E,d}$ (kNm)	<	$M_{R,d}$ (kNm)		
Posouzení	0,75	<	1,23		
Závěr					Vyhovuje!!!

Konstrukční zásady					
A_{smin} (mm ²)	101,26	<	188,31		Vyhovuje!!!
A_{smax} (mm ²)	2400,00	>	188,31		Vyhovuje!!!
ξ	0,09	<	0,45		Vyhovuje!!!
s_{max} (mm)	120,00	>	162,55		Nevyhovuje!!!
s_{min} (mm)	21,00	<	162,55		Vyhovuje!!!
l_{brqd} (mm)	118,02				

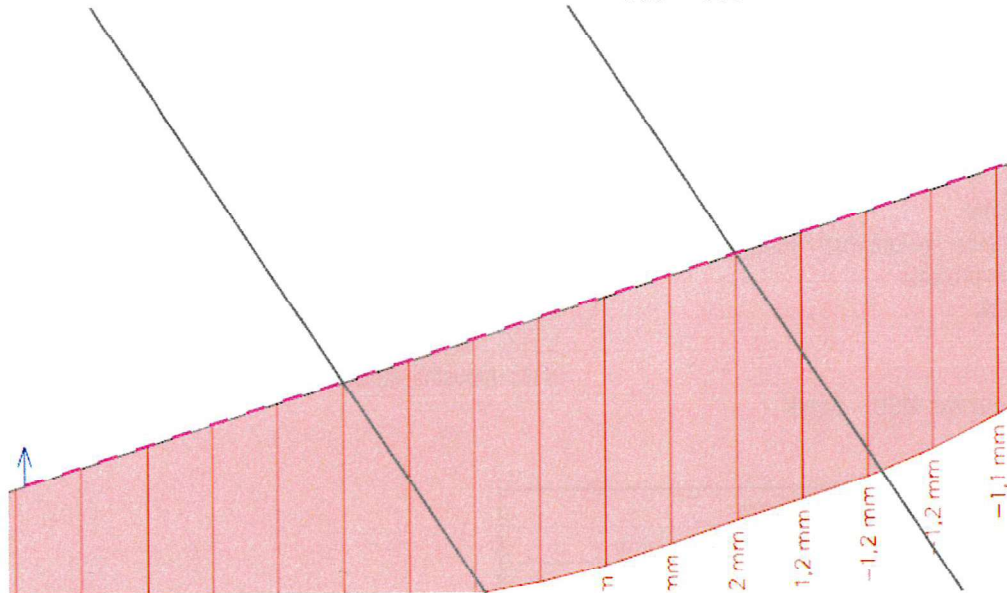
V konstrukci není dodržena zásada maximální vzdálenosti výztužných vložek

MSP - Průhyb

1. Okamžitý průhyb

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{500} = \frac{1200}{500} = 2,40mm$$



Posouzení:

$$1,2 - 1,0 = 0,2mm < 2,40mm$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

2. Průhyb s dotvarováním

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{250} = \frac{1200}{250} = 4,80mm$$

Dotvarování		
h_0	56,60	mm
t	1000,00	dny
t_0	28,00	dny
$\beta(t_0)$	0,49	
f_{cm}	28,00	MPa
$\beta(f_{cm})$	3,17	
φ_{RH}	2,30	
φ_0	3,57	
β_H	334,91	
$\beta_c(t, t_0)$	0,92	
$\varphi(t, t_0)$	3,27	

Posouzení:

$$0,2 + 0,2 \cdot 3,27 = 0,86mm < 4,80mm$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

2. Stropní trámy

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _x [kN]	V _y [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B41	0,000	MSU/1	-31,36	-8,58	22,36	-0,76	-23,01	0,40
B39	0,000	MSU/1	33,09	36,79	14,19	1,17	-10,20	-11,62
B35	0,000	MSU/1	28,38	-85,30	24,12	-8,05	-21,62	7,42
B105	5100,000	MSU/1	28,38	85,30	-24,12	8,05	-21,62	7,42
B24	5100,000	MSU/1	26,15	84,86	-27,42	8,21	-23,13	5,64
B26	5100,000	MSU/1	-17,39	-32,15	-25,32	-2,78	-23,62	-1,40
B22	2157,692-	MSU/1	22,93	0,34	0,22	0,00	18,10	0,01
B19	5100,000	MSU/1	31,41	-37,53	-16,77	-1,01	-11,79	-11,79
B19	2157,692-	MSU/1	-27,11	-2,53	-0,61	-0,66	8,93	10,04
B119	0,000	MSU/1	26,15	-84,86	27,42	-8,21	-23,13	5,64

