



SO 201

Rekonstrukce lávky

RAI PROJEKT <small>MOSTY A INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE</small> Pod Vodárnou 4746 466 05 Jablonec nad Nisou +420 734 158 363	vypracoval	ING.D. JAREŠ	investor	SM LIBEREC
	zodp. projektant	ING.R.LOUTHANOVÁ		zak. číslo 23-057
	akce : Rekonstrukce mostu LB-231 Kubelíkova, lávka přes ČD		datum	11/2023
			stupeň	DÚR, DSP, PDPS
	příloha:	Statický výpočet	měřítko	
			č. přílohy:	paré:
			D.13.	

1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Celkový obsah

1	Technická zpráva ke statickému výpočtu	1
1.1	Celkový obsah	1
1.2	Všeobecně	2
1.3	Popis konstrukce	2
1.4	Přehled použité literatury	2
1.5	Podklady pro zpracování statického výpočtu	2
1.6	Předpoklady výpočtu	2
2	Grafické přílohy ke statickému výpočtu	3
2.1	Příčný řez	3
2.2	Podélný řez	3
2.3	Půdorys	4
2.4	Geometrie konstrukce	4
2.5	Charakteristiky kompozitního panelu mostovky	5
2.6	Materiálové charakteristiky oceli	5
2.7	Zatížení	5
2.7.1	Zatížení stálá	5
2.7.2	Zatížení nahodilá	6
2.8	Návrh a posouzení mostovky	6
2.9	Návrh hlavních nosníků	6
2.10	Ložisko	8
3	Závěr	9

1.2 Všeobecně

Jedná se o rekonstrukci lávky v Liberci v Kubelíkově ulici přes železniční trať. Při rekonstrukci lávky je navrhována kompletní výměna nosné konstrukce. Spodní stavba bude vybudována prakticky celá znovu včetně pilíře.

1.3 Popis konstrukce

Model konstrukce je uvažován jako dva prosté nosníky. Nosnou konstrukci tvoří vždy 4 kusy válcovaných I profilů ve vzájemné osově vzdálenosti 0.60 m. Nad opěrami a pilířem jsou nosníky uloženy prostřednictvím ocelových čepových ložisek. Mostovku tvoří kompozitní plná deska. Na okrajích mostu je navrženo ocelové zábradlí. Teoretické rozpětí hlavních nosníků je 11,8 + 8,2 m. Hlavní nosníky jsou ztuženy příčníky IPE 140. V podélném směru je lávka ve spádu 2,0 -8.33 %.

1.4 Přehled použité literatury

- Ocelové konstrukce – Tabulky, Doc. Ing. František Wald, Csc.
- ČSN EN 1991-2 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- Statické tabulky – Bautabellen für Ingenieure – 19. Auflage

1.5 Podklady pro zpracování statického výpočtu

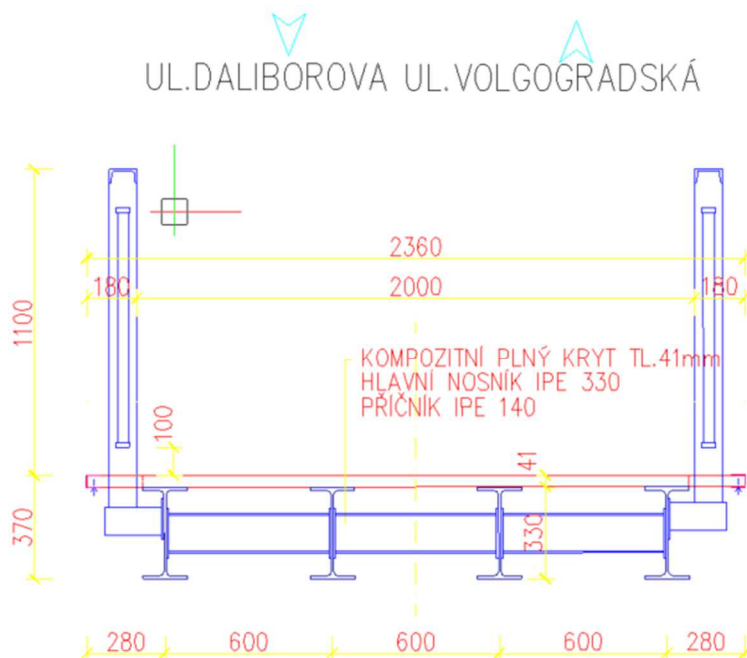
Jako podklad pro zpracování tohoto statického výpočtu byla použita rozpracovaná projektová dokumentace.

