

Duševní a průmyslové vlastnictví

PIS PECHAL, s.r.o.

Veškerá práva vyhrazena
Postoupení třetím osobám není dovoleno

Výškový systém: Bpv
Souřadnicový systém: S – JTSK

ZMĚNA		DATUM		PROVEDL		PODPIS					
HIP		ZODP. PROJEKTANT	VYPRACOVAL		KONTROLOVAL		PIS PECHAL, s.r.o.				
ING. JAN KRAKOVÍČ		ING. VOJTĚCH KONEČNÝ	ING. PETR NEČESAL		ING. ANTONIN PECHAL, CSc.		Projektové a inženýrské služby 602 00 BRNO, Lidická 42 tel: 731 482 865, 513 030 460, e-mail: pis@pechal.cz				
OBJEDNATEL		Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje příspěvková organizace kraje				DATUM PROSINEC 2022		KRAJ JIHMORAVSKÝ			
STAVBA		II/379 Tišnov, most 379–005						STUPEŇ PDPS		OKRES BRNO VENKOV	
								ČÍS.ZAK. P2/003/27		OBEC TIŠNOV	
ČÁST		D. DOKUMENTACE OBJEKTŮ						MĚŘÍTKO		FORMÁT A4	
OBJEKT		SO 203 – PROVIZORNÍ LÁVKA PRO PĚŠÍ						ČÍS.PŘÍLOHY		ČÍS.PARÉ	
PŘÍLOHA		STATICKÝ VÝPOČET						03			

Obsah statického výpočtu:

1	TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU.....	2
1.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	2
1.1.1	<i>Stavba.....</i>	2
1.1.2	<i>Investor, objednatel.....</i>	2
1.1.3	<i>Projektant.....</i>	2
2	VLASTNÍ STATICKÝ VÝPOČET.....	3
2.1	POUŽITÝ MATERIÁL	3
2.2	VÝPOČTOVÉ MODELY	3
2.3	ZATÍŽENÍ.....	5
2.3.1	<i>Stálé zatížení.....</i>	5
2.3.2	<i>Proměnná zatížení.....</i>	5
2.3.3	<i>Kombinace zatížení</i>	6
2.4	HĚLVNÍ NOSNÍK.....	7
2.4.1	<i>Posouzení na ohyb</i>	7
2.4.2	<i>Posouzení na smyk</i>	8
2.4.3	<i>Posouzení průhybu.....</i>	9
2.5	PŘÍČNÍK.....	9
2.6	POSOUZENÍ NA OHYB A TAH	9
2.6.1	<i>Posouzení na smyk</i>	10
2.7	TLAKY NA PODPĚRY LÁVKY	11
3	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	11

1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1.1 Stavba

Název stavby : II/379 Tišnov, most ev.č.379-005
Stavební objekt : SO 203 – Provizorní lávka pro pěší
Místo stavby : silnice II/379
Kraj : Jihomoravský
Okres : Brno - Venkov
Katastrální území : Tišnov (767379)
Charakter stavby : Rekonstrukce
Stupeň dokumentace : PDPS (Projektová dokumentace pro provedení stavby)

1.1.2 Investor, objednatel

Investor, objednatel : Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje,
příspěvková organizace kraje
Žerotínovo náměstí 449/3, Veverí, 602 00 Brno
Zástupce : Bc. Roman Hanák, ředitel

1.1.3 Projektant

Projektant : fa. PIS PECHAL, s.r.o
Lidická 42, 602 00 Brno
IČ: 02365952, DIČ: CZ02365952

Hlavní inženýr projektu (HIP): Ing. Jan Krakovič
Autorizovaný technik pro dopravní stavby, specializace
nekolejová doprava, ČKAIT 1003472
Zodpovědný projektant (ZP): Ing. Vojtěch Konečný
Autorizovaný inženýr – mosty a inženýrské konstrukce
ČKAIT 1002664