Materiál:

Součinitel spolehlivosti materiálu:

Návrh průřezu:

Výztuž:

Beton C2025, Výztuž A

$\gamma_{Ms}=1,5$; $\gamma_{Ms}=1,15$

V.H.O.: 2x AØ20 mm + AØ16 mm

V.H.O.: 2x AØ20 mm + AØ16 mm

V.S.: dvoustřih AØ6/200 mm

Posouzení: MSÚ - Smyk

Výztuž		
Třmínek Ø	6,00	mm
počet střihů	2,00	
Rozteče	150,00	mm
cotg θ	1,70	
A _{sw}	56,55	mm ²
f _{yk}	210,00	MPa
f _{yd}	182,61	MPa
v	0,55	MPa
V _{R,d,max}	125,06	kN
V _{R,d,s}	28,44	kN

Posudek smyk			
Podmínka spolehlivosti	V _{E,d} (kN)	<	V _{R,d,s} (kN)
Posouzení	27,42	<	28,44
Závěr	Vyhovuje!!!		

Posouzení: MSÚ - Ohyb Y kladný i záporný

Beton			Ocel		
f_{ck}	20,00	MPa	f_{yk}	210,00	MPa
f_{ctm}	2,2	MPa	f_{yd}	182,61	MPa
$f_{ctk,0,005}$	1,55	MPa			
f_d	13,33	MPa			
Průřez-beton			Výztuž		
h	300,00	mm	Tažená \emptyset_1	20,00	mm
b_{eff}	160,00	mm	počet \emptyset_1	2,00	ks
b	160,00	mm	Tažená \emptyset_2	16,00	mm
c_{nom}	20,00	mm	Počet \emptyset_2	1,00	ks
ΔC_{dev}	10,00	mm	A_s	829,38	mm ²
c_{min}	25,00	mm	F_s	151,45	kN
$c_{min b}$	25,00	mm	Třmínek	6,00	mm
c_{mindur}	10,00	mm	Tlačená \emptyset_3	20	mm
$\Delta C_{durgama}$	0,00	mm	počet \emptyset_3	0	ks
ΔC_{durst}	0,00	mm	Tlačená \emptyset_4	0	mm
$\Delta C_{dur add}$	0,00	mm	Počet \emptyset_4	0	ks
Namáhání			Výpočet únosnosti		
$M_{E,d}$	23,62	kNm	d	270,00	mm
$N_{E,d}$	0	kN	A_c	11358,91	mm ²
$M_{crit,lt}$	13,38	kNm	x	88,74	mm
			$M_{R,d}$	35,52	kNm
Posudek ohyb + tah					
Podmínka spolehlivosti	$M_{E,d}$ (kNm)	<	$M_{R,d}$ (kNm)		
Posouzení	23,62	<	35,52		
Závěr					Vyhovuje!!!

Konstrukční zásady					
A_{smin} (mm ²)	118,22	<	829,38		Vyhovuje!!!
A_{smax} (mm ²)	1920,00	>	829,38		Vyhovuje!!!
ξ	0,33	<	0,45		Vyhovuje!!!
s_{max} (mm)	250,00	>	32,00		Vyhovuje!!!
s_{min} (mm)	21,00	<	32,00		Vyhovuje!!!
l_{brqd} (mm)	393,40				

