

Statický výpočet

Most v meste Medzev cez rieku Bodva, časť Muhlpak

Miesto stavby:

Mesto Medzev, okres Košice-okolie

Objekt:

Dočasná podperná konštrukcia mosta

Vlastník:

Obec Medzev

Profesia:

Statika

Zodpovedný projektant:

Ing. Juraj Rohár

Vypracoval:

Ing. Jozef Gura

Obsah

Všeobecne.....	2
Výpočet zaťaženia	2
Stále zaťaženie	2
Premenné zaťaženie	2
Výpočtový model	3
Zobrazenie modelu a jeho prvkov.....	3
Zaťažovacie stavy	4
Kombinácie zaťažovacích stavov	5
Obálky.....	5
Posúdenie nosných prvkov	6
Oceľové nosníky mostovky IPN260	6
Priečnik oceľového rámu podpernej konštrukcie IPE240	7
Stĺpy oceľového rámu podpernej konštrukcie HEA160	8
ŽB bloky podpernej konštrukcie 1,5mx1,5mx0,25m	8
Záver	12
Použité normy.....	13
Podklady.....	13

Všeobecne

Predmetom statického výpočtu je dočasná podperná konštrukcia mosta v meste Medzev, časť Muhlpak, potrebná na umožnenie prejazdu finishera hmotnosti 22t.

Jedná sa o doskový most hrúbky cca.300mm, s dĺžkou premostenia 8,6m. Dokumentácia nosnej konštrukcie mosta zrejme neexistuje, preto sme vo výpočte uvažovali so skutočnosťami zistenými pri prehliadke mosta. Most bol postavený v roku 1950. Stavebnotechnický stav mosta bol po prehliadke v roku 2021 klasifikovaný ako zlý.

Na spodnom povrchu mostovky boli zistené štyri oceľové pásnice šírky 114mm, predpokladáme že sa jedná o oceľové profily IPN 260, ktorých pásnica je šírky 113mm. Medzi pásnicami bol zistený železobetón, ktorého výstužné vložky sa nedajú bližšie špecifikovať (kvôli rôznemu a atypickému tvaru tyčí), preto sme príspevok železobetónovej časti mostovky na prenos zaťaženia v pozdĺžnom smere neuvažovali.

Dočasná podperná konštrukcia je navrhnutá z dvoch podperných oceľových rámov umiestnených približne v tretinách mosta. Rámy tvoria priečniky prierezu IPE240, každý uložený na dvoch stĺpoch prierezu HEA160. Stĺpy sa v päte ukotvia do prefabrikovaných železobetónových blokov rozmerov 1,5mx1,5mx0,25m, ktoré sa osadia na dno koryta rieky.

Návrh nosných oceľových prvkov dočasnej podpernej konštrukcie a posúdenie jestvujúcich oceľových prvkov mosta bol prevedený pre oceľ pevnostnej triedy S235.

Návrh železobetónových blokov bol prevedený pre betón pevnostnej triedy C30/37 a oceľ pevnostnej triedy B500.

Výpočet zaťaženia

Hodnoty zaťaženia a ich kombinácie pre trvalé a dočasné návrhové situácie pre medzný stav únosnosti sú definované kombinačnou schémou [(STR/GEO) Sada B]:

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

Hodnoty zaťaženia a ich kombinácie pre charakteristické situácie pre medzný stav použiteľnosti sú definované kombinačnou schémou:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Stále zaťaženie

Stále zaťaženie pozostáva z vlastnej tiaže nosných prvkov a železobetónovej časti mostovky.

Tiaž železobetónovej časti mostovky je uvažovaná hodnotou $g_k = 10 \text{ kN/m}^2$.

