

AUTORIZACE

ČÍSLO PARE

ČÍSLO ZMĚNY	DATUM ZMĚNY	POPIS/OBSAH ZMĚNY	PODPIS

III/30315, III/30317 BEZDĚKOV NAD METUJÍ – MACHOV – MACHOVSKÁ LHOTA – STÁTNÍ HRANICE

název akce

SO 203 most ev. č. 30317-1

stavební objekt

Královéhradecký kraj Pivovarské náměstí 1245 500 03 Hradec Králové objednatel	spolupráce
Bezděkov n/M, V. Srbská, Machov, Machovská Lh. místo stavby	Královéhradecký kraj

DIK

DOPRAVNĚ INŽENÝRSKÁ KANCELÁŘ
 Bozděchova 1668, 500 02 Hradec Králové
 tel : 495 219 036, 495 212 647, fax : 495 221 677
 e-mail : dik@dik - hk.cz, http : www.dik-hk.cz

Statický výpočet výkres	měřítko	DSP+PDPS stupeň
-----------------------------------	---------	--------------------

ING. M. BURIANEC kontroloval	<i>Burianec</i>	ING. D. SKÝPALA hlavní inženýr projektu	<i>Skypala</i>	A021/16 číslo zakázky	C4.1.2 číslo přílohy
ING. JAN FELGR zodpovědný projektant	<i>Felgr</i>	ING. JAN FELGR vedoucí projektant	<i>Felgr</i>	04/2016 datum	

OBSAH

1	Statické výpočty.....	3
1.1	Statické schéma nosných prvků	3
1.1.1	Popis nosné konstrukce mostu	3
1.1.2	Statická schémata nosných prvků.....	3
1.2	Použité materiály	3
1.3	Stanovení zatížení	4
1.4	Únosnost a posouzení nosných prvků.....	4
1.4.1	Konstrukce mostovky	4
1.4.2	Přechodová deska.....	4
1.4.3	Římsa	4
1.4.4	Zábradlí	4
1.5	Zatěžovací zkoušky	4
1.6	Zatížitelnost hlavní konstrukce	5
1.7	Zbytková životnost mostu	5
2	Přehled použitých norem a předpisů, software	6
3	Příloha – schémata, zatížení, výpočty, posudky	8

1 STATICKÉ VÝPOČTY

1.1 Statické schema nosných prvků

Statické uspořádání stávajícího mostu nebude rekonstrukcí změněno.

1.1.1 Popis nosné konstrukce mostu

Stávající nosná konstrukce je tvořena monolitickou ŽB deskou složenou ze zmonolitněných předpjatých nosníků KA-61 uložené prostě na ŽB úložných prazích.

Most je šikmý, s levou šikmostí 82,98°.

Šířka stávající nosné konstrukce desky je 9 160 mm, délka 10 600 mm, výška 450 mm, materiál předpjatý beton. Zatížení se na desku přenáší přes vrstvu živického betonu vozovky, vrstvu makadamu a do spodní stavby se přenáší přes bezložiskové uložení.

Mostní svršek bude kompletně vyměněn, bude zachována nosná konstrukce na úložných prazích a budou sanovány povrchy předpjatých nosníků včetně kotevních oblastí předpínací výztuže.

Budou vyměněny i oblasti přechodu mostu do tělesa komunikace včetně výměny odvodnění za rubem opěry, které bude vyústěno skrz nábrežní zídky do toku Židovky.

1.1.2 Statická schémata nosných prvků

Statická schémata viz kapitola 3.

1.2 Použité materiály

Veškeré nové betonové konstrukce budou mít parametry splňující požadavky na odolnost vůči agresivitě prostředí, navíc budou chráněny před přímým vlivem prostředí izolační ochranou, především hydroizolačním souvrstvím s ochranou izolace.

Konstrukční prvek	Třída betonu	Stupeň vlivu prostředí	Min. tl. krytí výztuže $C_{min,dur}$	Provzdušnění, odolnost CHRL, min. vodotěsnost mm, max. vodní součinitel	Třída konstrukce
Křídla, stojky, příčle, čela, přechodová deska	C 30/37	XF3, XC4	45	ano, ano, ano, 0,5	S4
Římsa, spára	C 35/45	XF4, XC4	45	ano, ano, ano, 0,45	S4
Základový pas	C 25/30	XF1, XC2	45	ano, ano, ano, 0,5	S4
Betonový práh	C 25/30	XF3, XC2	45	Ano, ano, ano, 0,5	S4
Podkladní beton	C 16/20	XF1, XC2	-	-	-

1.3 Stanovení zatížení

Zatížení jsou stanovena dle platných norem pro zatížení, v aktuálním znění včetně všech oprav a změn.

ČSN 730037	Zemní tlak na stavební konstrukce (doporučené užití)
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí - část 1-1 – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
ČSN EN 1991-1-5	Zatížení konstrukcí – část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
ČSN EN 1991-1-7	Zatížení konstrukcí – část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
ČSN EN 1991-2	Zatížení mostů dopravou

Konkrétní hodnoty a uspořádání zatížení viz kapitola 4.

1.4 Únosnost a posouzení nosných prvků

Únosnosti a posouzení všech nosných prvků jsou stanoveny podle platných norem a předpisů.

ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN EN 1992-2	Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-2	Navrhování ocelových konstrukcí – část 2: Ocelové mosty
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla
ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí

Únosnost a posouzení uvažovaných nosných prvků

1.4.1 Konstrukce mostovky

Konstrukce mostovky je posuzována pro kombinaci s maximálním dopravním zatížením.

1.4.2 Přejížděcí deska

Nebude realizována.

1.4.3 Římsa

Římsa je navržena konstrukčně, není předmětem posouzení.

1.4.4 Zábradlí

Zábradlí je navrženo typově dle typu komunikace a jejího dopravního zatížení, není předmětem posouzení.

1.5 Zatěžovací zkoušky

Po provedení rekonstrukce bude před opětovným uvedením do provozu realizována zatěžovací zkouška pro určení skutečných napětí a dočasných i trvalých deformací před, při i po zatížení mostu určeným zatížením.

Provádění zatěžovacích zkoušek se řídí platnou normou ČSN 73 6209.

1.6 Zatížitelnost hlavní konstrukce

Platná norma pro určení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací je ČSN 73 6222.

Původní zatížitelnost mostu byla stanovena v souladu s tehdy platnou zatěžovací normou pro navrhování mostních konstrukcí.

Výstupem mostní prohlídky v roce 2012 byl zhoršený stupeň stavebního stavu konstrukce s požadovanou okamžitou sanací základových konstrukcí. Po provedení sanace základových konstrukcí a podzákladí byl stavební stav konstrukce ohodnocen příznivěji, ovšem stále s podmínkou celkové opravy mostu. V souvislosti se změnou zatřídění stavebního stavu konstrukce byl měněn součinitel α ovlivňující velikost zatížitelnosti mostu.

Zatížitelnost mostu po celkové rekonstrukci bude určena po ohodnocení stavebního stavu konstrukce a zatěžovací zkoušce mostu před uvedením mostu do provozu.

Doporučení projektanta je ponechat součinitel stavebního stavu konstrukce na hodnotu $\alpha = 1,0$.

Zatížitelnost stávajícího mostu je podle hlavní mostní prohlídky z roku 2012 určena:

Normální	V_n	=	26 t
Výhradní	V_r	=	74 t
Výjimečná	V_e	=	314 t
Na jednu nápravu	V_{aj}	=	- t

Výsledná minimální zatížitelnost po celkové opravě minimální dle výpočtu (výsledná bude až po vyhodnocení zatěžovací zkoušky)

Normální	V_n	=	32 t
Výhradní	V_r	=	80 t
Výjimečná	V_e	=	196 t
Na jednu nápravu	V_{aj}	=	neuvedena

1.7 Zbytková životnost mostu

Důležitou informací pro posuzování ekonomiky provozu a případných zásahů do mostní konstrukce pro zlepšení stavu mostu je i určení zbytkové životnosti mostu.

Zbytková životnost mostu je po celkové rekonstrukci a za podmínky pravidelných prohlídek a údržby stanovena na hodnotu 100 let od uvedení mostu do provozu v roce předání mostu do provozu.