Posouzení: MSÚ - Ohyb Z kladný i záporný

Beton			Ocel		
f_{ck}	20,00	MPa	f_{yk}	210,00	MPa
f_{ctm}	2,2	MPa	f_{yd}	182,61	MPa
$f_{ctk,0,005}$	1,55	MPa			
f_d	13,33	MPa			
Průřez-beton			Výztuž		
h	160,00	mm	Tažená \emptyset_1	20,00	mm
b_{eff}	300,00	mm	počet \emptyset_1	2,00	ks
b	300,00	mm	Tažená \emptyset_2	0,00	mm
c_{nom}	20,00	mm	Počet \emptyset_2	0,00	ks
Δc_{dev}	10,00	mm	A_s	628,32	mm ²
c_{min}	25,00	mm	F_s	114,74	kN
$c_{min b}$	25,00	mm	Třmínek	6,00	mm
c_{mindur}	10,00	mm	Tlačená \emptyset_3	20	mm
$\Delta c_{durgama}$	0,00	mm	počet \emptyset_3	0	ks
Δc_{durst}	0,00	mm	Tlačená \emptyset_4	0	mm
$\Delta c_{dur add}$	0,00	mm	Počet \emptyset_4	0	ks
Namáhání			Výpočet únosnosti		
$M_{E,d}$	11,79	kNm	d	130,00	mm
$N_{E,d}$	0	kN	A_c	8605,23	mm ²
$M_{crit,lt}$	4,48	kNm	x	35,86	mm
			$M_{R,d}$	13,27	kNm
Posudek ohyb + tah					
Podmínka spolehlivosti	$M_{E,d}$ (kNm)	<	$M_{R,d}$ (kNm)		
Posouzení	11,79	<	13,27		
Závěr				Vyhovuje!!!	

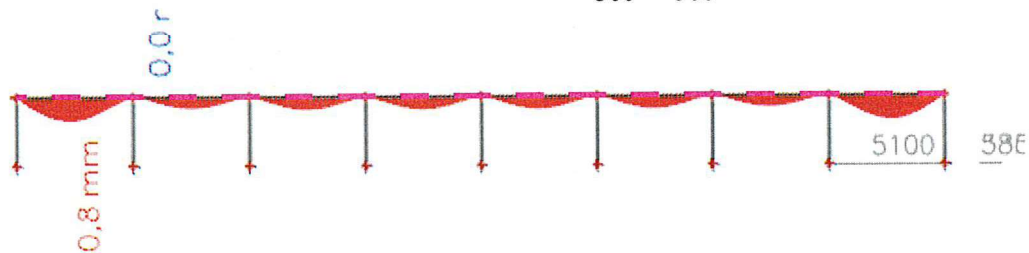
Konstrukční zásady					
A_{smin} (mm ²)	106,73	<	628,32	Vyhovuje!!!	
A_{smax} (mm ²)	1920,00	>	628,32	Vyhovuje!!!	
ξ	0,28	<	0,45	Vyhovuje!!!	
s_{max} (mm)	250,00	>	220,00	Vyhovuje!!!	
s_{min} (mm)	21,00	<	220,00	Vyhovuje!!!	
l_{brqd} (mm)	393,40				

MSP - Průhyb

1. Okamžitý průhyb

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{500} = \frac{5100}{500} = 10,2mm$$



Posouzení:

$$0,8mm < 10,20mm$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

2. Průhyb s dotvarováním

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{250} = \frac{5100}{250} = 20,40mm$$

Dotvarování		
h_0	104,35	mm
t	1000,00	dny
t_0	28,00	dny
$\beta(t_0)$	0,49	
f_{cm}	28,00	MPa
$\beta(f_{cm})$	3,17	
φ_{RH}	2,06	
φ_0	3,20	
β_H	406,54	
$\beta_c(t, t_0)$	0,90	
$\varphi(t, t_0)$	4,47	
Ohybová tuhost		
Vznik trhlin $M_{crit, it} > M_{kvasi}$	trhliny vznikají	
$E_{c, eff. li}$	3,44	MNm ²
$E_{c, eff. lir}$	3,05	MNm ²
Poměr tuhostí	0,89	

Posouzení:

$$0,8 + 0,6 \cdot 4,47 / 0,89 = 3,81mm < 20,40mm$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