Premenné zaťaženie

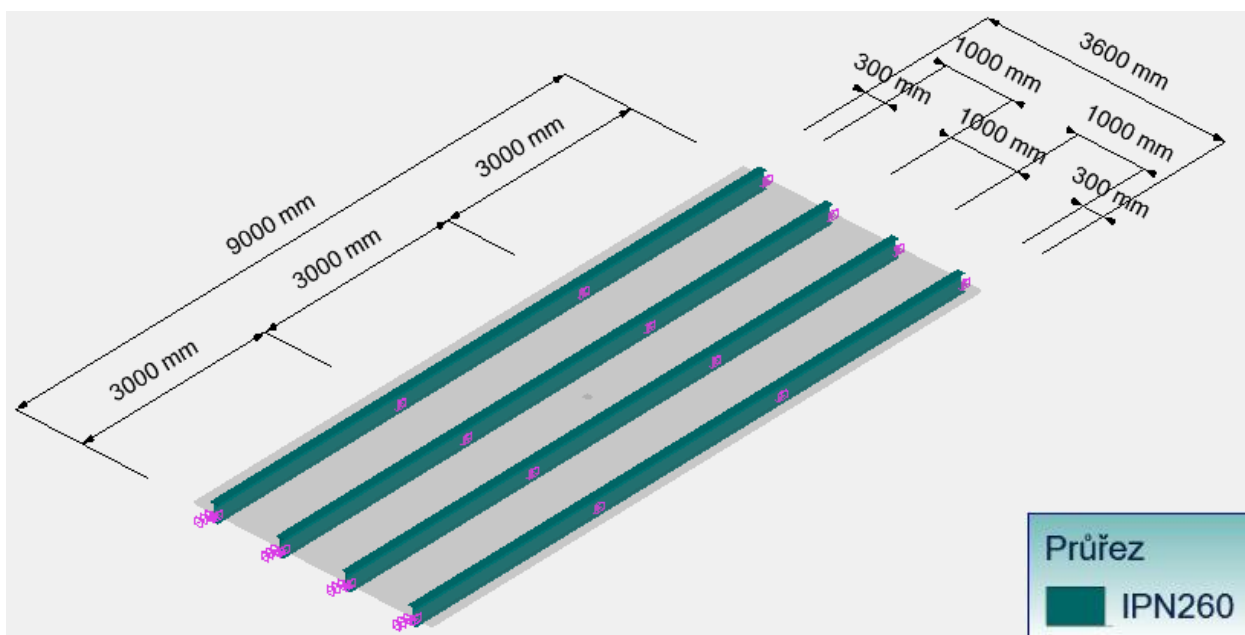
Jednonápravové zaťaženie finisherom

Tiaž nápravy bola uvažovaná hodnotou $q_k = 200 \text{ kN}$, teda tiaž pripadajúca na jedno koleso je $q_k = 100 \text{ kN}$. Vzďialenosť medzi dvojicou síl bola stanovená podľa zaťažovacieho modelu 2, hodnotou 2,0m.

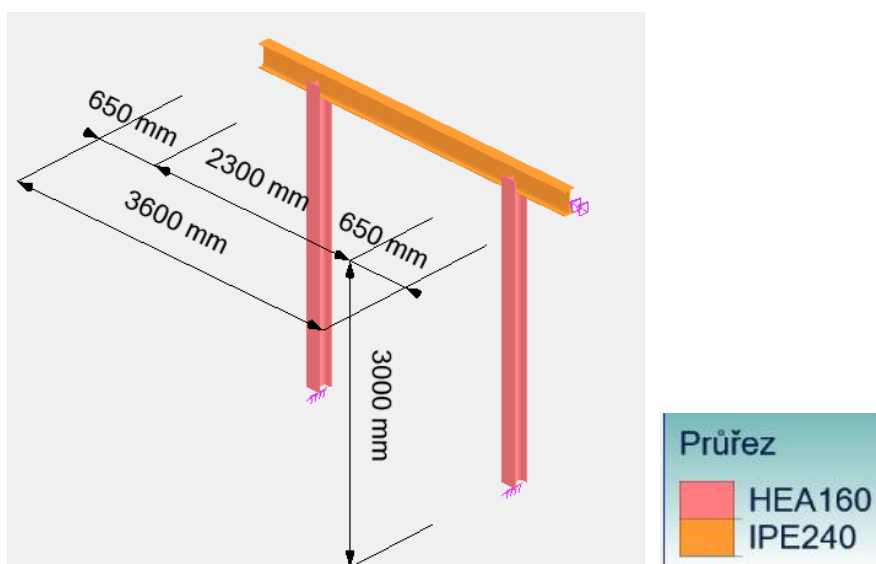
Výpočtový model

Výpočet vnútorných síl, premiestnení a posúdenie nosných prvkov bolo prevedené prostredníctvom výpočtového softvéru Graitec – Advance design 2022 na priestorovom - 3D modely nosnej konštrukcie. Model pozostával z lineárnych prvkov. Výpočet bol prevedený lineárne metódou konečných prvkov.

Zobrazenie modelu a jeho prvkov



Geometria a prierezy ocelových prvkov mostovky



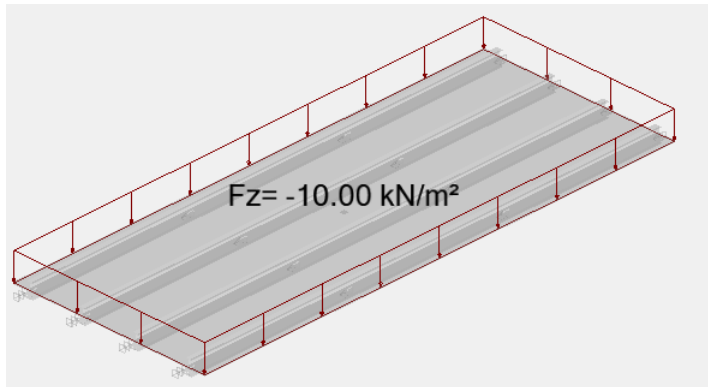
Geometria a prierezy ocelového rámu dočasnej podpernej konštrukcie