2 Vlastní statický výpočet

2.1 Použitý materiál

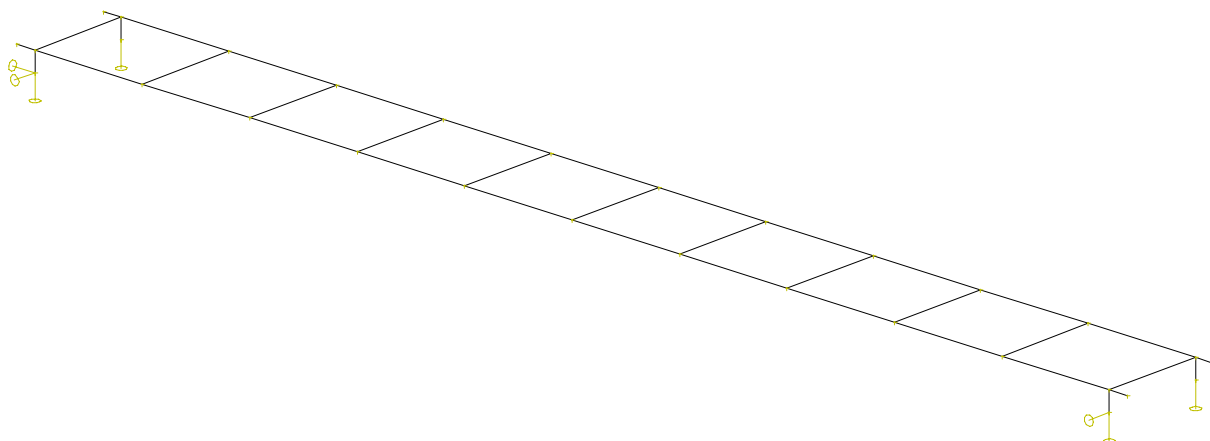
Nosná konstrukce provizorní lávky bude vyrobena z oceli S355J2. Konstrukce zábradlí může být vyrobena z oceli S235JR.

2.2 Výpočtové modely

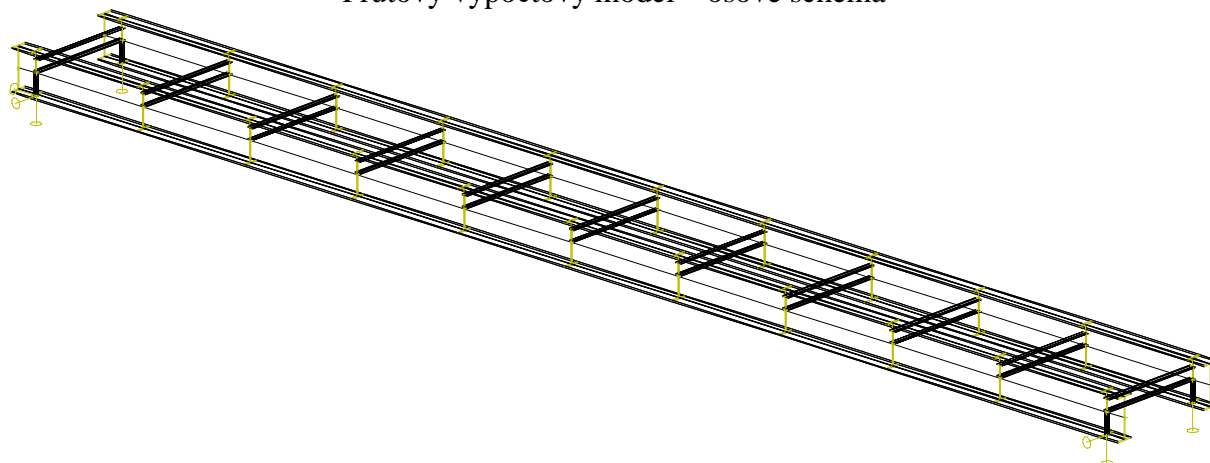
Prutový výpočtový model – základní model pro získání vnitřních sil a deformací. Jedná se o prutový model, kdy všechny prvky nosné konstrukce (HN a příčníky) jsou modelovány pruty s příslušnými excentricitami. Konstrukce je podepřena v místě trvalých podpor.

Deskostěnový výpočtový model – pomocný model pro stabilitní výpočet klopení hlavního nosníku. Všechny prvky hlavního nosníku (pásnice a stěny HN) jsou modelovány 2D makry, příčníky jsou zadány pruty. Konstrukce je podepřena v místě trvalých podpor.