3. Průvlaky

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B9	2400,000-	MSU/1	-220,63	-0,04	12,89	-0,39	42,21	0,04
B1	1200,000-	MSU/1	-53,14	-6,94	28,35	6,67	20,47	-1,83
B115	1200,000-	MSU/1	-53,14	6,94	28,35	-6,67	20,47	1,83
B6	0,000	MSU/1	163,26	0,76	107,85	-1,18	-60,11	-0,57
B115	600,000-	MSU/1	-31,69	3,37	34,33	-8,15	7,11	-0,12
B1	600,000-	MSU/1	-31,69	-3,37	34,33	8,15	7,11	0,12
B9	5300,000	MSU/1	164,15	-0,89	-139,05	1,14	-68,14	-0,55
B9	2400,000+	MSU/1	-219,42	0,47	-24,61	-0,11	42,40	-0,09
B115	0,000	MSU/1	-7,88	5,54	38,30	-7,79	-8,67	-2,38
B1	0,000	MSU/1	-7,88	-5,54	38,30	7,79	-8,67	2,38

Materiál:

Beton C2025, Výztuž A

Součinitel spolehlivosti materiálu:

$\gamma_{Ms}=1,5$; $\gamma_{Ms}=1,15$

Návrh průřezu:

300x500 mm vč. tloušťky desky, krytí 25mm

Výztuž:

V.H.O.: 6x AØ20 mm

V.H.O.: 6x AØ20 mm

V.S.: dvoustřih AØ8/125 mm

Posouzení: MSÚ - Smyk

Výztuž		
Třmínek \varnothing	8,00	mm
počet střihů	2,00	
Rozteče	125,00	mm
cotg θ	2,30	
A _{sw}	100,53	mm ²
f _{yk}	210,00	MPa
f _{yd}	182,61	MPa
v	0,55	MPa
V _{R,d,max}	337,89	kN
V _{R,d,s}	141,36	kN

Posudek smyk			
Podmínka spolehlivosti	V _{E,d} (kN)	<	V _{R,d,s} (kN)
Posouzení	139,05	<	141,36
Závěr	Vyhovuje!!!		

Posouzení: MSÚ - Ohyb Y v kombinaci s tahem kladný i záporný

Beton			Ocel		
f_{ck}	20,00	MPa	f_{yk}	210,00	MPa
f_{ctm}	2,2	MPa	f_{yd}	182,61	MPa
$f_{ctk,0,005}$	1,55	MPa			
f_d	13,33	MPa			
Průřez-beton			Výztuž		
h	500,00	mm	Tažená \emptyset_1	20,00	mm
b_{eff}	300,00	mm	počet \emptyset_1	6,00	ks
b	300,00	mm	Tažená \emptyset_2	0,00	mm
c_{nom}	25,00	mm	Počet \emptyset_2	0,00	ks
ΔC_{dev}	10,00	mm	A_s	1884,96	mm ²
c_{min}	25,00	mm	F_s	180,21	kN
$c_{min b}$	25,00	mm	Třmínek	6,00	mm
c_{mindur}	10,00	mm	Tlačená \emptyset_3	20	mm
$\Delta C_{durgama}$	0,00	mm	počet \emptyset_3	0	ks
ΔC_{durst}	0,00	mm	Tlačená \emptyset_4	0	mm
$\Delta C_{dur add}$	0,00	mm	Počet \emptyset_4	0	ks
Namáhání			Výpočet únosnosti		
$M_{E,d}$	68,14	kNm	d	465,00	mm
$N_{E,d}$	164	kN	A_c	13515,70	mm ²
$M_{crit,lt}$	51,93	kNm	x	56,32	mm
			$M_{R,d}$	79,74	kNm
Posudek ohyb + tah					
Podmínka spolehlivosti	$M_{E,d}$ (kNm)	<	$M_{R,d}$ (kNm)		
Posouzení	68,14	<	79,74		
Závěr					Vyhovuje!!!