2 PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM A PŘEDPISŮ, SOFTWARE

ČSN 01 3467	Výkresy mostů
ČSN 73 0037	Zemní tlak na stavební konstrukce, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic, včetně opravy 1, změny Z1 a změny Z2
ČSN 73 6110	Projektování místních komunikací, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN 73 6133	Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 6200	Mosty – Terminologie a třídění
ČSN 73 6201	Projektování mostních objektů, včetně změny Z1
ČSN 73 6209	Zatěžovací zkoušky mostů, včetně změny Z1
ČSN 73 6214	Navrhování betonových mostních konstrukcí
ČSN 73 6222	Zatížitelnost mostů pozemních komunikací
ČSN 73 6242	Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací, včetně opravy 1
ČSN 73 6244	Přechody mostů pozemních komunikací
ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí, včetně oprav 1, 2, 3,4 a změn A1, Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, včetně opravy 1, změny Z1 a změny Z2
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, včetně opravy 1 a změny Z1, Z2, Z3, Z4, Z5
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, včetně opravy 1, 2, 3 a změny A1, Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1991-1-5	Zatížení konstrukcí – část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, včetně opravy 1, 2 a změny A, Z1
ČSN EN 1991-1-7	Zatížení konstrukcí – část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN EN 1991-2	Zatížení mostů dopravou, včetně opravy 1, změny Z1, Z2, Z3
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí, včetně změn
ČSN EN 1992-2	Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady, včetně opravy 1 a změny Z1, Z2
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-2	Navrhování ocelových konstrukcí – část 2: Ocelové mosty, včetně opravy 1 a změny Z1
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla, včetně opravy 1 a změny Z1
TKP kapitola 1	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Všeobecně
TKP kapitola 3	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Odvodnění a chráničky pro inženýrské sítě
TKP kapitola 4	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Zemní práce
TKP kapitola 9	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Kryty z dlažeb a dílců
TKP kapitola 11	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Svodila, zábradlí a tlumiče nárazu
TKP kapitola 18	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Beton pro konstrukce
TKP kapitola 19	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Ocelové mosty a konstrukce
TKP kapitola 21	Technické kvalitativní podmínky staveb PK – Izolace proti vodě

ESA engineering 14
LibreOffice 4.3.5.2
Microsoft Office 2013

3 PŘÍLOHA – SCHÉMATA, ZATÍŽENÍ, VÝPOČTY, POSUDKY

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – SVISLÉ ZATÍŽENÍ

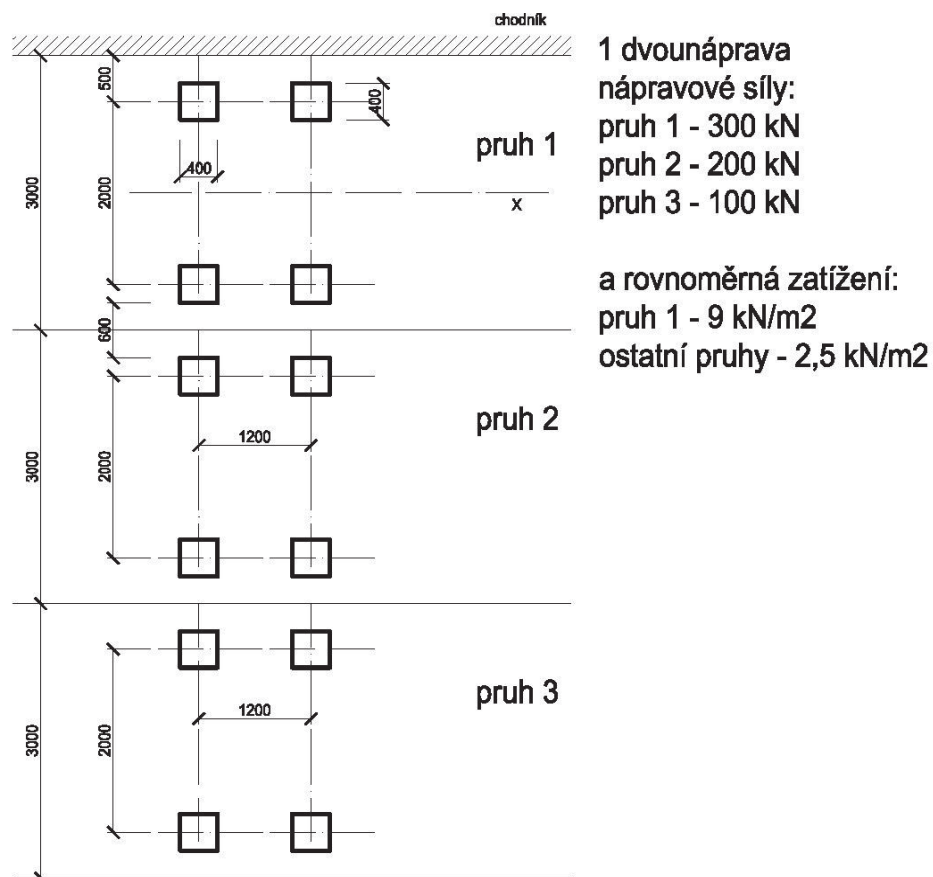
Model zatížení LM1

$\alpha_Q \cdot Q_k$

kde $\alpha_Q \geq 1,0$ je regulační součinitel podle třídy komunikace a podle dopravy

$\alpha_q \cdot q_k$

kde $\alpha_q \geq 1,0$ je regulační součinitel podle třídy komunikace a podle dopravy

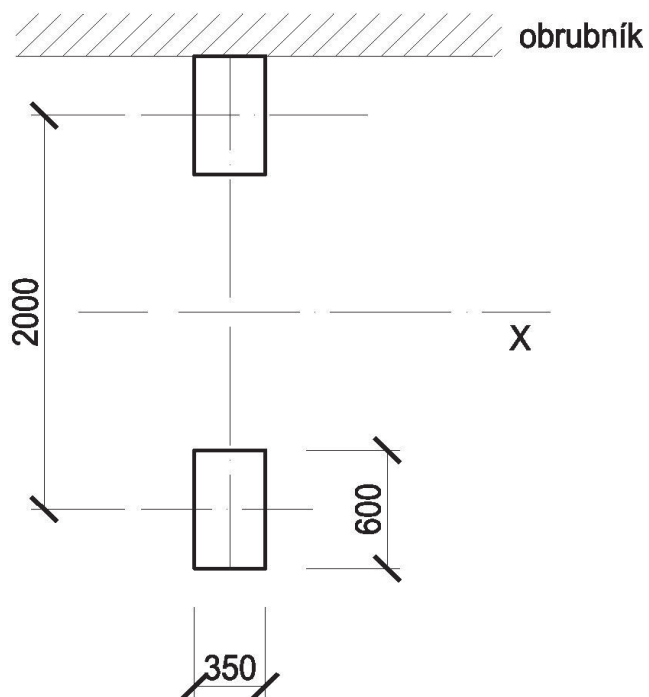


Model zatížení LM2

$$\beta_Q \cdot Q_{ak}$$

kde $\beta_Q = \alpha_Q$ je regulační součinitel podle třídy komunikace a podle dopravy

1 nápravová síla 400 kN



Model zatížení LM3

Zatížení souboru modelů zvláštních vozidel, která mohou po mostě výjimečně jet.

označení **900/150**

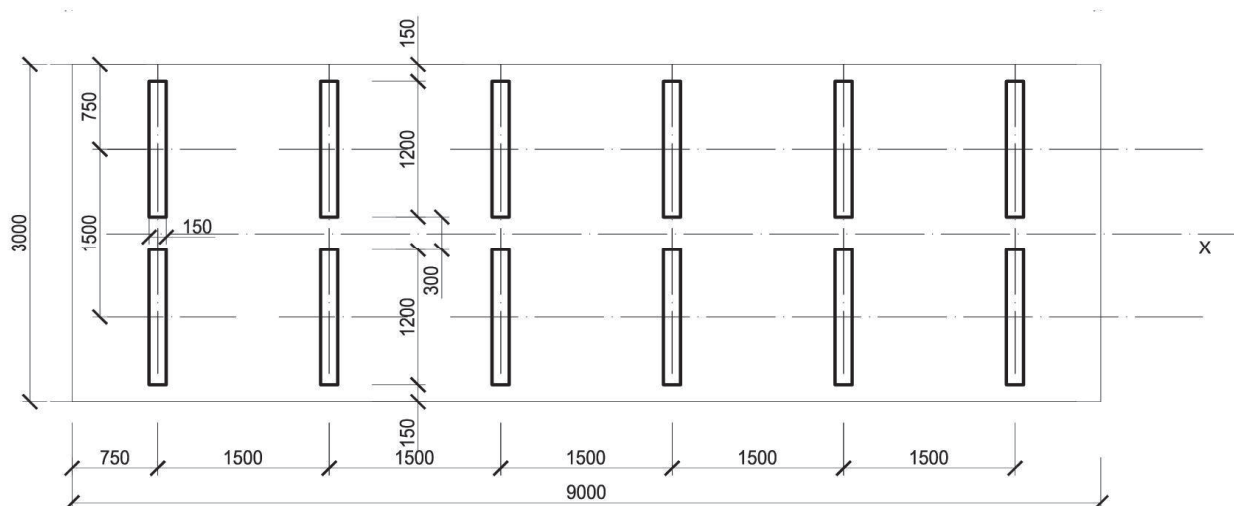
$$Q_{\text{celk}} = 900 \text{ kN}$$

n = 6

$$e = 1,5$$
$$Q_k = 150 \text{ kN}$$

pohyb v prostoru zatěžovacích pruhů

jediné vozidlo na mostě

 $\phi = 1,25$ dynamický součinitel

Model zatížení LM4

Zatížení davem lidí je uvažováno v příslušných částech mostu.

$$q_{LM4} = 5 \text{ [kPa]}$$

Již včetně dynamického účinku a jen pro ověření celkové stability konstrukce.