1.6 Předpoklady výpočtu

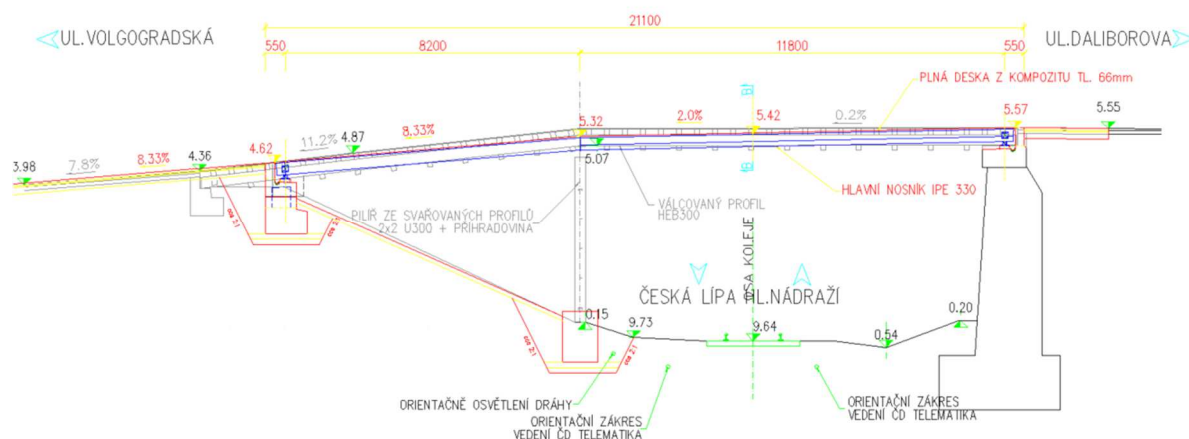
Konstrukce je posuzována pouze na účinky hlavního zatížení, vliv nerovnoměrného oteplení je na zanedbání a je zohledněn v rezervě. Dále není uvažováno se zatížením sněhem. Pro účely návrhu hlavních nosníků je uvažováno s rozpětími nosníků 11,8+8,2 m.