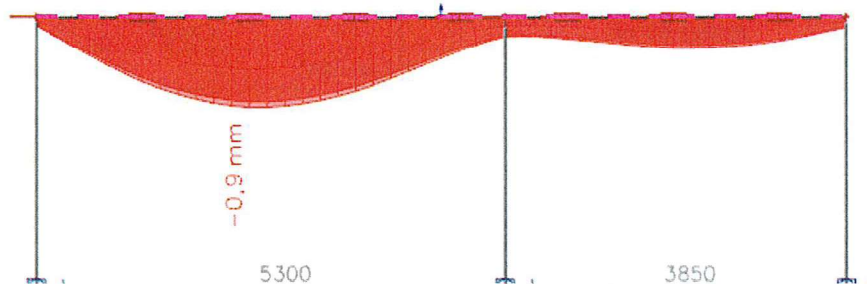
Konstrukční zásady					
A_{smin} (mm ²)	381,76	<	1884,96	Vyhovuje!!!	
A_{smax} (mm ²)	6000,00	>	1884,96	Vyhovuje!!!	
ξ	0,12	<	0,45	Vyhovuje!!!	
s_{max} (mm)	250,00	>	26,00	Vyhovuje!!!	
s_{min} (mm)	21,00	<	26,00	Vyhovuje!!!	
l_{brqd} (mm)	393,40				

MSP - Průhyb

1. Okamžitý průhyb

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{500} = \frac{5300}{500} = 10,6\text{mm}$$



Posouzení:

$$0,9\text{mm} < 10,6\text{mm}$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

2. Průhyb s dotvarováním

Dovolený průhyb:

$$w_{dov} = \frac{l}{250} = \frac{5300}{250} = 21,20\text{mm}$$

Dotvarování		
h_0	187,50	mm
t	1000,00	dny
t_0	28,00	dny
$\beta(t_0)$	0,49	
f_{cm}	28,00	MPa
$\beta(f_{cm})$	3,17	
φ_{RH}	1,88	
φ_0	2,91	
β_H	531,28	
$\beta_c(t, t_0)$	0,88	
$\varphi(t, t_0)$	2,55	
Ohybová tuhost		
Vznik trhlin	průřez bez trhlin	
$M_{crit, it} > M_{kvasi}$		
$E_{c, eff. li}$	39,83	MNm ²
$E_{c, eff. lir}$	30,62	MNm ²
Poměr tuhostí	0,77	

Posouzení:

$$0,9 + 0,7 \cdot 2,55 / 0,77 = 3,22\text{mm} < 21,20\text{mm}$$

PRŮŘEZ VYHOVUJE!

4. Sloupy

Vnitřní síly nový stav

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B8	3000,000	MSU/1	-268,77	-4,73	1,43	0,02	1,50	-5,89
B3	0,000	MSU/2	-15,83	-0,52	-0,89	0,01	1,77	0,91
B58	0,000	MSU/1	-240,75	-4,83	0,00	0,00	0,00	8,37
B4	0,000	MSU/1	-116,33	-3,53	-6,94	0,05	14,01	6,00
B114	0,000	MSU/1	-116,33	-3,53	6,94	-0,05	-14,01	6,00
B10	0,000	MSU/1	-110,38	7,18	1,20	0,01	-2,27	-15,18

Vnitřní síly stávající stav

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B8	3000,000	MSU/1	-243,85	-4,28	1,28	0,02	1,35	-5,33
B3	0,000	MSU/2	-14,12	-0,45	-0,74	0,01	1,47	0,78
B58	0,000	MSU/1	-217,85	-4,37	0,00	0,00	0,00	7,57
B4	0,000	MSU/1	-106,75	-3,21	-6,19	0,04	12,50	5,47
B114	0,000	MSU/1	-106,75	-3,21	6,19	-0,04	-12,50	5,47
B10	0,000	MSU/1	-100,21	6,48	1,08	0,01	-2,04	-13,70

Materiál:

Beton C2025, Výztuž A

Součinitel spolehlivosti materiálu:

$\gamma_{Ms}=1,5$; $\gamma_{Ms}=1,15$

Návrh průřezu:

300x300 mm

Výztuž:

Nezjištěno

Posouzení: MSÚ - Zvýšení vnitřních sil

$$\Delta N = 268,77 - 243,85 = 24,92 \text{ kN}$$

Zvýšení: 10,2%

$$\Delta V_z = 6,94 - 6,19 = 0,75 \text{ kN}$$

Zvýšení: 12,1%

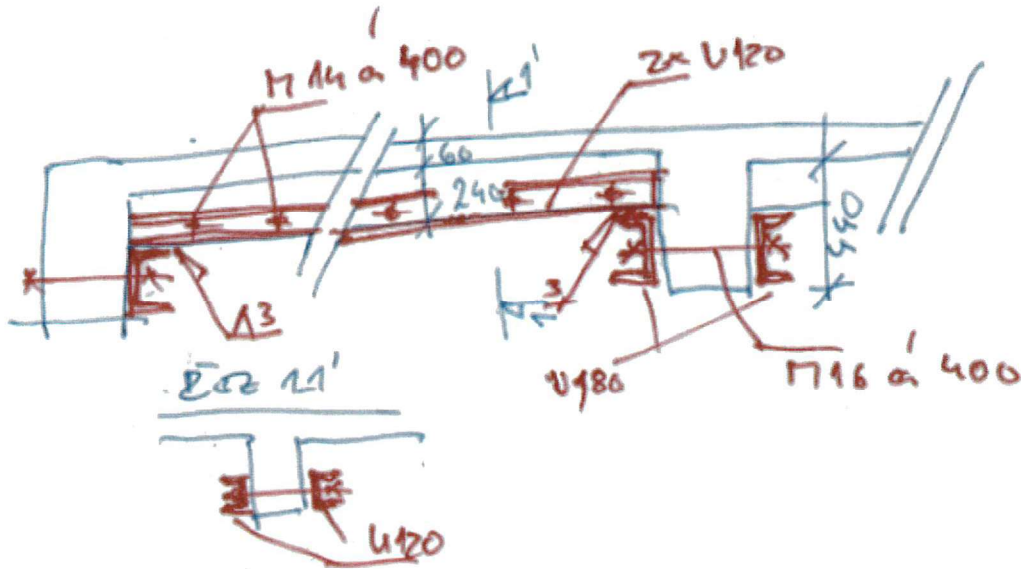
$$\Delta M = 14,01 - 12,5 = 1,51 \text{ kNm}$$

Zvýšení: 12,0%

Zvýšení vnitřních sil sloupů o max 12% je přijatelné a lze upustit od posouzení těchto prvků.

2.2 Posouzení úpravy poškozených prvků – trám, průvlak

a) Geometrie



b) Zatížení

viz 2.1 b)

c) Zatěžovací stavy

viz 2.1 c)

d) Kombinace zatěžovacích stavů

3. MSÚ – mezní stav únosnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.9b) ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

4. MSP – mezní stav použitelnosti

Kombinace je provedena dle vztahu (6.15b) ČSN EN 1990:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

c) Posouzení

1. Stropní trámy

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B41	0,000	MSU/1	-31,36	-8,58	22,36	-0,76	-23,01	0,40
B39	0,000	MSU/1	33,09	36,79	14,19	1,17	-10,20	-11,62
B35	0,000	MSU/1	28,38	-85,30	24,12	-8,05	-21,62	7,42
B105	5100,000	MSU/1	28,38	85,30	-24,12	8,05	-21,62	7,42
B24	5100,000	MSU/1	26,15	84,86	-27,42	8,21	-23,13	5,64
B26	5100,000	MSU/1	-17,39	-32,15	-25,32	-2,78	-23,62	-1,40
B22	2157,692-	MSU/1	22,93	0,34	0,22	0,00	18,10	0,01
B19	5100,000	MSU/1	31,41	-37,53	-16,77	-1,01	-11,79	-11,79
B19	2157,692-	MSU/1	-27,11	-2,53	-0,61	-0,66	8,93	10,04
B119	0,000	MSU/1	26,15	-84,86	27,42	-8,21	-23,13	5,64

Materiál: Ocel S235JR
Součinitel spolehlivosti materiálu: $\gamma_M=10$
Návrh průřezu: 2x U120
Průřezové charakteristiky: $W_y=82,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $A_v=1660 \text{ mm}^2$

d) Návrh a posouzení

Návrh	h(mm)	A_v (mm ²)	$W_{pl,y}$ (mm ³).10 ³	
Profil	U	120	1660	82,4
Počet ks	2	ks		
Pevnost oceli na mezi kluzu	235	MPa		
Únosnost				
$V_{R,d}$	450,45	kN		
$M_{R,d}$	38,73	kNm		