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – VODOROVNÉ ZATÍŽENÍ

Brzdné a rozjezdové síly

$$Q_{kl} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{k1}) + 0,1 \cdot \alpha_{q1} \cdot Q_{k1} \cdot w \cdot L$$

$$Q_{klmin} = 180 \cdot \alpha_{Q1} \quad \text{kN}$$

$$Q_{klmax} = 900 \quad \text{kN}$$

Odstředivé síly

$Q_{kl} = 0,2 \cdot Q_v \text{ (kN)}$	je-li $r < 200 \text{ m}$
$Q_{kl} = 40 \cdot Q_v / r \text{ (kN)}$	je-li $200 \text{ m} \leq r \leq 1\,500 \text{ m}$
$Q_{kl} = 0 \text{ (kN)}$	je-li $r > 1\,500 \text{ m}$

$Q_v = \Sigma [\alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_k)]$ celková max.tíha svislého soustředěného zatížení dvojnápravami LM1

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – SESTAVY ZATÍŽENÍ

charakteristické

		Vozovka						Chodníky a cyklist.pruhy
Typ zatížení		Svislé síly				Vodorovné síly		Pouze svislé zatížení
Soustava zatížení		LM1 (TS a UDL)	LM2	LM3	LM4	Brzdné a rozjezdové síly	Odstředivé síly	Rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	char.hod.						komb.hod.
	gr1b		char.hod.					
	gr2	časté hod.				char.hod.	char.hod.	
	gr3**							char.hod.
	gr4				char.hod.			char.hod.
	gr5	viz příl.A		char.hod.				
Hlavní	Hlavní (dominantní) složka zatížení							

časté

		VOZOVKA		CHODNÍKY, CYKLO
Typ zatížení		svislé síly		
Zatěžovací systém		LM1	LM2	rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	častá hod.		
	gr1b		častá hod.	
	gr3			častá hod.

dočasné

pro ověření v dočasných návrhových situacích má být hodnota od dvojnápravy $0,8 \cdot \alpha_Q \cdot Q_k$

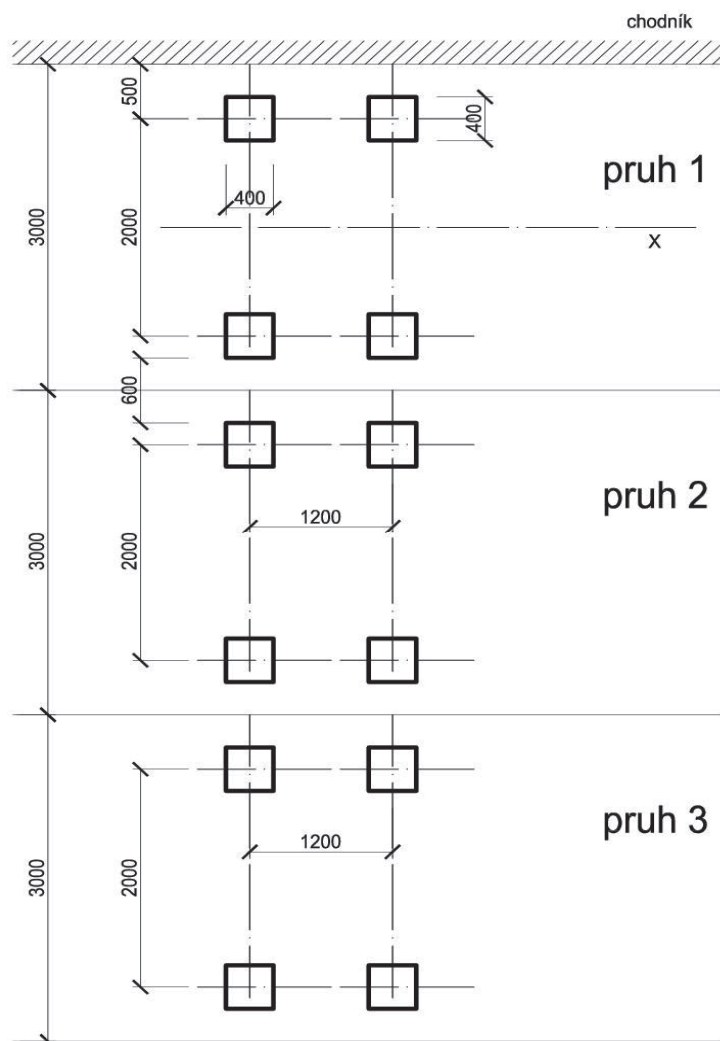
REGULAČNÍ SOUČiniteLE

skupina pozemních komunikací	α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	$\alpha_{qi} \text{ (i} \geq 2 \text{)}$	α_{qr}
1	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1
2	0,8	0,5	0,5	0,5	1	1

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – MODEL Y ZATÍŽENÍ NA ÚNAVU

MODEL 1

- 1) užívá se k ověření, zda lze únavovou životnost uvažovat jako neomezenou
- 2) užívá se pro určení maximálních a minimálních napětí od možných uspořádání zatížení na mostě.



1 dvounáprava
nápravové síly:
pruh 1 - 210 kN
pruh 2 - 140 kN
pruh 3 - 70 kN

a rovnoměrná zatížení:
pruh 1 - 2,7 kN/m²
ostatní pruhy - 0,72 kN/m²

MODEL 2

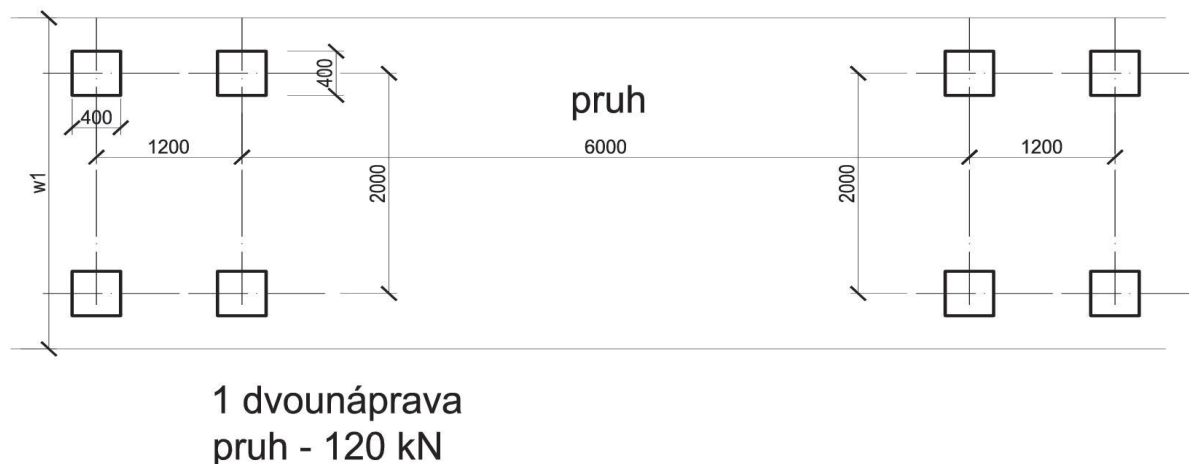
soubor idealizovaných nákladních vozidel zvaných "častá"

viz 4.6.3 ČSN EN 1991-2

- 1) užívá se k ověření, zda lze únavovou životnost uvažovat jako neomezenou
- 2) užívá se pro určení maximálních a minimálních napětí od možných uspořádání zatížení na mostě.

MODEL 3

- 1) užívá se pro posouzení únavové životnosti v závislosti na křivkách únavové pevnosti; lze použít pro přímé ověření návrhu zjednodušenými metodami, kde se vliv objemu celoroční dopravy a některých rozměrů mostu do výpočtu zahrnuje regulačním součinitelem λ_e závislým na materiálu
- 2) užívá se pro určení maximálních a minimálních napětí od možných uspořádání zatížení na mostě.



MODEL 4

soubor normalizovaných nákladních vozidel typických pro danou trasu

viz 4.6.5 ČSN EN 1991-2

- 1) užívá se pro posouzení únavové životnosti v závislosti na křivkách únavové pevnosti; lze použít pro přímé ověření návrhu zjednodušenými metodami, kde se vliv objemu celoroční dopravy a některých rozměrů mostu do výpočtu zahrnuje regulačním součinitelem λ_e závislým na materiálu
- 2) užívá se ke stanovení spektru napětí vznikajících od přejezdu nákladních vozidel po mostě

MODEL 5

používá přímo monitorované údaje o dopravě, doplněné vhodnými statistickými a návrhovými extrapolacemi.

viz 4.6.6 ČSN EN 1991-2

- 1) užívá se pro posouzení únavové životnosti v závislosti na křivkách únavové pevnosti; lze použít pro přímé ověření návrhu zjednodušenými metodami, kde se vliv objemu celoroční dopravy a některých rozměrů mostu do výpočtu zahrnuje regulačním součinitelem λ_e závislým na materiálu
- 2) užívá se ke stanovení spektru napětí vznikajících od přejezdu nákladních vozidel po mostě

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ

Síla od nárazu na obrubník

$$F_{hy} = 100 \text{ kN} \quad \text{náraz v příčném směru}$$

Síla od nárazu na svodidla třída C nebo dle dokumentace navrženého svodidla

$$F_{hy} = 400 \text{ kN} \quad \text{náraz v příčném směru}$$

Síla od nárazu na zábradelní svodidla, na římsu a nosnou konstrukci

náraz v příčném směru 1,25x větší než únosnost přípoje sloupku

pro ZSNH4/H2 dle TP167

$$d_{zat} = 6 \text{ m}$$

$$F_{hy} = 40 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$M_{hy} = 33 \text{ kNm.m}^{-1}$$

Kotvení římsy - požadavky na únosnost kotvení římsy u 1 sloupku

$$F_{hy} = 40 \text{ kN} \quad \text{dle TP167}$$

$$M_{hy} = 33 \text{ kNm}$$

Zábradlí

na mostě - třída C

$$q_{minh} = 1 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$q_{minv} = 1 \text{ kN.m}^{-1}$$

ZATÍŽENÍ ZÁVĚRNÉ ZÍDKY

$$\text{svislá síla} \quad \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} =$$

$$\text{vodorovná síla} \quad 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} =$$

zemní tlak od násypu

ZATÍŽENÍ OPĚR A KŘÍDEL

model LM1 přepočtený na rovnoměrné zatížení s roznášením 30°

zemní tlak od násypu

ZATÍŽENÍ ZEMNÍM TLAKEM

$a / c = \tan \delta / \tan \phi$ parametry na styku se musí vybrat tak, aby

$$\sigma_a(z) = K_a (\int \gamma dz + q - u) + u - c \cdot K_{ac}$$

$$K_{ac} = 2 (K_a \cdot (1 + a / c))^{0,5} \text{ ale max } 2,56 \cdot (K_a)^{0,5}$$

$$\sigma_{\pi}(z) = K_{ap} (\int \gamma dz + q - u) + u + c \cdot K_{pc}$$

$$K_{pc} = 2 (K_p \cdot (1 + a / c))^{0,5} \text{ ale max } 2,56 \cdot (K_p)^{0,5}$$

Pro odvodněnou zeminu platí tyto hodnoty K_a , K_p , ϕ , c efektivní soudržnost.