2 Grafické přílohy ke statickému výpočtu

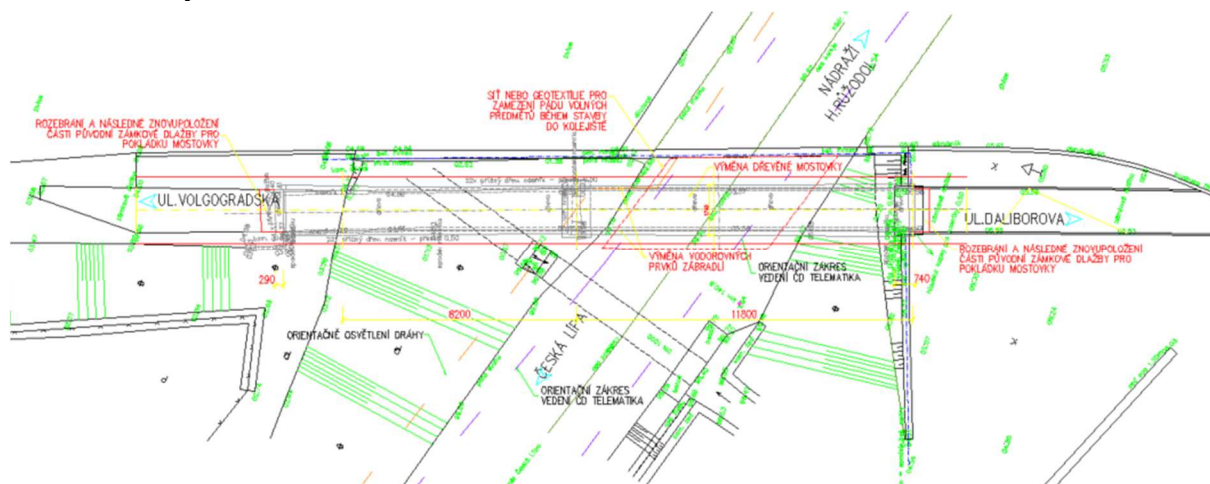
2.1 Příčný řez



2.2 Podélný řez



2.3 Půdorys



3 Vlastní výpočet

3.1 Geometrie konstrukce

Geometrie konstrukce je patrná z výše uvedených grafických příloh

3.2 Charakteristiky kompozitního panelu mostovky

Zátěžové tabulky pro kompozitní plné desky / panely

Zátěžovací hodnoty jsou stanoveny pro maximální průhyb $L/125$. Přičemž L je vzdálenost podpěr. Průhyb $L/125$ odpovídá hodnotě 0,75% vzdálenosti rozponu. Bezpečnostní faktor znamená násobek zatížení, při kterém může docházet k trvalé deformaci. Použijte se pro zachování tuhosti konstrukce s ohledem na pružnost a stárnutí materiálu.

GRP - plný kryt RONN P 50 výška 53 mm



vzdálenost podpěr	bodové zatížení	bezpeč.faktor	plošné zatížení	bezpeč.faktor
mm	kg		kg/m ²	
500	1210	2	908	3
800	1050	3	3130	4
1000	858	4	1738	5
1200	685	5	980	7
1300	360	6	815	8
1400	299	7	622	9
1500	183	8	475	10



GRP - plný kryt RONN P 38 výška 41 mm

vzdálenost podpěr	bodové zatížení	bezpeč.faktor	plošné zatížení	bezpeč.faktor
mm	kg		kg/m ²	
300	1674	2	17267	3
450	1170	3	7808	4
600	833	4	3248	5
750	601	5	1615	7
900	495	6	987	8
1000	364	7	695	9
1200	317	8	448	10



GRP - plný kryt RONN P 30 výška 33 mm

vzdálenost podpěr	bodové zatížení	bezpeč.faktor	plošné zatížení	bezpeč.faktor
mm	kg		kg/m ²	
300	983	2	12983	3
450	634	3	3834	4
600	492	4	1615	5
750	346	5	992	7
900	234	6	489	8
1000	202	7	405	9
1200	157	8	236	10

3.3 Materiálové charakteristiky oceli

Pro konstrukce je předpokládána ocel třídy S235 J2.

3.4 Zatížení

3.4.1 Zatížení stálá

Stálá zatížení jsou při výpočtu uvažována dle geometrii a objemové tíže použitého materiálu. Zatížení zábradlím je uvažováno hodnotou 1.0 kN.m^{-1} . Prvky ztužení a ostatních konstrukcí jsou uvažovány hodnotou 0.5 kN.m^{-2} . Mostovka je uvažována hodnotou 0.5 kN.m^{-2} .

3.4.2 Zatížení nahodilá

Nahodilé zatížení je uvažováno dle EC hodnotou 5 kN.m^{-2} . Pro ověření únosnosti mostovky je uvažováno bodové zatížení 2 kN. Dynamický součinitel se u lávek neuvažuje.

3.5 Návrh a posouzení mostovky

Na mostovku je uvažován kompozitní panel. Dle propozic výrobce pro vzdálenost hlavních nosníků 0.60 m vyhoví jak pro plošné zatížení 5 kN.m^{-2} , tak i pro bodové zatížení 2 kN.

3.6 Návrh hlavních nosníků

Hlavní nosníky jsou tvořeny válcovanými profily. Předpokládaný profil hlavních nosníků je IPE 330. Jedná se o spojitý nosník o dvou polích. Nosníky jsou uloženy na ocelová čepová ložiska. Teoretické rozpětí je uvažováno hodnotou 8.2+11.8 m. Vzdálenost hlavních nosníků je 0.60 m. Pro návrh hlavních nosníků uvažuji stálé zatížení roznesené rovnoměrně na všechny čtyři nosníky. To je zajištěno příčným ztužením. Zatížení jsou spočtena vždy pro jeden nosník. Zatížení příčníky je zohledněno v zatížení mostovky.