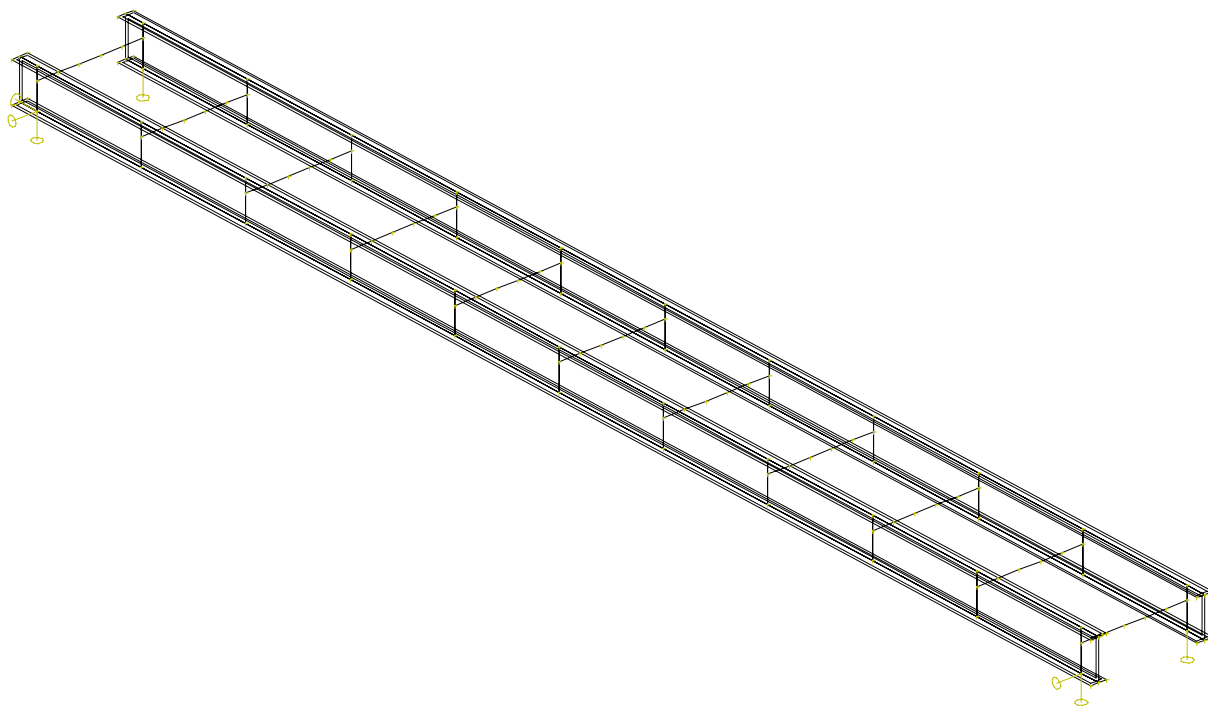
Výpočet vnitřních sil a deformací konstrukce byl proveden na počítači ve výpočtovém programu IDA- NEXIS (MKP). Výpis vstupních dat i výsledků (vnitřní síly, deformace, reakce) je k dispozici u zpracovatele posudku.