Pro neodvodněnou zeminu platí $K_a = K_p = 1$, $c = c_u$.

Zemní tlak v klidu

$$\sigma_r = \sigma_z \cdot K_r$$

$$K_r = 1 - \sin \phi_{ef} \text{ pro nesoudržné zeminy}$$

$$K_r = \nu / (1 - \nu) \text{ obecně}$$

$$S_r = 0,5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_r$$

přetížení od svislého zatížení na povrchu terénu

$$\sigma_r = f_a \cdot K_r$$

$$\sigma_r = f_a \cdot (\sin^2 \alpha + K_r^2 \cdot \cos^2 \alpha)^{0,5}$$

$$\sigma_r = f_a \cdot K_r \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta / (\sin \phi - \sin^2 \beta)$$

Součinitele zatížení podle ČSN EN 1990-1991

stálé	$\gamma_G =$	1,35	1	
hlavní proměnné	$\gamma_{Q1} =$	1,5	0	
vedlejší proměnné	$\gamma_{Qi} =$	1,5	0	
kombinace	$\psi_0 =$	1		ČSN EN 1990/A čl.A.2.2.4 (2)
	$\psi_{0,1,2} =$	0,6		<u>ČSN EN 1990/zmA</u>

Třída spolehlivosti stavby RC3 mosty a inženýrské stavby

Kombinace zatížení pro mosty pozemních komunikací – součinitele

Typ zatížení	značení		Ψ_0	$\Psi_{1,infq}$	Ψ_1	Ψ_2
Zatížení dopravou	gr1a (LM1 + zatížení chodci neb cyklisty)	TS (dvojnápravy)	0,75	0,8	0,75	0
		UDL (rovnoměrné)	0,4	0,8	0,4	0
		chodci a cyklisti	0,4	0,8	0,4	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0,8	0,75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0,8	0	0
	gr4 (LM4 – zatížení davem lidí)		0	0,8	0,75	0
	gr5 (LM3 – zvláštní vozidla)		0	0	0	0
Zatížení větrem	F _w – trvalé návrhové situace		0,6	0,6	0,2	0
	- dočasné návrhové situace		0,8	-	-	0
	F _w		1	1	-	-
Zatížení teplotou	T _k		0,6	0,8	0,6	0,5
Zatížení sněhem	Q _{snk} – dočasné návrhové situace		0,8	-	-	-
Staveništní zatížení	Q _c		1	-	-	1

ψ_0 - pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

$\psi_{1,infq}$ - pro občasné hodnoty (s návratem 1 rok)

ψ_1 - pro častou hodnotu staveništního zatížení

ψ_2 - pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížitelnost dle ČSN 73 6222

nejnižší hodnota ze zatížitelností jednotlivých prvků nosné konstrukce a spodní stavby

stanovení zatížitelnosti:

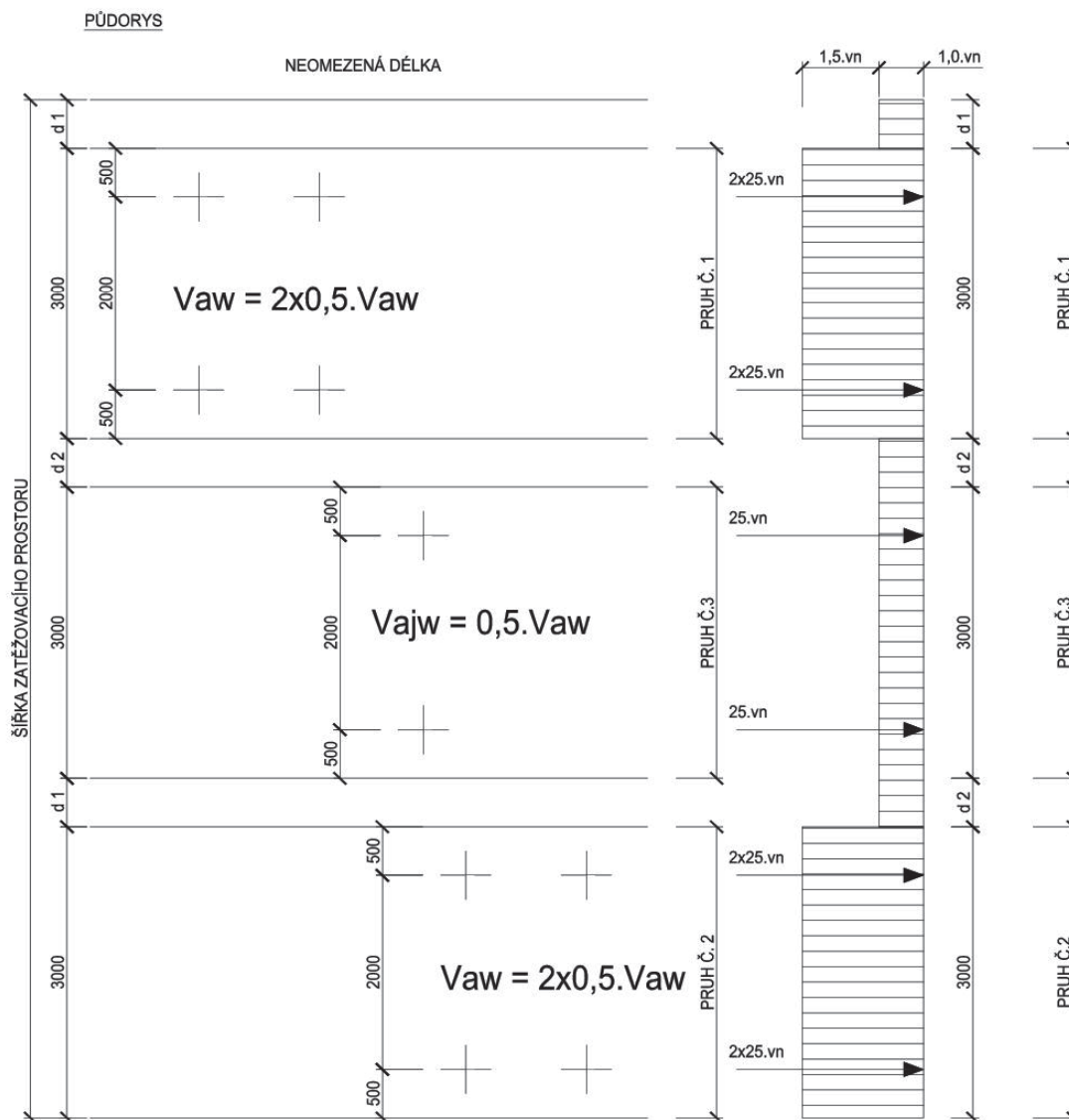
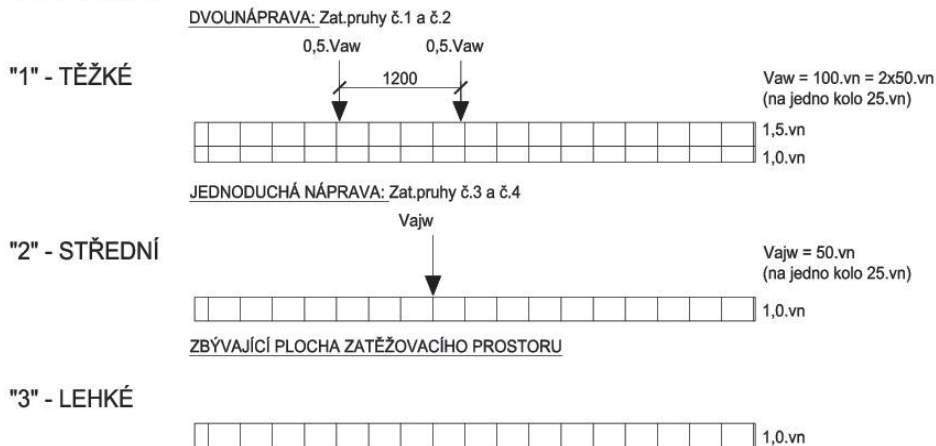
- a) podrobným statickým výpočtem (V)
- b) kombinovaným statickým výpočtem (K)

teoretický model lze ověřit zatěžovací zkouškou

Normální zatížitelnost

dle modelu zatížení LM1 dle ČSN EN 1991-2

TYP ZATÍŽENÍ



Konstrukce se zatíží podle tohoto schématu tak, aby bylo dosaženo maximálního účinku.
Podle rozhodujícího mezního stavu se určí odpovídající odolnost kritického prvku konstrukce.
Podle tohoto prvku se určí hodnota v_n .