Zaťažovacie stavy

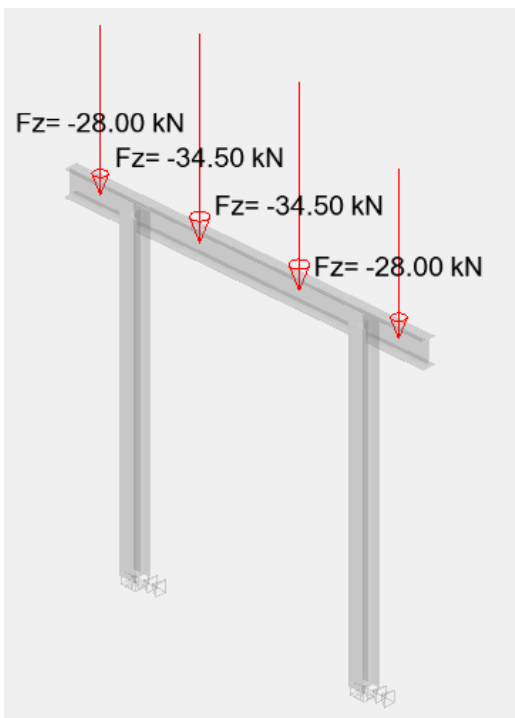
Seznam rodin zatěžovacích stavů		
Č.	Označení	Seznam zatěžovacích stavů
1	Stálé zatížení	1
2	Užitné zatížení	2

Zaťažovací stav 1 – stále zaťaženie:

Vlastná tiaž konštrukcie je generovaná softvérom.

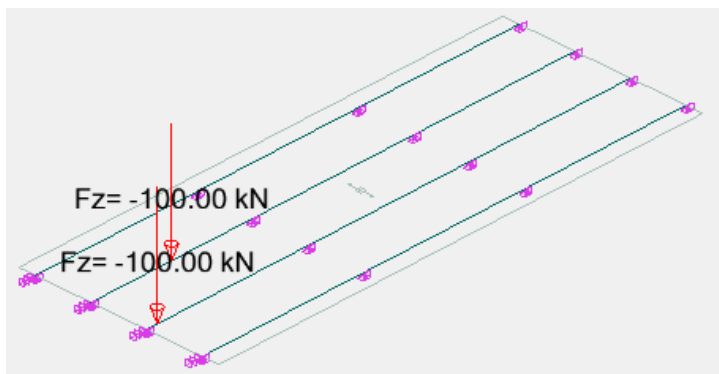


Tiaž ŽB časti mostovky pôsobiaca na ocelové profily mostovky

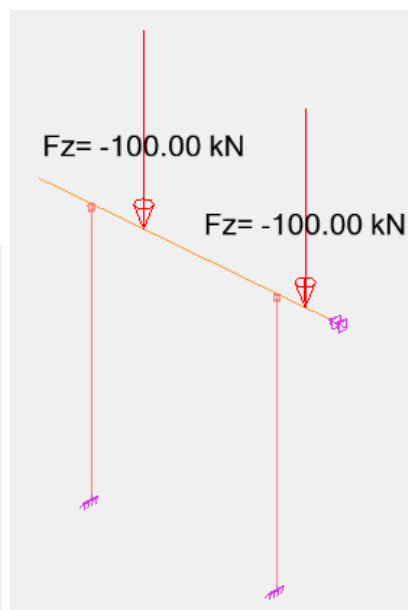


Tiaž mostovky pôsobiaca na ocelový rám v miestach ocelových profilov mostovky

Zaťažovací stav 2 – jednonápravové zaťaženie finisherom



Zaťaženie na mostovku



Zaťaženie na oceľový rám

Kombinácie zaťažovacích stavov

Popis kombinácií			
Č.	Název	Detaily	Kód
101	1x[1 G]	1.00*1	ECELUSTR
102	1.35x[1 G]	1.35*1	ECELUSTR
103	1x[1 G]+1.5x[2 Q]	1.00*1 + 1.50*2	ECELUSTR
104	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]	1.35*1 + 1.50*2	ECELUSTR
105	1x[1 G]	1.00*1	ECELSCQ
106	1x[1 G]+1x[2 Q]	1.00*1 + 1.00*2	ECELSCQ

Obálky

Vnútné sily pre MSÚ sú zobrazené pre obálku kódu ECELUSTR. Priehyby pre MSP sú zobrazené pre obálku kódu ECELSCQ.