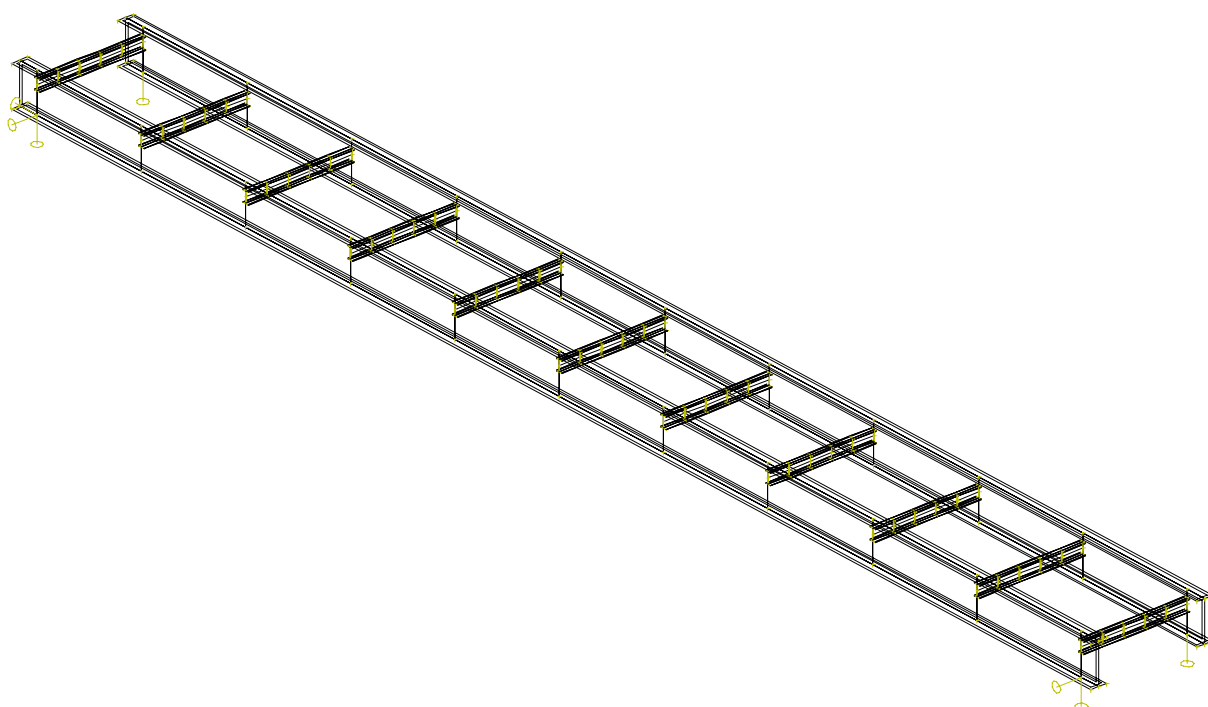
Prutový výpočtový model – osové schéma



Prutový výpočtový model – axonometrie



Deskostěnový výpočtový model – osové schéma



Deskostěnový výpočtový model – axonometrie

2.3 Zatížení

- všechny uvedené hodnoty zatížení jsou charakteristické dle soustavy ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991

2.3.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha nosné OK

- $\gamma_{G,sup} = 1,35$
- $\gamma_{G,inf} = 1,00$
- tíha nosné OK je generována přímo výpočetním programem

Vlastní dřevěné mostovky

- $\gamma_{G,sup} = 1,35$
- $\gamma_{G,inf} = 1,00$
- je uvažováno s mokřým dřevem o objemové tíze 8 kN/m^3
- fošny tl. 45 mm a trámky $100 \times 140 \text{ mm}$ á $1,5 \text{ m} \Rightarrow (1,5 \cdot 0,045 + 0,1 \cdot 0,14 \cdot 1,3/1,5) \cdot 8 = \mathbf{0,64 \text{ kN/m/kci}}$

Vlastní tíha zábradlí

- $\gamma_{G,sup} = 1,35$
- $\gamma_{G,inf} = 1,00$
- odhad vlastní tíhy zábradlí $\mathbf{0,2 \text{ kN/m/HN}}$

2.3.2 Proměnná zatížení

Rovnoměrné zatížení chodci

- $\gamma_Q = 1,35$
- souč. kombinace $\psi_0 = 0,4$
- je uvažováno rovnoměrné zatížení $\mathbf{q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2}$ (zatěžovací šířka je $1,5 \text{ m}$)

Osamělé zatížení

- $\gamma_Q = 1,35$
- souč. kombinace $\psi_0 = 0$
- je uvažováno osamělá síla $\mathbf{Q_{fwk} = 2,0 \text{ kN}}$ na roznášecí ploše $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
- jedná se o provizorní lávku $\Rightarrow \mathbf{\text{pojezd vozidel není uvažován}}$

Zatížení příčným větrem

- $\gamma_Q = 1,5$
- souč. kombinace $\psi_0 = 0,3$
- u zatížené lávky jsou příčným větrem zatěžovány boční plochy prvního trámu a pás chodců na lávce o výšce $1,5 \text{ m}$, tedy pás výšky $2,05 \text{ m}$