Je nutno přihlídnout k dynamickým účinkům pohyblivého zatížení i k dílčím součinitelům spolehlivosti zatížení. γ_F .

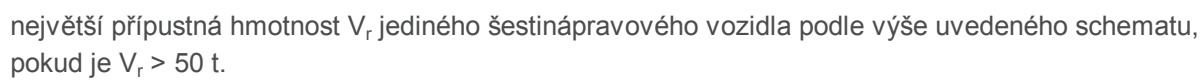
Číselná hodnota zatížení na zadní nápravu, případně dvounápravu v zatěžovacích pruzích 1,2
 $V_{aw} = 100 \cdot v_n$ (kN)

Tíha vozidla odpovídající normální zatížitelnosti
 $V_{nw} = 4/3 \cdot V_{aw}$ (kN)

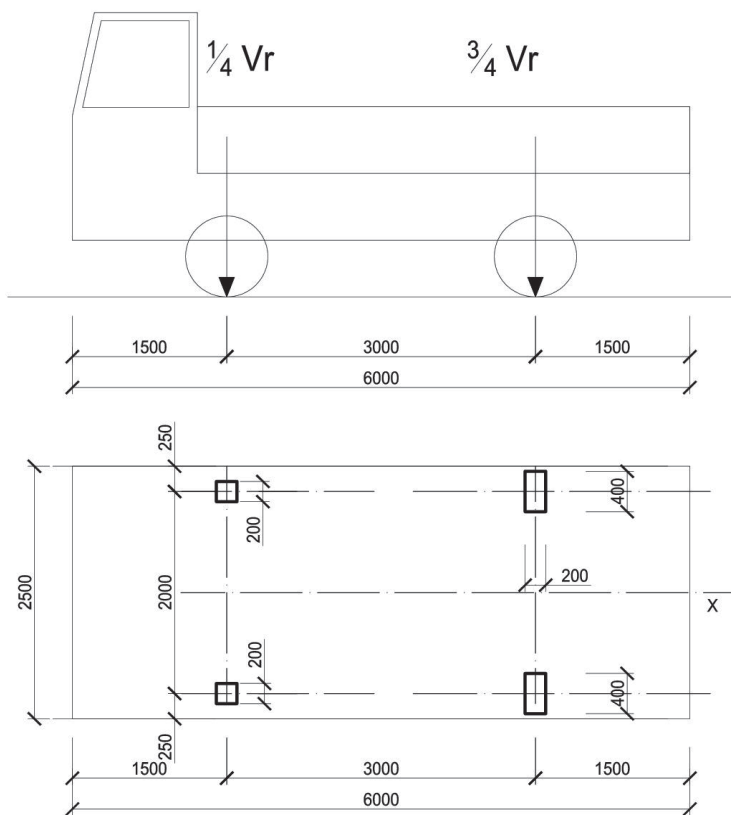
Normální zatížitelnost
 $V_n = 1/10 \cdot V_{nw}$ (t)

kde V_{nw} je tíha vozidla, pro které je podle schématu dosaženo meze odolnosti kritického prvku nosné konstrukce.

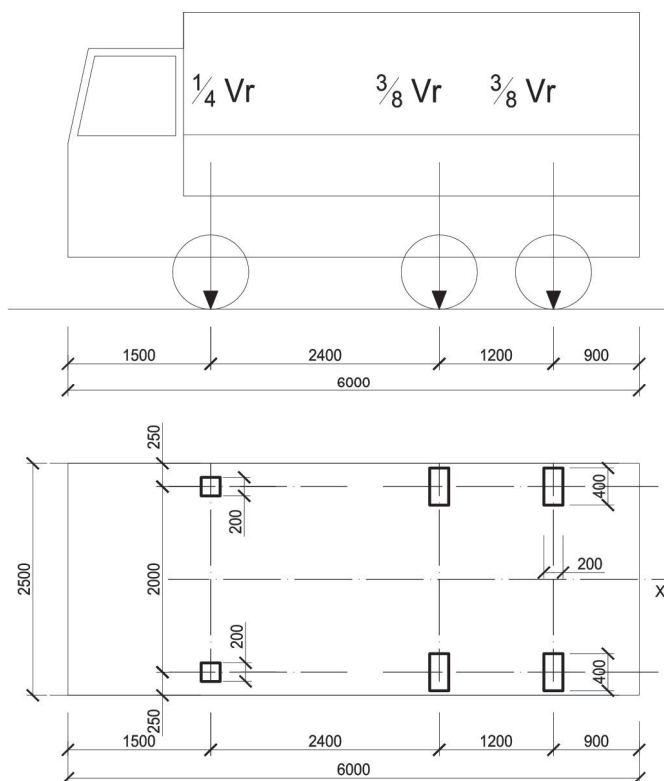
dle modelu zatížení ČSN 73 6222



Pokud je $V_r < 16$ t, pak jde o schema níže uvedené s dvounápravovým vozidlem.



Pokud je $V_r \geq 16$ t, pak jde o schema níže uvedené s třínápravovým vozidlem.



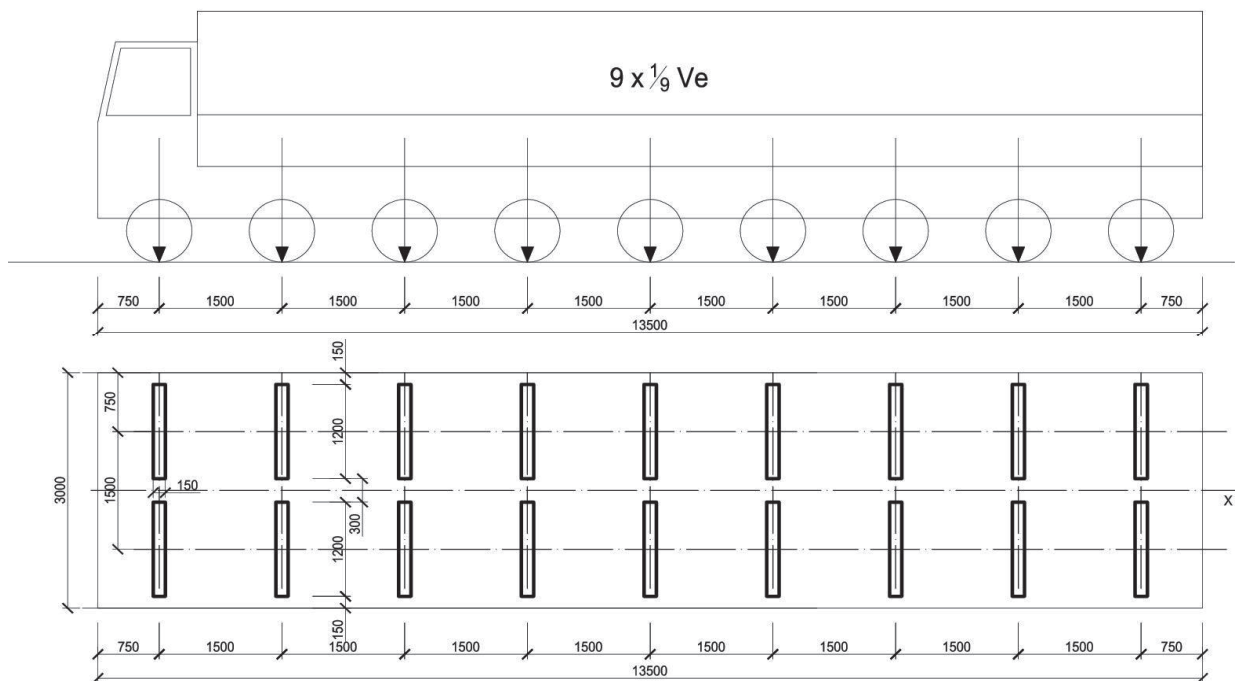
výhradní zatížitelnost

$$V_r = 1/10 \cdot V_{rw} \text{ (t)}$$

kde V_{rw} je tíha vozidla, pro které je dosaženo meze odolnosti kritického prvku nosné konstrukce

Výjimečná zatížitelnost

dle modelu zatížení ČSN 73 6222



Výjimečná zatížitelnost

$$V_e = 1/10 \cdot V_{ew} (t)$$

kde V_{ew} je tíha celého vozidla pro dosažení meze odolnosti kritického prvku nosné konstrukce

Vodorovné účinky zatížení při stanovení zatížitelnosti

brzdné síly

$$B = 0,45 \cdot V_{aw} + 0,04 \cdot v_{n1} \cdot W_1 \cdot L =$$

v_{n1} = rovnoměrné zatížení v pruhu č.1
 w_1 = šířka zatěžovacího pruhu č.1
 L = délka zatěžovací části nosné konstrukce

Sestavy zatížení dopravou pro stanovení zatížitelnosti mostů

Normální zatížitelnost

Sestava	Normální zatí: vodorovné síly	Zatížení chodníků a cykl.pruhů	$\Psi_{1,1}$	
n1	q_k	- $w_f = 2,5 \text{ kN.m}^{-2}$	$\Psi_{1,1} =$	0,75
n2	$\Psi_{1,1} \cdot q_k$	B_k		
n3	$\Psi_{1,1} \cdot q_k$			

Dynamické účinky zatížení dopravou při stanovení zatížitelnosti

Normální zatížitelnost

$$\delta = 1,2$$

$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923}$	f	L_d	δ_1	δ_2	δ_3
	9,9	11	1,25	1,2	1,15
	9,9	11	1,25	1,2	1,15