Mostovka – kompozit vč. upevnění ztužení atd. $(0.50+0.50) \text{ kN.m}^{-2}$

$$f_k = (0.50+0.50) \cdot 0.60 = 0.60 \text{ kNm}^{-1} \quad \gamma_f = 1.35 \quad f_d = 0.81 \text{ kNm}^{-1}$$

Zábradlí – předpoklad max $1/4 \text{ kNm}^{-1}$ na jeden hlavní nosník

$$f_k = 0.25 \text{ kNm}^{-1} \quad \gamma_f = 1.35 \quad f_d = 0.34 \text{ kNm}^{-1}$$

Hlavní nosník – IPE 330

$$f_k = 0.49 \text{ kNm}^{-1} \quad \gamma_f = 1.35 \quad f_d = 0.66 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Stálá dohromady} \quad 1.34 \text{ kNm}^{-1} \quad 1.81 \text{ kNm}^{-1}$$

Moment – spočteno pomocí Bautabellen für Ingenieure

$$l_1 = 8.2 \text{ m} \quad l_2 = 11.8 \text{ m} \quad l_1 : l_2 = 1 : 1.44$$

Maximální moment ve druhém poli

$$M_{2d} = 0.165 \cdot 1.81 \cdot 8.2^2 + 0.190 \cdot (0.6 \cdot 5.0 \cdot 1.35) \cdot 8.2^2 = 20.1 + 51.7 = 71.8 \text{ kNm}$$

Maximální moment na střední podpěrou

$$M_{2d} = 0.205 \cdot (1.81 + 0.6 \cdot 5.0 \cdot 1.35) \cdot 8.2^2 = 80.8 \text{ kNm} \quad \text{rozhoduje}$$

Maximální smyková síla

$$V_{1d} = 0.705 \cdot (1.81 + 0.6 \cdot 5.0 \cdot 1.35) \cdot 8.2 = 33.9 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = 0.869 \cdot (1.81 + 0.6 \cdot 5.0 \cdot 1.35) \cdot 8.2 = 41.8 \text{ kN}$$

Reakce na podpěru od jednoho nosníku

$$33.9 + 41.8 = 75.7 \text{ kN}$$

Návrhový moment

$$M_{sd} = 80.8 \text{ kNm}$$

$$W_{IPE330}=0.000713 \text{ m}^3$$

Posouzení na ohyb

$$\sigma_d = M_{sd} / W_y = 80.8 / 0.000713 = 113.3 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 / 1.15 = 204 \text{ MPa} \quad \textbf{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk

Maximální smyková síla

$$V_{qd} = 41.8 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = (A_{vz} * f_y) / (\gamma_m * 1.732) = (0.003081 * 235000) / (1.15 * 1.732) = 363.51 \text{ kN} > V_{qd} = 41.8 \text{ kN} \quad \textbf{vyhovuje}$$

Průhyb

Průhyb je spočten na modelu jednostranně vetknutého nosníku o rozpětí 11.8 m. Průhyb je spočten pomocí internetového výpočtáře e-konstrukter.cz .

Zatížení

$$1.34 + 5.0 * 0.6 = 4.34 \text{ kNm}^{-1}$$

$$w = 18.4 \text{ mm} < 11800 / 300 = 39.3 \text{ mm} \quad \textbf{vyhovuje}$$

3.7 Návrh montážního styku hlavních nosníků

Z hlediska montáže a provádění protikorozi ochrany je nutné rozdělit hlavní nosník na tři montážní díly. Délka jednotlivých dílů bude 6.00 + 5.00 + 9.48 m. Spoje jsou navrženy jako běžné pro standardní velikost otvoru. Spoj je navržen tak, aby nebyl slabým místem konstrukce. Pro materiál šroubů budou užity šrouby min tř 8.8. Rozměr použitých šroubů je M20. Umístění otvorů pro šrouby se řídí roztečnými čarami pro jednotlivé ocelové profily.

Profil IPE 330

$$b=160 \text{ mm}, t_f=11.5 \text{ mm}, d=271 \text{ mm}, t_w=7.5 \text{ mm}$$

Styk stojiny – 2x příložka t=10 mm

$$\text{Plocha stojiny } 3081 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plocha příložek } 2 * 10 * 250 = 5000 \text{ mm}^2 \quad \textbf{vyhovuje}$$

$$\text{Smyková únosnost stojiny } 363.51 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v jednom stříhu M20 8.8 je 94.1 kN v závitu.