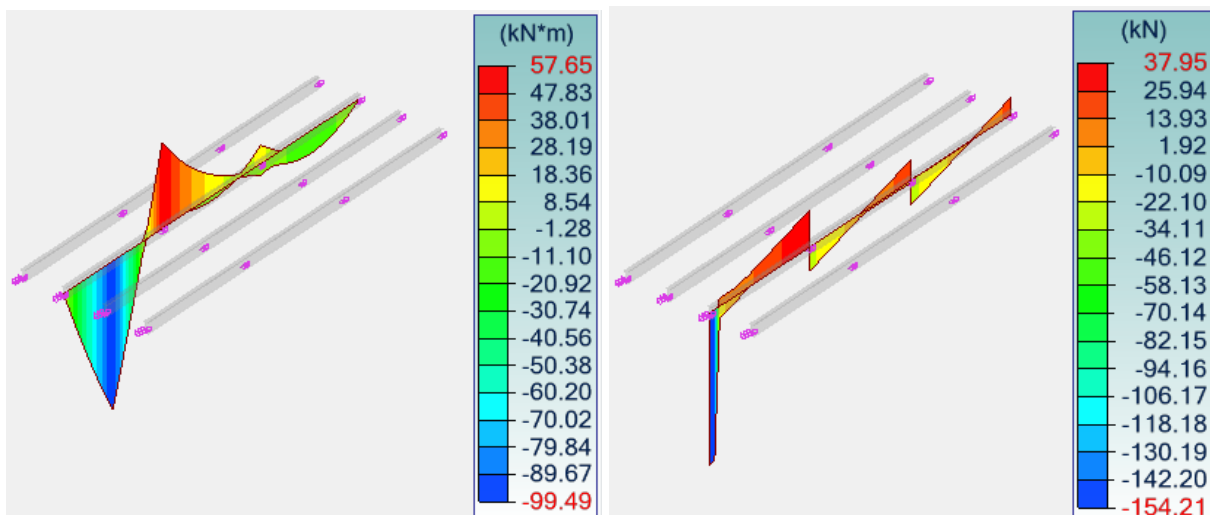
Posúdenie nosných prvkov

Oceľové nosníky mostovky IPN260

Obálka vnútorných síl pre MSÚ:

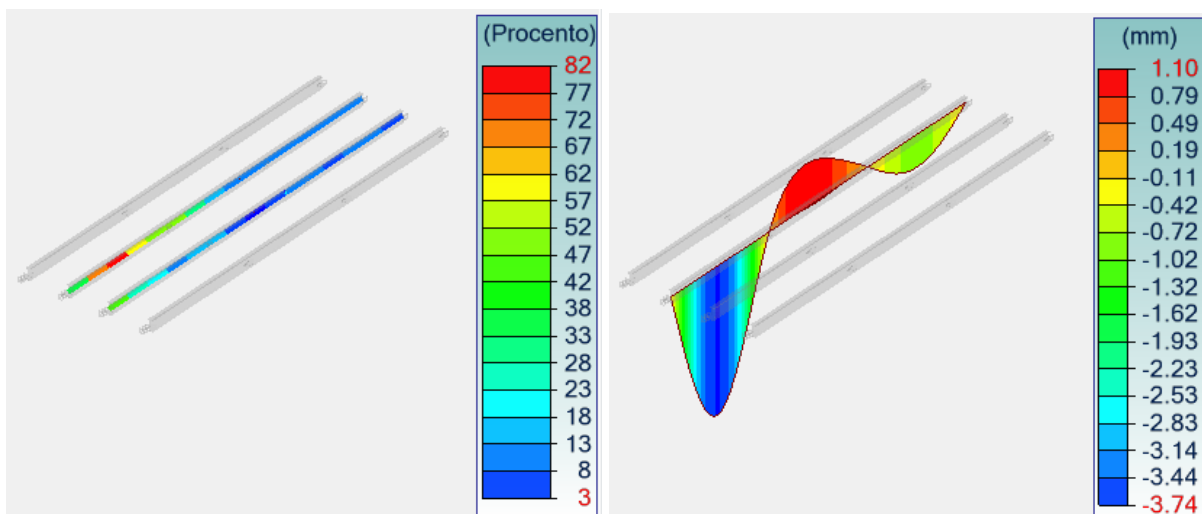
$M_{Ed,y}$ [kNm]

$V_{Ed,z}$ [kN]



Posúdenie únosnosti – stupeň využitia [%] **Priehyb >L/500**

U_z [mm]