Výhradní zatížitelnost

$$\delta = 1,25$$

Výjimečná zatížitelnost

$$\delta = 1,05$$

Ostatní případy zatížení

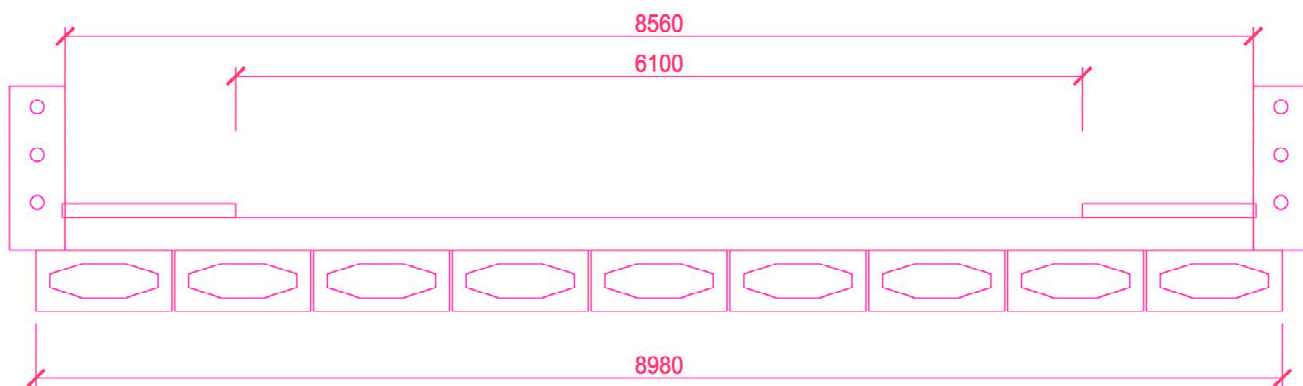
$\delta = 1,1$ vozovka
 $\delta = 1$ chodník