- je zjednodušeně uvažována stejná hodnota plošného zatížení tlakem větru jako pro přilehlý most – viz následující výpočet

Tlak větru na nosnou konstrukci mostu a pás vozidel je proveden tabulkově v programu EXCEL:

Výpočet zatížení větrem na most dle ČSN EN 1991-1-4

Výchozí základní rychlost větru	$V_{b,0}$	[m/s]	25	dle mapy větrové oblasti
Součinitel směru větru	C_{dir}	-	1	dle 4.2
Součinitel ročního období	C_{season}	-	1	dle 4.2
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	[kg/m ³]	1,25	dle 4.5 (1)
Výška NK a pásu pohyblivého zatížení	d_{tot}	[mm]	3100	dle obr. 8.3
Šířka NK	b	[mm]	15 130	dle obr. 8.3
Kategorie terénu	-	-	II	dle tab. 4.1
Referenční výška NK nad zemí	z_e	[m]	5	dle 8.3.1 (6)
Součinitel expozice (závisí na kategorii terénu a z_e)	$c_e(z_e)$	-	2	viz obr. 4.2
Poměr šířky NK k výšce NK	b/d_{tot}	-	4,88	
Součinitel sil (závisí na poměru b/d_{tot})	$C_{f,x}$	-	1,04	dle obr. 8.3 var. B
Součinitel zatížení větrem	C	-	2,07	dle 8.3.2 (1)
Zatížení od větru	w_n	[kN/m ²]	0,81	dle (8.2)

Zatížení podélným větrem

- $\gamma_Q = 1,5$
- souč. kombinace $\psi_0 = 0,3$
- uvažuje se **25 %** sil od příčného větru na lávku

Zatížení rovnoměrným oteplením (ochlazením) NK

- $\gamma_f = 1,5$
- maximální teplota vzduchu ve stínu pro místo stavby $T_{max} = 37\text{ °C}$
- minimální teplota vzduchu ve stínu pro místo stavby $T_{min} = -31\text{ °C}$
- maximální teplota NK $T_{e,max} = T_{max} + 1,5 = 37 + 16 = \mathbf{53\text{ °C}}$
- minimální teplota NK $T_{e,min} = T_{min} + 8 = -31 - 3 = \mathbf{-34\text{ °C}}$
- montážní teplota uvažována 10 °C
- charakteristické hodnoty maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty:
- zkrácení: $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10\text{ °C} - (-34\text{ °C}) = 44\text{ °C}$
- prodloužení: $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 53\text{ °C} - 10\text{ °C} = 43\text{ °C}$

2.3.3 Kombinace zatížení

V mezním stavu únosnosti byly uvažovány dvě rozhodující kombinace zatížení dle následujících vztahů:

$$(1) \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,l} Q_{k,l} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \text{ kde součinitel } \xi = 0,85$$

$$(2) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Jako rozhodující byla vybrána kombinace s větší vnitřní silou.