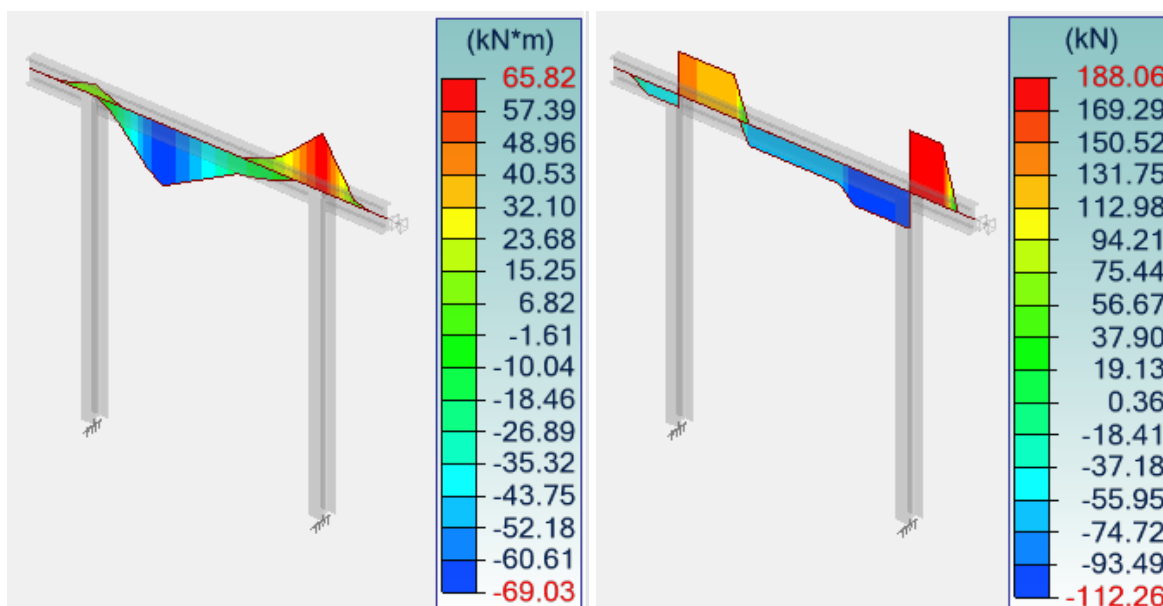


Priečnik ocelového rámu podpernej konštrukcie IPE240

Obálka vnútorných síl pre MSÚ:

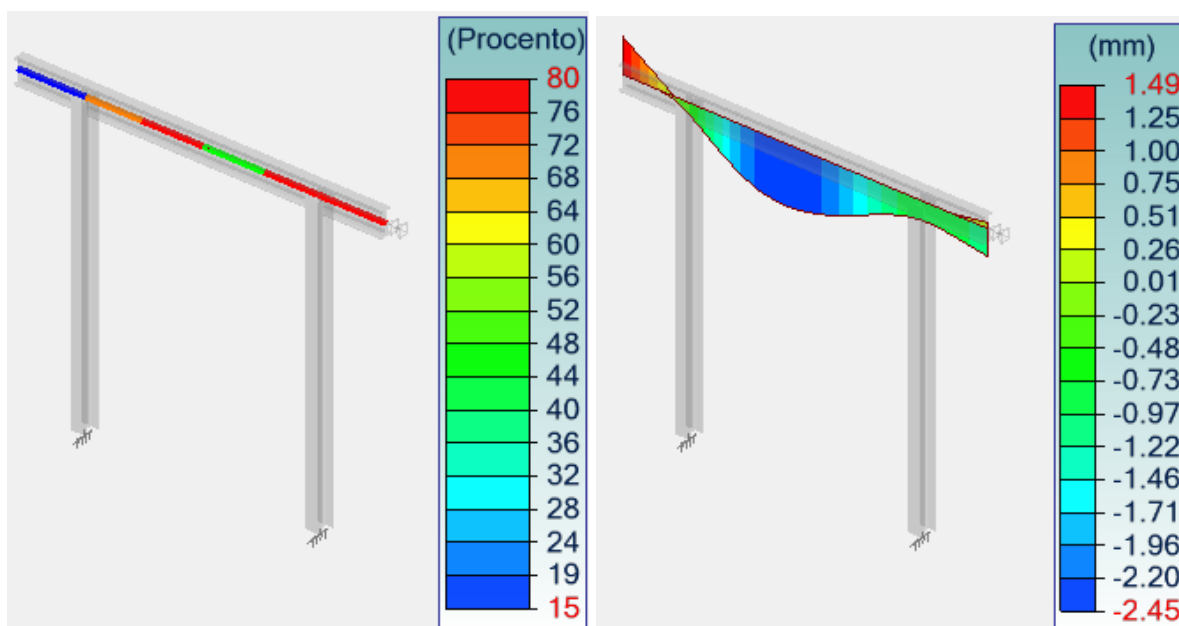
$M_{Ed,y}$ [kNm]

$V_{Ed,z}$ [kN]



Posúdenie únosnosti – stupeň využitia [%] Priehyb $>L/500$

U_z [mm]