STATICKÉ SCHEMA

podélný řez

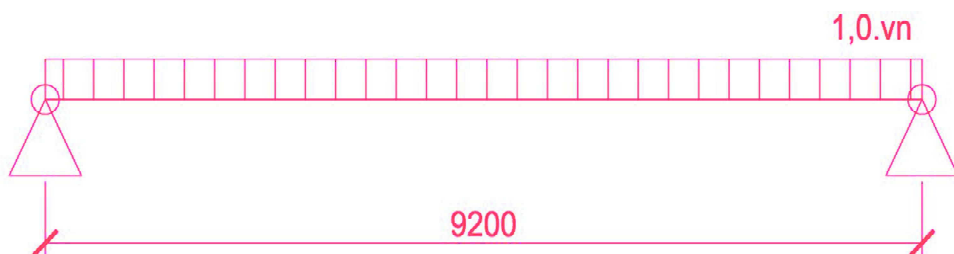


příčný řez

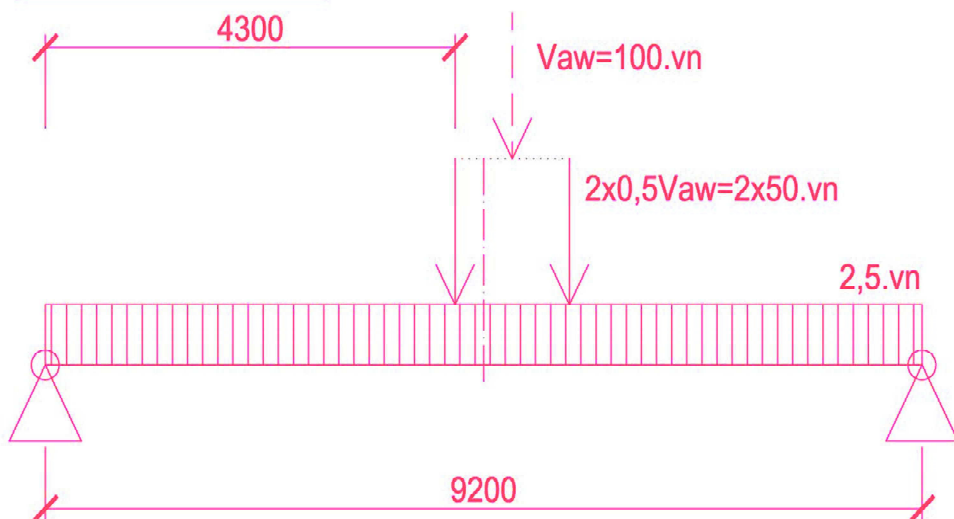


N: 2-náprava a rovnoměrné zatížení

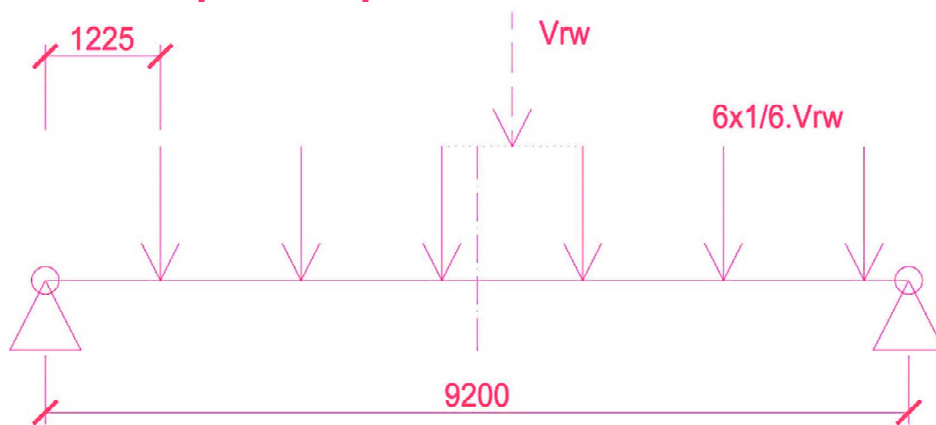
mimo zatěžovací jízdní pruhy



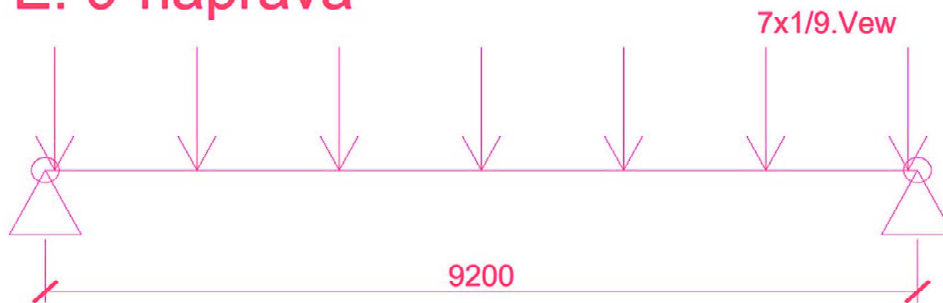
zatěžovací jízdní pruhy



R: 6-náprava pro 50t a víc

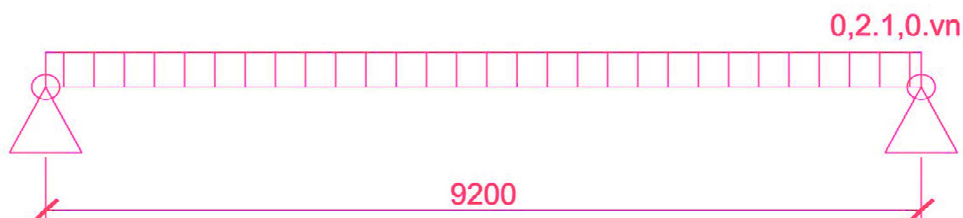


E: 9-náprava

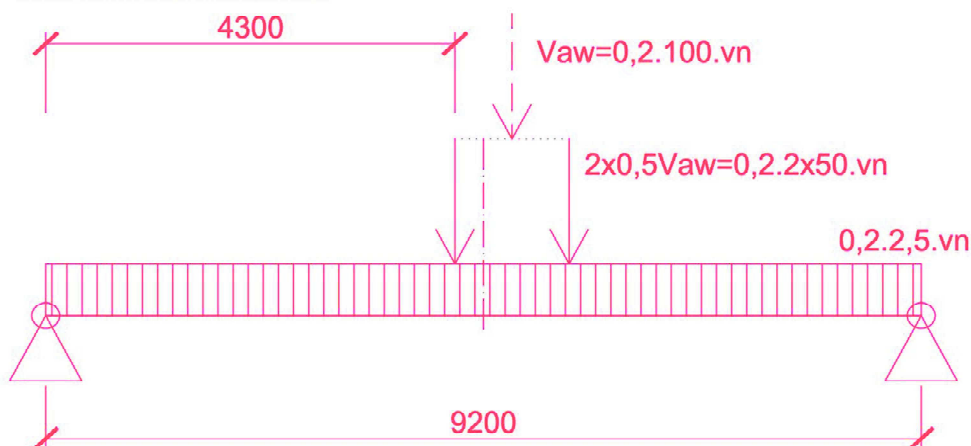


FAT: 2-náprava a rovnoměrné zatížení

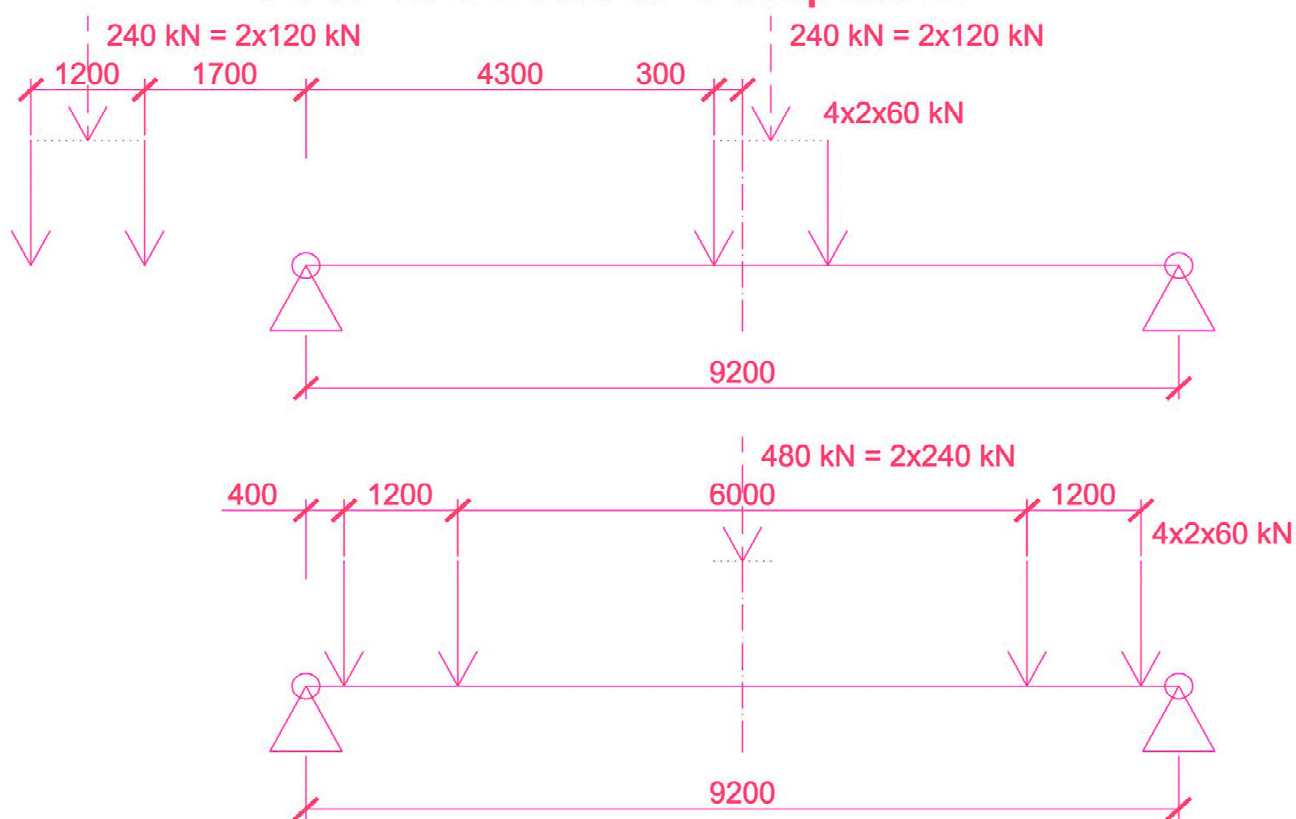
mimo zatěžovací jízdní pruhy



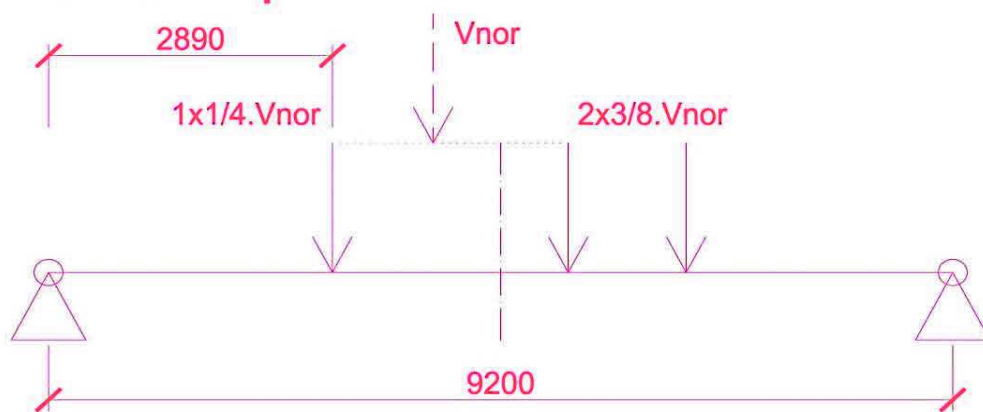
zatěžovací jízdní pruhy



FAT MODEL 3: 4-náprava



Nor: 3-náprava 32t



ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 1

roznášení $k=0,75$

$$q = q \cdot k = 0 \text{ kN/m}$$

$$Q = Q \cdot k = 78.75 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 4.3 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 4.9 \text{ m}$$

$$R_{\max} = (Q \cdot L + Q \cdot (L - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_A = (Q \cdot L_2 + Q \cdot (L_2 - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_B = 2 \cdot Q + q \cdot L - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot L_1 - q \cdot L_1^2 / 2 =$$

$$W_{\text{ydi}} = 36.47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{sp}} = 1\,039.54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{rs}} < \sigma_{0,2} \text{ vyhovuje}$$

$$\Delta\phi_{\text{fat}} = 1.30$$

$$\gamma_{\text{fat}} = 1.00$$

$$\delta_2 = 1.2$$

$$L_d = L = 9.2 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 11.7 \text{ Hz}$$

$$147.23 \text{ kN}$$

$$73.61 \text{ kN}$$

$$83.89 \text{ kN}$$

$$316.54 \text{ kNm}$$

	M_{cd}	σ_{rs}
min	204.7	-1 015.88
max	625.0	-967.28
Δ	420.3	48.6

ZATÍŽENÍ ÚNAVA MODEL 3

roznášení $k=0,75$

$$Q = Q \cdot k = 45 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 4.3 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 4.9 \text{ m}$$

$$R_{\max} = (Q \cdot L + Q \cdot (L - 1,2)) / L =$$

$$R_A = (Q \cdot L_2 + Q \cdot (L_2 - 1,2)) / L =$$

$$R_B = 2 \cdot Q - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot L_1 =$$

$$L_1 = 0.4 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 8.8 \text{ m}$$

$$R_{\max} = (4 \cdot Q \cdot L + Q \cdot (0 - 1,2 - 7,2 - 8,4)) / L =$$

$$R_A = 2 \cdot Q =$$

$$R_B = 4 \cdot Q - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot (L_1 + 1,2) - Q \cdot 1,2 =$$

$$W_{\text{ydi}} = 36.47 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Delta\phi_{\text{fat}} = 1.40$$

$$\gamma_{\text{fat}} = 1.00$$

$$\delta_2 = 1.2$$

$$L_d = L = 9.2 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 11.7 \text{ Hz}$$

$$84.13 \text{ kN}$$

$$42.07 \text{ kN}$$

$$47.93 \text{ kN}$$

$$180.88 \text{ kNm}$$

$$97.83 \text{ kN}$$

$$90.00 \text{ kN}$$

$$90.00 \text{ kN}$$

$$90.00 \text{ kNm}$$

1	M_{cd}	σ_{rs}
min	131.2	-1018.31
max	348.2	-983.17
Δ	217.1	35.1

2	M_{cd}	σ_{rs}
min	239.2	-1000.82
max	348.2	-983.17
Δ	109.1	17.7

ZATÍŽENÍ MODEL 1roznášení $k=0,75$

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

$$Q = Q \cdot k = 112.5 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 4.3 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 4.9 \text{ m}$$

$$R_{\max} = (Q \cdot L + Q \cdot (L - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_A = (Q \cdot L_2 + Q \cdot (L_2 - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_B = 2 \cdot Q + q \cdot L - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot L_1 - q \cdot L_1^2 / 2 =$$

$$\Delta\phi_d = 1.40$$

$$\gamma_Q = 1.5$$

$$\delta_2 = 1$$

$$L_d = L = 9.2 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 11.7 \text{ Hz}$$

$$251.73 \text{ kN}$$

$$146.56 \text{ kN}$$

$$161.24 \text{ kN}$$

$$547.02 \text{ kNm}$$

ZATÍŽITELNOST Nroznášení $k=0,75$

$$k_{\text{roz}} = 0.750 - \text{koeficient příčného roznášení zatížení (dvojnáprava na 3 nosníky)}$$

$$q = 2.5 \text{ kN/m}$$

$$Q = Q \cdot k = 18.75 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 4.3 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 4.9 \text{ m}$$

$$R_{\max} = (Q \cdot L + Q \cdot (L - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_A = (Q \cdot L_2 + Q \cdot (L_2 - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$$

$$R_B = 2 \cdot Q + q \cdot L - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot L_1 - q \cdot L_1^2 / 2 =$$

$$\gamma_Q = 1.5$$

$$\delta_2 = 1.2$$

$$L_d = L = 9.2 \text{ m}$$

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 11.7 \text{ Hz}$$

$$46.55 \text{ kN}$$

$$29.03 \text{ kN}$$

$$31.47 \text{ kN}$$

$$101.70 \text{ kNm}$$

ZATÍŽITELNOST R

$$k_{\text{roz}} = 0.667 - \text{koeficient příčného roznášení zatížení (dvojnáprava na 3 nosníky)}$$

$$Q = 1/12 \cdot V_{\text{rw}} = 0.083 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 1.225 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 7.975 \text{ m}$$