2.4 Hlavní nosník

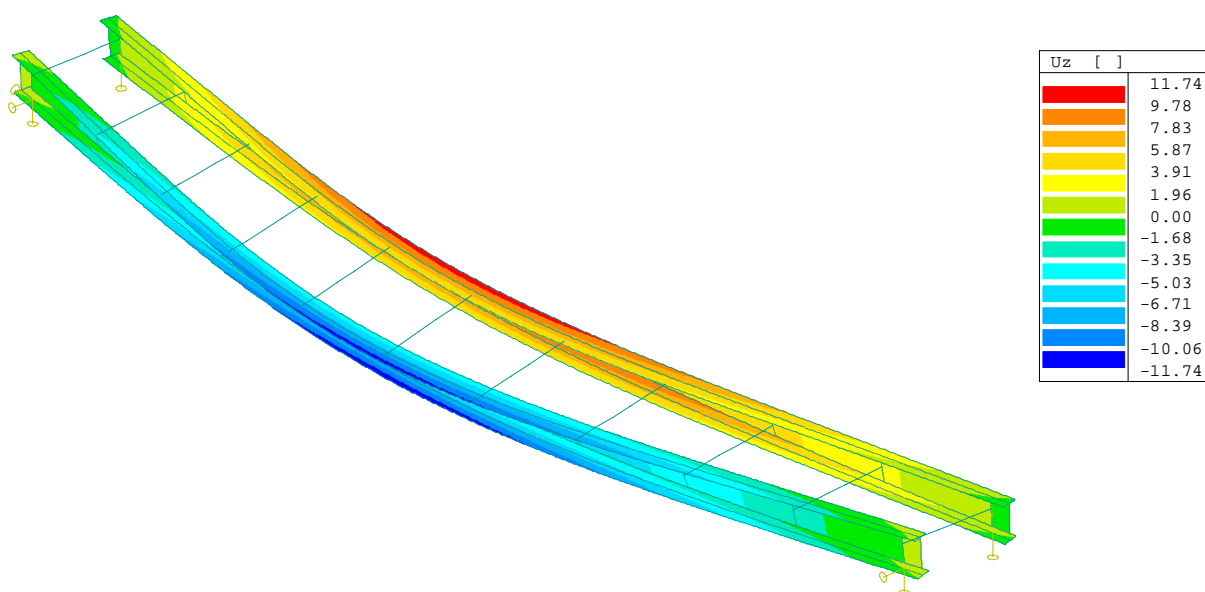
Hlavní nosník staticky působí jako prostý nosník na rozpětí 15,1 m.

2.4.1 Posouzení na ohyb

Hlavní nosníky budou namáhány na klopení. Pro stanovení vzpěrné pevnosti HP byl deskostěnový výpočtový model podroben stabilitnímu výpočtu, s cílem stanovit kritický násobek zatížení k pro první kritický tvar, který umožní vypočítat kritický ohybový moment.

První tvar ztráty stability při zatížení od stabilitní kombinací zatížení:

$k = 2,98$

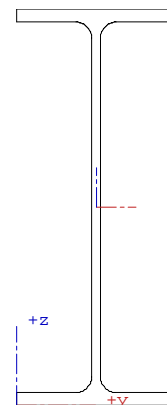


Výpočet součinitele vzpěrnosti horní pásnice je proveden tabulkově v programu EXCEL.

Návrhový ohybový moment od stabilitní komb. zatížení	M_{sLd}	[kNm]	140,6
Kritický násobek kombinace zatížení	k	-	2,98
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Součinitel materiálu	γ_{M1}	-	1,10
Průřezový modul	W_{el}	[mm ³]	1,930E+06
Součinitel tvaru vybočení	β	-	0,75
Součinitel tvaru vybočení	λ_0	-	0,4
Součinitel imperfekce	α	-	0,49
Pružný kritický moment	M_{cr}	[kNm]	419
Poměrná štíhlost	λ	-	1,28
Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti	ϕ	-	1,33
Součinitel vzpěrnosti	χ	-	0,485

Posouzení průřezu IPE 500 na klopení a vodorovný ohyb:

Návrhový svislý ohybový moment	$M_{y,d}$	[kNm]	201,3
Návrhový vodorovný ohybový moment	$M_{z,d}$	[kNm]	4,0
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Součinitel materiálu	γ_{M1}	-	1,10
Výška průřezu	h	[mm]	500
Šířka průřezu	b	[mm]	200
Moment setrvačnosti k vodorovné ose	I_y	[mm ⁴]	4,820E+08
Moment setrvačnosti ke svislé ose	I_z	[mm ⁴]	2,140E+07
Součinitel klopení	χ_{LT}	-	0,485
Průřezový modul k vodorovné ose	$W_{el,y}$	[mm ³]	1,928E+06
Průřezový modul ke svislé ose	$W_{el,z}$	[mm ³]	2,140E+05
Návrhová únosnost průřezu v klopení	$M_{b,Rd}$	[kNm]	301,8
Návrhová únosnost průřezu ve vodor. ohybu	$M_{z,Rd}$	[kNm]	69,1
Využití průřezu		[%]	72
Vyhoví průřez ?			ANO

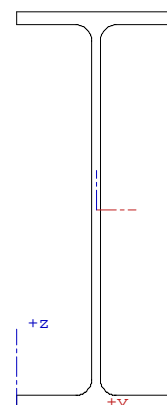


2.4.2 Posouzení na smyk

Posouzení stěny na smyk je provedeno tabulkovou formou v programu EXCEL.