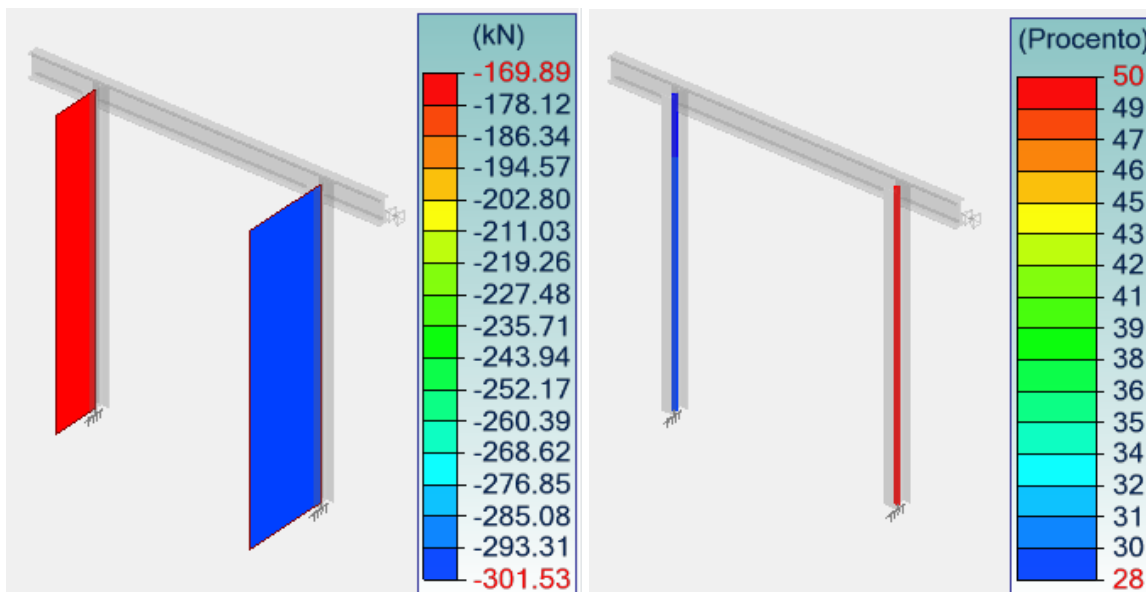


Stĺpy oceľového rámu podpernej konštrukcie HEA160

Obálka vnútorných síl pre MSÚ:

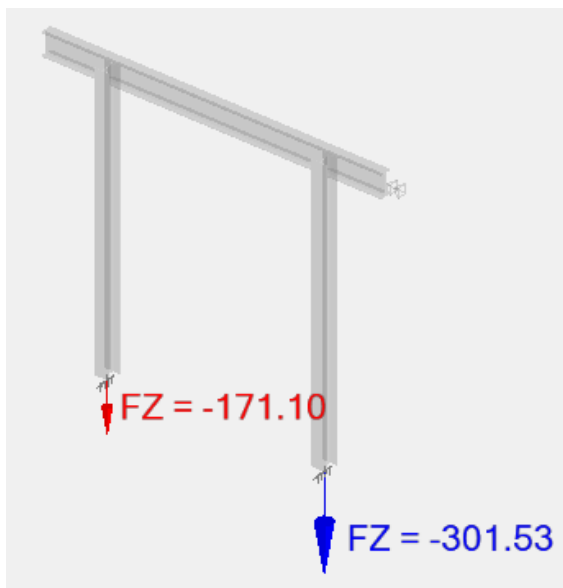
Posúdenie stability – stupeň využitia

N_{Ed} [kN]



ŽB bloky podpernej konštrukcie 1,5mx1,5mx0,25m

Reakcie v bodových podperách



Rozmery a materiálové charakteristiky základu:

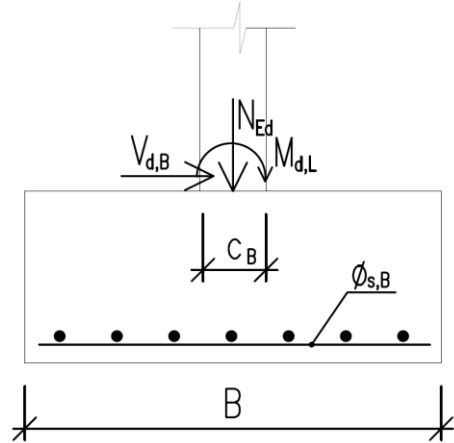
<u>Rozmery:</u>	<u>Pätka</u>	<u>Hlavná pozdĺžna výstuž:</u>	<u>Hlavná priečna výstuž:</u>		
B=	1,50 [m]	$\phi_{s,L}$ =	10 [mm]	$\phi_{s,B}$ =	10 [mm]
L=	1,50 [m]	n_s =	10 [ks]	n_s =	10 [ks]
h=	0,25 [m]	E_s =	200 [GPa]	$A_{s,B}$ =	785,4 [mm ²]
c=	50 [mm]	f_{yk} =	500 [MPa]	d_B =	195 [mm]
		f_{yd} =	434,8 [MPa]	z_B =	189,3 [mm]

Rozmery stípa:

c_B =	160 [mm]	d_L =	185,0 [mm]
c_L =	160 [mm]	z_L =	179,3 [mm]

Betón:

f_{ck} =	30 [MPa]	γ_s =	1,15 [-]
f_{cd} =	20,0 [MPa]	ϵ_{yd} =	0,0022 [-]
f_{ctm} =	2,9 [MPa]	ϵ_{cu3} =	0,0035 [-]
γ_c =	1,5 [-]	λ =	0,8 [-]
$\alpha_{cc} = \alpha_{ct}$ =	1,0 [-]		



Vnútorne sily pôsobiace na základ:

N_{Ed} =	301,5 [kN]	$V_{d,B}$ =	0,0 [kN]	$M_{d,B}$ =	0,0 [kNm]
		$V_{d,L}$ =	0,0 [kN]	$M_{d,L}$ =	0,0 [kNm]