Posudek smyk	0,19	Vyhovuje
Posudek ohyb	0,61	Vyhovuje

2. Průvlaky

Jméno	dx [mm]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B9	2400,000-	MSU/1	-220,63	-0,04	12,89	-0,39	42,21	0,04
B1	1200,000-	MSU/1	-53,14	-6,94	28,35	6,67	20,47	-1,83
B115	1200,000-	MSU/1	-53,14	6,94	28,35	-6,67	20,47	1,83
B6	0,000	MSU/1	163,26	0,76	107,85	-1,18	-60,11	-0,57
B115	600,000-	MSU/1	-31,69	3,37	34,33	-8,15	7,11	-0,12
B1	600,000-	MSU/1	-31,69	-3,37	34,33	8,15	7,11	0,12
B9	5300,000	MSU/1	164,15	-0,89	-139,05	1,14	-68,14	-0,55
B9	2400,000+	MSU/1	-219,42	0,47	-24,61	-0,11	42,40	-0,09
B115	0,000	MSU/1	-7,88	5,54	38,30	-7,79	-8,67	-2,38
B1	0,000	MSU/1	-7,88	-5,54	38,30	7,79	-8,67	2,38

Materiál: Ocel S235JR
Součinitel spolehlivosti materiálu: $\gamma_M=10$
Návrh průřezu: 2x U180
Průřezové charakteristiky: $W_y=300 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $A_v=2880 \text{ mm}^2$

d) Návrh a posouzení

Návrh		h(mm)	A_v (mm ²)	$W_{pl,y}$ (mm ³).10 ³
Profil	U	180	2880	300
Počet ks	2	ks		
Pevnost oceli na mezi kluzu	235	MPa		
Únosnost				
$V_{R,d}$	781,50	kN		
$M_{R,d}$	141,00	kNm		
Posudek smyk	0,18	Vyhovuje		
Posudek ohyb	0,48	Vyhovuje		

V obou případech není nutné posuzovat průhyby, systém je navržen pro zajištění únosností, průhyby jsou v současném stavu již překročeny!

3. Závěr

Nosná konstrukce stavby byla navržena na základě norem řady EC (eurokódy). Jednotlivé části stavby jsou navrženy tak, aby splňovaly podmínky na mechanickou odolnost a stabilitu stavby tj. tak aby nedošlo k nečekaným porušením nebo nedovoleným přetvořením nosné konstrukce stavby.

Statický posudek je zpracován v rozsahu dokumentace pro stavební povolení, tj. dle vyhl. 62/2013 Sb. -- ověření základního koncepčního řešení nosné konstrukce; posouzení stability konstrukce; stanovení rozměrů hlavních prvků nosné konstrukce včetně jejího založení; dynamický výpočet, pokud na konstrukci působí dynamické namáhání.

4. Plán kontroly spolehlivosti konstrukcí (stanovení kontrol spolehlivosti konstrukcí z hlediska budoucího využití)

a) Prohlídka před zahájením stavby

Před zahájením stavby je nutné provést stanovení únosnosti základové půdy.

b) Kontrolní prohlídky v rámci provádění stavby

V rámci provádění stavby budou průběžně (po etapách výstavby) prováděny kontrolní prohlídky konstrukce. Tyto bude provádět stavbyvedoucí s přizváním autorského dozoru případně technického dozoru investora. Prohlídky mají zajistit, aby byla stavba a hlavně nosná konstrukce prováděna dle níže uvedených norem:

- ČSN 73 2604: Provádění a kontrola ocelových konstrukcí
- ČSN 73 2310: Provádění zděných konstrukcí
- ČSN 73 2400: Provádění a kontrola betonových konstrukcí
- ČSN 73 2810: Provádění dřevěných konstrukcí

Zápis z těchto prohlídek bude prováděn průběžně do stavebního deníku.

c) Běžné prohlídky spolehlivosti konstrukce

Normativní podklady uvedené v bodě b) také uvádějí periodicitu běžných kontrolních prohlídek stavby, jejich účel a obsah. Pokud nebude vnitřním předpisem provozovatele stanoveno jinak budou kontrolní prohlídky konstrukce prováděny dle norem uvedených v bodě b).

.....
Vypracoval: Ing. Petr Agel, Ph.D.