Posouzení průřezu IPE 500 na smyk u podpěry:

Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	[kN]	50,0
Ocel	-	-	S355
Součinitel spolehlivosti	γ_{M0}	-	1,0
Výška stěny	h_w	[mm]	468
Tloušťka stěny	t_w	[mm]	10,2
Vzdálenost příčných výztuh	a	[mm]	1250
Tuhá koncová výztuha (nebo mezilehlá podpora spojitého nosníku?)			NE
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Součinitel kritického napětí	k_τ	-	5,901
Upravená štíhlost	λ_w	-	0,621
Součinitel příspěvků stojiny - neupravený	χ_w	-	1,337
Součinitel příspěvků stojiny	χ_w	-	1,000
Únosnost stojiny ve smyku	$V_{bw,Rd}$	[kN]	978
Využití průřezu	-	[%]	5
Vyhoví průřez ?			ANO



2.4.3 Posouzení průhybu

V následující tabulce jsou maximální hodnoty svislých deformací hlavních nosníků.

Deformace hlavních nosníků:

č.	Typ zatížení	Svislý průhyb [mm]
1	Stálé - vlastní tíha nosné OK	-6,3
2	Stálé - ostatní stálé zatížení	-3,4
3	Proměnné - zatížení chodci 5kN/m ²	-24,5
Celkový průhyb od stálého zatížení		-9,7
Celkový maximální průhyb		-34,2

S ohledem na celkové malé průhyby nebude výrobní nadvýšení realizováno.

Maximální celkový průhyb: $w = \underline{34,2 \text{ mm}} < \frac{L}{150} = \frac{15000}{150} = \underline{100,0 \text{ mm}} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$

2.5 Příčník

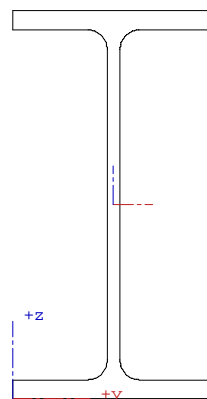
Příčník staticky působí jako prostý nosník na rozpětí 1,3 m (osová vzdálenost HN). Příčník je zároveň součástí příčného polorámu, který zajišťuje příčnou stabilitu konstrukce.

2.6 Posouzení na ohyb a tah

Posouzení je provedeno tabulkovou formou v programu EXCEL.

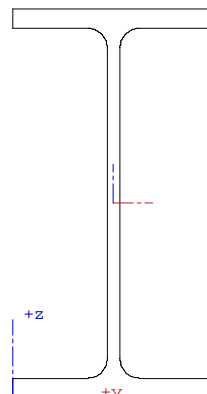
Posouzení průřezu IPE 140 na ohyb a tah – kombinace s maximálním zatížením tlakem větru:

Návrhový svislý ohybový moment	$M_{y,d}$	[kNm]	6,63
Návrhový vodorovný ohybový moment	$M_{z,d}$	[kNm]	2,95
Návrhová osová síla	$N_{x,d}$	[kN]	9,34
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Součinitel materiálu	γ_{M0}	-	1,00
Výška průřezu	h	[mm]	140
Šířka průřezu	b	[mm]	73
Moment setrvačnosti k vodorovné ose	I_y	[mm ⁴]	5,410E+06
Moment setrvačnosti ke svislé ose	I_z	[mm ⁴]	4,490E+05
Plocha průřezu	A	[mm ²]	1,640E+03
Průřezový modul k vodorovné ose	$W_{el,y}$	[mm ³]	7,729E+04
Průřezový modul ke svislé ose	$W_{el,z}$	[mm ³]	1,230E+04
Návrhová únosnost průřezu ve svislé ose	$M_{y,Rd}$	[kNm]	27,4
Návrhová únosnost průřezu ve vodor. ohybu	$M_{z,Rd}$	[kNm]	4,4
Návrhová únosnost v tahu	$N_{t,Rd}$	[kN]	582,2
Využití průřezu		[%]	93
Vyhoví průřez ?			ANO