Efektívne rozmery základu:

e_B =	0,000 [m]	$e_B = (M_{d,L} + V_{d,B} \cdot h) / N_{Ed}$
e_L =	0,000 [m]	$e_L = (M_{d,B} + V_{d,L} \cdot h) / N_{Ed}$
B' =	1,50 [m]	$B' = B - 2 \cdot e_B$
L' =	1,50 [m]	$L' = L - 2 \cdot e_L$
$l_{eff,B}$ =	0,70 [m]	$l_{eff,B} = 0,5 \cdot (B - c_B) + c_B / 6$
$l_{eff,L}$ =	0,70 [m]	$l_{eff,L} = 0,5 \cdot (L - c_L) + c_L / 6$
A' =	2,25 [m ²]	$A' = B' \cdot L'$
$\sigma_{d,eff}$ =	134,0 [kPa]	$\sigma_d = N_{Ed} / A'$

Posúdenie výšky tlačenej oblasti betónu:

x_{skut}	≤	x_{lim}	$x_{skut} = A_{s,B} \cdot f_{yd} / (L \cdot \lambda \cdot f_{cd})$
14,2	<	120,3 [mm]	$x_{lim} = d_B \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$

Jednotkové posúdenie 0,12 vyhovuje

x_{skut}	≤	x_{lim}	$x_{skut} = A_{s,L} \cdot f_{yd} / (B \cdot \lambda \cdot f_{cd})$
14,2	<	114,1 [mm]	$x_{lim} = d_L \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd})$

Jednotkové posúdenie 0,12 vyhovuje

Posúdenie odolnosti prierezu z hľadiska porušenia pozdĺžnej výstuže:

$$M_{Ed,L} \leq M_{Rd,L} \quad M_{Ed,L} = 0,5 \cdot \sigma_{d,eff} \cdot L \cdot I_{eff,B}^2$$

$$48,8 < 64,6 \quad [kNm] \quad M_{Rd,L} = A_{s,B} \cdot z_B \cdot f_{yd}$$

Jednotkové posúdenie 0,75 vyhovuje

$$M_{Ed,B} \leq M_{Rd,B} \quad M_{Ed,B} = 0,5 \cdot \sigma_{d,eff} \cdot B \cdot I_{eff,L}^2$$

$$48,8 < 61,2 \quad [kNm] \quad M_{Rd,B} = A_{s,L} \cdot z_L \cdot f_{yd}$$

Jednotkové posúdenie 0,80 vyhovuje

Posúdenie stupňa vystuženia betónu pozdĺžnou výstužou:

$$A_{s,min} = 418,0 \quad [mm^2] \quad A_{s,min} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot B \cdot d_L / f_{yk}$$

$$A_{s,min} \leq A_{s,L}$$

$$418,0 < 785,4 \quad [mm^2]$$

Jednotkové posúdenie 0,53 vyhovuje

Posúdenie odolnosti prierezu z hľadiska porušenia tlakovej diagonály betónu:

$$C_{Rd,c} = 120 \quad [kPa]$$

$$u_0 = 0,64 \quad [m] \quad u_0 = 2 \cdot (c_B + c_L)$$

$$d = 190,0 \quad [mm] \quad d = 0,5 \cdot (d_B + d_L)$$

$$V_{Ed,max} = 298,1 \quad [kN] \quad V_{Ed,max} = \sigma_{d,eff} \cdot (B \cdot L - c_B \cdot c_L) - \text{päťka}$$

$$\beta = 1,0 \quad [-] \quad V_{Ed,max} = N_{Ed} - \sigma_{d,eff} \cdot c_B \cdot c_L - \text{pás}$$

$$v = 0,53 \quad [-] \quad v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$

$$\rho_{l,B} = 0,0027 \quad [-] \quad \rho_{l,B} = A_{s,B} / (L \cdot d_B)$$

$$\rho_{l,L} = 0,0028 \quad [-] \quad \rho_{l,L} = A_{s,L} / (B \cdot d_L)$$

$$\rho_l = 0,0028 \quad [-] \quad \rho_l = (\rho_{l,B} \cdot \rho_{l,L})^{0,5}$$

$$k_h = 2,00 \quad [-] \quad k_h = 1 + (0,2/d)^{0,5}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} \quad V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$2451,5 < 4224,0 \quad [kPa] \quad V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed,max} / (u_0 \cdot d)$$

Jednotkové posúdenie 0,58 vyhovuje

Posúdenie odolnosti základovej pätky z hľadiska pretlačenia:

$$u_i = 2 \cdot (c_B + c_L) + 2 \cdot \pi \cdot a_i$$

$$A_i = (c_B + 2 \cdot a_i) \cdot (c_L + 2 \cdot a_i) + (\pi - 4) \cdot a_i^2$$

$$V_{Ed,red} = \sigma_{d,eff} \cdot (B \cdot L - A_i)$$

$$v_{Ed,a} = \beta \cdot V_{Ed,red} / (d \cdot u_i)$$

$$v_{Rd,ca} = 2 \cdot d / a_i \cdot C_{Rd,c} \cdot k_h \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{Rd,ca,min} = 2 \cdot d / a_i \cdot 0,035 \cdot k_h^{3/2} \cdot f_{ck}^{0,5}$$