V jednom spoji jsou 4 šrouby, každý se dvěma stříhy.

$$F_{v,Rd} = 2 * 4 * 94.1 = 752.8 \text{ kN} > 363.51 \text{ kN} \quad \textbf{vyhovuje}$$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení pro ocel S235 pro tloušťku 10 mm při doporučených roztečích je 133.1 kN

tloušťka stojiny je 7.5 mm, tloušťka příložek je 2x10 mm – rozhoduje 7.5 mm

$$0.75 * 4 * 133.1 = 399.3 \text{ kN} > 363.51 \text{ kN} \quad \textbf{vyhovuje}$$

Styk pásnic – 1x t=12/160 mm

$$\text{Plocha pásnice } 11.5 * 160 = 1840 \text{ mm}^2$$

$$\text{Plocha příložek } 12 * 160 = 1920 \text{ mm}^2 \quad \textbf{vyhovuje}$$

$$\text{Únosnost pásnice v tahu/tlaku } 160 * 11.5 * (235 / 1.15) = 376.0 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v jednom stříhu M20 8.8 je 94.1 kN v závitu.

V jednom spoji je 8 šroubů, každý s jedním stříhem.

$$F_{v,Rd}=1*8*94.1=752.8 \text{ kN} > 376.0 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení pro ocel S235 pro tloušťku 10 mm při doporučených roztečích je 133.1 kN

tloušťka pásnice je 11.5 mm, tloušťka přílohy je 12mm – rozhoduje 11.5 mm

$$1.15*8*133.1=1224.5 \text{ kN} > 376.0 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

3.8 Pilíř

Střední pilíř je proveden z dvojice ocelových profilů HEB 240. Profil je otočen tužší osou proti vybočení z roviny pilíře. V rovině pilíře je provedeno zavětrování z ocelových I profilů. Výška pilíře je 5 m. Vzpěrná délka pro vybočení v rovině pilíře je s ohledem na zavětrování uvažována 1/4 výšky pilíře. Ve směru vybočení z roviny pilíře je uvažováno se vzpěrnou délkou 5 m.

Vzpěrné délky:

$$L_z=5000/4=1250 \text{ mm}$$

$$L_y=5000 \text{ mm}$$

Štíhlosti:

$$\lambda_z= L_z/ i_z=1250/60.8=20.6$$

$$\lambda_y= L_y/ i_y=5000/103=48.6 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1=93.9$$

$$\lambda_y=0.51 \rightarrow \chi= 0.88 \quad \text{křivka b}$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd}= (\chi*\beta_A*A*f_y) / \gamma_{M1} = 0.88*1*10600*235) / 1.15 = 1906 \text{ kN}$$

S ohledem na velikost reakce (posouvající síly) od jednoho nosníku (75.7 kN), zjednodušeně spočteno jako $4*75.7=302.8 \text{ kN}$ je zřejmá dostatečná rezerva sloup **vyhovuje**.

3.9 Ložisko

Nosná konstrukce je uložena čepových ložiskách. Na jedné opěře je pevné ložisko na druhé posuvné. Posuvné ložisko bude umožňovat minimální posun $\pm 10 \text{ mm}$. Předpokládají se ložiska pod hlavními nosníky. Maximální reakce je 75.7 kN. Jako čep je uvažováno se šrouby M27.

Únosnost jednoho šroubu M27 třídy 4.6 v závitu v jednom stříhu je 88.1 kN > 75.7 kN

Otláčení materiálu pro malé rozteče pro tloušťku materiálu 10 mm pro ocel S235 je 145.8 kN

Při tloušťce 15 mm je únosnost $1.5*145.8=217.5 \text{ kN} > 75.7 \text{ kN}$

4 Závěr

Lávka vyhovuje pro níže uvedené konstrukční prvky.

Mostovka

Kompozitní desky RONN výška 41 mm

Příčné ztužení

Válcovaný profil S235 J2 IPE 140

Hlavní nosník

Válcovaný profil S235 J2 IPE 330

Sloup

Válcovaný profil S235 J2 HE 240B

Čep ložiska

šroub M27 min 4.6.

Kompletní data jsou archivována u projektanta.

Na Bukovině 18.2.2023

Vypracoval: Ing. Dominik Jareš