Posouzení průřezu IPE 140 na ohyb a tah – kombinace s maximálním zatížením chodci:

Návrhový svislý ohybový moment	$M_{y,d}$	[kNm]	2,73
Návrhový vodorovný ohybový moment	$M_{z,d}$	[kNm]	1,76
Návrhová osová síla	$N_{x,d}$	[kN]	2,85
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Součinitel materiálu	γ_{M0}	-	1,00
Výška průřezu	h	[mm]	140
Šířka průřezu	b	[mm]	73
Moment setrvačnosti k vodorovné ose	I_y	[mm ⁴]	5,410E+06
Moment setrvačnosti ke svislé ose	I_z	[mm ⁴]	4,490E+05
Plocha průřezu	A	[mm ²]	1,640E+03
Průřezový modul k vodorovné ose	$W_{el,y}$	[mm ³]	7,729E+04
Průřezový modul ke svislé ose	$W_{el,z}$	[mm ³]	1,230E+04
Návrhová únosnost průřezu ve svislé ose	$M_{y,Rd}$	[kNm]	27,4
Návrhová únosnost průřezu ve vodor. ohybu	$M_{z,Rd}$	[kNm]	4,4
Návrhová únosnost v tahu	$N_{t,Rd}$	[kN]	582,2
Využití průřezu		[%]	51
Vyhoví průřez ?			ANO

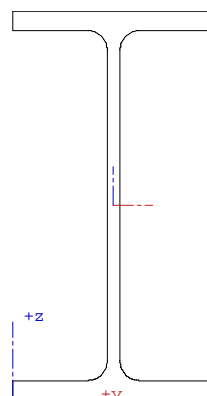


2.6.1 Posouzení na smyk

Posouzení stěny na smyk je provedeno tabulkovou formou v programu EXCEL.

Posouzení průřezu IPE 140 na smyk:

Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	[kN]	8,0
Ocel	-	-	S355
Součinitel spolehlivosti	γ_{M0}	-	1,0
Výška stěny	h_w	[mm]	126
Tloušťka stěny	t_w	[mm]	4,7
Tuhá koncová výztuha (nebo mezilehlá podpora spojitého nosníku?)			NE
Mez kluzu	f_y	[MPa]	355
Upravená štíhlost	λ_w	-	0,381
Součinitel příspěvku stojiny	χ_w	-	1,000
Únosnost stojiny ve smyku	$V_{bw,Rd}$	[kN]	121
Využití průřezu	-	[%]	7
Vyhoví průřez ?			ANO



2.7 Tlaky na podpěry lávky

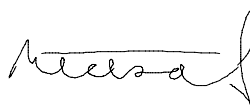
Přehled tlaků na podpěry lávky je uveden v následující tabulce. Reakce jsou vztaženy na jeden hlavní nosník.

SVISLÉ ZATÍŽENÍ - Z							Reakce pod jedním HN
č.	Typ zatížení (charakteristické hodnoty)		γ_f	ξ	Ψ	$\gamma \times \xi$	
1	STÁLÁ ZATÍŽENÍ	Vlastní tíha nosné OK	1,35	1		1,35	7,5
2		Ostatní stálé	1,35	1		1,35	4,0
3	PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ	Zatížení chodci 5kN/m ²	1,35			1,35	29,0
4		Zatížení větrem	1,5			1,5	10,0
Rz,min,k - minimální charakteristická reakce							1,5
Rz,min,d - minimální návrhová reakce							-3,5
Rz,max,k - maximální charakteristická reakce							50,5
Rz,max,d - maximální návrhová reakce							69,7

**Poznámka: tučně vytištěné hodnoty mohou být kladné i záporné
Je uvažována kombinace 6.10.**

3 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí, včetně změny A1
- [2] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí, Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [3] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-5 – Zatížení konstrukcí, Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
- [5] ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-5 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-5: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro rovinné deskostěnové konstrukce bez příčného zatížení
- [7] ČSN EN 1993-1-9 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-9: Únava
- [8] ČSN EN 1993-1-10 – Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
- [9] ČSN EN 1993-2 – Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty



Brno, prosinec 2022

Vypracoval Ing. Petr Nečesal