Prípad A

a _i		u _i	A _i	V _{Ed,red}	V _{Ed,a}	V _{Rd,ca}	V _{Rd,ca,min}	Posúdenie
[m]		[m]	[m ²]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
0,5.d	0,10	1,24	0,11	286	1218	2169	2169	vyhovuje
0,75.d	0,14	1,54	0,18	277	951	1446	1446	vyhovuje
1,0.d	0,19	1,83	0,26	267	765	1084	1084	vyhovuje
1,25.d	0,24	2,13	0,35	254	627	868	868	vyhovuje
1,5.d	0,29	2,43	0,46	239	518	723	723	vyhovuje
1,75.d	0,33	2,73	0,59	223	430	620	620	vyhovuje
2,0.d	0,38	3,03	0,72	205	356	542	542	vyhovuje

Prípad B

a _i		u _i	A _i	V _{Ed,red}	V _{Ed,a}	V _{Rd,ca}	V _{Rd,ca,min}	Posúdenie
[m]		[m]	[m ²]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
0,5.d	0,10	3,00	0,53	231	406	2169	2169	vyhovuje
0,75.d	0,14	3,00	0,67	212	372	1446	1446	vyhovuje
1,0.d	0,19	3,00	0,81	193	339	1084	1084	vyhovuje
1,25.d	0,24	3,00	0,95	174	305	868	868	vyhovuje
1,5.d	0,29	3,00	1,10	155	272	723	723	vyhovuje
1,75.d	0,33	3,00	1,24	136	238	620	620	vyhovuje
2,0.d	0,38	3,00	1,38	117	205	542	542	vyhovuje

Prípad C

a _i		u _i	A _i	V _{Ed,red}	V _{Ed,a}	V _{Rd,ca}	V _{Rd,ca,min}	Posúdenie
[m]		[m]	[m ²]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
0,5.d	0,10	3,00	0,53	231	406	2169	2169	vyhovuje
0,75.d	0,14	3,00	0,67	212	372	1446	1446	vyhovuje
1,0.d	0,19	3,00	0,81	193	339	1084	1084	vyhovuje
1,25.d	0,24	3,00	0,95	174	305	868	868	vyhovuje
1,5.d	0,29	3,00	1,10	155	272	723	723	vyhovuje
1,75.d	0,33	3,00	1,24	136	238	620	620	vyhovuje
2,0.d	0,38	3,00	1,38	117	205	542	542	vyhovuje

Záver

Styky všetkých nosných prvkov a vystuženie železobetónových konštrukcií je potrebné previesť podľa výkresovej dokumentácie vypracovanej k realizačnému projektu stavby:

Výkres S01 – Schéma dočasnej podpernej konštrukcie mosta

Prefabrikované základové bloky sa zložia do koryta rieky pomocou hydraulického ruky, alebo obdobného zariadenia. Následne sa zatlačia pod mostnú konštrukciu do vopred upraveného zhutneného lôžka pomocou menšieho nakladača / mini bagra prípadne podobnej ťažkej techniky. Podperná konštrukcia bude aktivovaná pomocou hydraulického zdviháka nosnosti 20t. Vždy nad jednotlivým stĺpom bude mostná konštrukcia nadvihnutá z jestvujúcej polohy o 3mm a následne pomocou montážnych podložiek v hlave stĺpov ukotvená.

Oceľová podperná konštrukcia bude zhotovená dielensky. Pri zhotovení dielenskej dokumentácie je potrebné zameranie presnej výšky koryta - potrebnú dĺžku stĺpov.

Projekt pre stavebné povolenie je vypracovaný v súlade s platnými normami STN EN 1990 až STN EN 1999. Most počas dočasného podopretia bezpečne prenesie zaťaženie vyvolané prejazdom finishera hmotnosti 22t, klimatickými vplyvmi a vlastnou tiažou konštrukcie. Projekčné riešenie zabezpečuje požadovanú únosnosť nosných prvkov v zmysle platných STN a rovnako zaisťuje potrebnú stabilitu a celistvosť mosta.

Použité normy

STN EN 1990: 2009, Zásady navrhovania konštrukcií.

STN EN 1990/A1/NA: 2007, Zásady navrhovania konštrukcií. Zmena A1. Národná príloha.

STN EN 1991-1-1: 2007 Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov. Slovenský ústav technickej normalizácie.

STN EN 1991-1-1: 2009/NA Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov, Národná príloha. Slovenský ústav technickej normalizácie.

STN EN 1991-2: 2006: Zaťaženie konštrukcií, Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou. Slovenský ústav technickej normalizácie.

STN EN 1992-1-1: 2006, Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.

STN EN 1992-1-1/NA: 2007, Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy. Národná príloha.

STN EN 1993-1-1: 2006, Navrhovanie oceľových konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy. Slovenský ústav technickej normalizácie.

STN EN 1993-1-1: 2007/NA, Navrhovanie oceľových konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy, Národná príloha. Slovenský ústav technickej normalizácie.

STN EN 1997-1: 2005, Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 1: Všeobecné pravidlá.

Podklady

Ako podklad pre spracovanie statického posudku bola dodaná nasledujúca dokumentácia:

Protokol z hlavnej prehliadky mosta z roku 2021

Fotodokumentácia