$$R_{\max} = k_{\text{roz}} \cdot (6 \cdot Q \cdot L - 15 \cdot 1,5 \cdot Q) / L =$$

$$R_A = k_{\text{roz}} \cdot (6 \cdot Q \cdot L_2 - 15 \cdot 1,5 \cdot Q) / L =$$

$$R_B = k_{\text{roz}} \cdot 6 \cdot Q - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot (L_1 + 3) - k_{\text{roz}} \cdot Q \cdot (1,5 + 3) =$$

$$\gamma_Q = 1.5$$

$$\delta_1 = 1.25$$

$$0.197 \text{ kN}$$

$$0.153 \text{ kN}$$

$$0.180 \text{ kN}$$

$$0.397 \text{ kNm}$$

ZATÍŽITELNOST E

$$k_{\text{roz}} = 0.667$$

$$Q = 1/18 \cdot V_{\text{ew}} = 0.056 \text{ kN}$$

$$L = 9.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 0.1 \text{ m}$$

$$L_2 = L - L_1 = 9.1 \text{ m}$$

$$R_{\max} = k_{\text{roz}} \cdot (7 \cdot Q \cdot L - 21 \cdot 1,5 \cdot Q) / L =$$

$$R_A = k_{\text{roz}} \cdot (7 \cdot Q \cdot L_2 - 21 \cdot 1,5 \cdot Q) / L =$$

$$R_B = k_{\text{roz}} \cdot 7 \cdot Q - R_A =$$

$$M_{\max} = R_A \cdot (L_1 + 4,5) - k_{\text{roz}} \cdot Q \cdot (1,5 + 3 + 4,5) =$$

$$\gamma_Q = 1.5$$

$$\delta = 1.05$$

$$0.132 \text{ kN}$$

$$0.130 \text{ kN}$$

$$0.130 \text{ kN}$$

$$0.263 \text{ kNm}$$

VLASTNÍ TÍHA A OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$g_o = 5.46 \text{ kN/m} \quad 250 \text{ mm (180 mm živice a 80 mm beton)}$$

$$g_s = 6.94 \text{ kN/m} \quad \text{ŽB (A = 0,2766 m}^2 \text{ průřez)}$$

$$\gamma_Q = 1.35 \quad \gamma_{\text{fat}} = 1.00$$

$$R_A = (q + g) \cdot L / 2 =$$

$$R_B = R_A =$$

$$M_{\max} = (q + g) \cdot L^2 / 8 =$$

$$57.040 \text{ kN}$$

$$57.040 \text{ kN}$$

$$131.192 \text{ kNm}$$

ZATÍŽITELNOST ÚNAVAroznášení $k = 0,75$

normové vozidlo	$V_{\text{nor}} =$	32	t
základní vozidlo	$V_n =$	51	t
únavové vozidlo	$V_{\text{fat}} =$	10.2	t

když	$V_n \geq V_{\text{nor}}$	$V_{\text{fat}} = k_0 \cdot V_n =$	10.2	t
když	$V_n < V_{\text{nor}}$	$V_{\text{fat}} = k \cdot V_n =$	-	t
$k =$	-			
$k_0 =$	0.2	dle tab. 9.3		

$q =$	0.5 kN/m	$\gamma_{\text{fat}} =$	1.00	
$Q =$	3.75 kN	$\delta_2 =$	1.2	
$L =$	9.2 m	$L_d = L =$	9.2	m
$L_1 =$	4.3 m	$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} =$	11.7	Hz
$L_2 = L - L_1 =$	4.9 m			
$R_{\text{max}} = (Q \cdot L + Q \cdot (L - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$			9.31	kN
$R_A = (Q \cdot L_2 + Q \cdot (L_2 - 1,2)) / L + q \cdot L / 2 =$			5.81	kN
$R_B = 2 \cdot Q + q \cdot L - R_A =$			6.29	kN
$M_{\text{max}} = R_A \cdot L_1 - q \cdot L_1^2 / 2 =$			20.34	kNm
$k_{\text{pom}} = V_{\text{fat}} \cdot \delta_2 / V_{\text{nor}} =$	0.3825			
$n_{\text{rok}} =$	12 000	sk.400, max.500 vozidel/24h celkem pro oba směry, TNV 20%		
$n_{\text{ziv}} = n_{\text{rok}} \cdot 100 \cdot 0,2 \cdot 0,5 =$	120 000	TNV pro jeden směr		

$V_{\text{nor}} =$	32 t			
$Q_1 = 1 / 8 \cdot V_{\text{nor}} =$	40 kN	$\gamma_{\text{fat}} =$	1.00	
$Q_2 = 3 / 16 \cdot V_{\text{nor}} =$	60 kN	$\delta_2 =$	1.2	
$L =$	9.2 m	$L_d = L =$	9.2	m
$L_1 =$	2.89 m	$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} =$	11.7	Hz
$L_2 = L - L_1 =$	6.31 m			
$R_{\text{max}} = (Q_2 \cdot (2 \cdot L - 1,2) + Q_1 \cdot (L - 3,6)) / L =$			136.52	kN
$R_A = (Q_1 \cdot L_2 + Q_2 \cdot (2 \cdot L_2 - 4,8)) / L =$			78.43	kN
$R_B = Q_1 + 2 \cdot Q_2 - R_A =$			81.57	kN
$M_{\text{max}} = R_A \cdot (L_1 + 2,4) - Q_1 \cdot 2,4 =$			318.92	kNm

$\Delta\sigma_{\text{LM1}} =$	28.51	MPa	$\Delta\sigma_{\text{LM1}} / \Delta\sigma_{V_{\text{nor}}} =$	2.001	
$\Delta\sigma_{V_{\text{nor}}} =$	14.25	MPa	$n_{\text{rok}} =$	22	TNV dle tab.9.1
			$n_{\text{ziv}} = n_{\text{rok}} \cdot 100 =$	2 200	TNV

Předpínací síly v nosníku KA-61

všechny dráty jsou předepnuté na napětí (sílu)

$$\begin{aligned}d &= \mathbf{4.5} \text{ mm} & A_{d1} &= \mathbf{15.9} \text{ mm}^2 \\ \sigma_p &= \mathbf{13\,250} \text{ kp.cm}^{-2} & k_{rel} &= \mathbf{0.8} \text{ koeficient relaxace předepnutí} \\ P &= \mathbf{23.19} \text{ Mp}\end{aligned}$$

kabel číslo	počet drátů	σ_p [kp.cm ⁻²]	P [Mp]	A_d [mm ²]	σ_p [MPa]	P [kN]
1	8	13 250	16.86	127.2	1 299	165.3
2	12	13 250	25.29	190.9	1 299	248.0
3	12	13 250	25.29	190.9	1 299	248.0
4	12	13 250	25.29	190.9	1 299	248.0
5	12	13 250	25.29	190.9	1 299	248.0
6	12	13 250	25.29	190.9	1 299	248.0

Předpínací síly před relaxací

Předpínací síly po relaxaci

i	z_i [mm]	P_i [kN]	A_d [mm ²]	i	z_i [mm]	P_i [kN]
1	50	330.7	254.47	1	50	264.5
2	335	496.0	381.70	2	335	396.8
3	400	1 984.0	1526.81	3	400	1 587.2
			2162.99			

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

	M_d (kNm)	M_{dr} (kNm)
únosnost průřezu / zbývající únosnost průřezu	881.88	881.88
od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení	177.11	704.77

	násobek	zatížitelnost		
zatížitelnost N	3.84975	51	704.77	0.00
zatížitelnost R	947.357	94	704.766	0.000
zatížitelnost E	1701.648	170	704.766	0.000

MEZNÍ STAV ÚNAVY

	zatížitelnost
zatížitelnost N	51

ÚNOSNOST PRŮŘEZU KA-61

C 40/50

h = 450 mm
b = 1000 mm
h_l = mm

d_s = 20 mm
A_{s1} = 314.16 mm²
n_s = 0

a = 60 mm
d = 390 mm
N_{Sd} = 0.0 kN
M_{Sd} = 0.0 kNm
k_{r1} = 1.0000

M_{Sdq1} = 0.0 kNm
N_{Sdq1} = 0.0 kN

beton : C 40/50
charakteristická tlaková pevnost f_{ck} = 40.00 MPa
poměrné stlačení betonu ε_{c2} = 2.00 ‰
exponent n = 2
maximální poměrné stlačení betonu ε_{cu2} = 3.50 ‰
λ = 0.8
η = 1
poměrné stlačení betonu -bilineární ε_{c3} = 1.75 ‰
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární ε_{cu3} = 3.50 ‰
E_{cm} = 35 GPa

ocel : R 400
E_s = 200 GPa
f_{yk} = 400 MPa
γ_s = 1.15
ε_{uk} = 75 ‰
ε_{ud} = 0,9 · ε_{uk} = 67.5 ‰
f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 347.8 MPa
ε_{yd} = f_{yk} / E = 2 ‰

poměrné přetvoření ε_c = 3.5
ε_s = 5 ‰
α_{cc} = 1.0 doporučená hodnota 1,0
γ_c = 1.5 trvalá a dočasná návrhová situace
f_{cd} = α_{cc} · f_{ck} / γ_c = 26.67 MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	264.5	13.23
2	335	396.8	132.93
3	400	1 587.2	634.87

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2248.51 kN
M_{pRd} = 781.03 kNm

Statické hodnoty složeného průřezu

j	i
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
	6

t _j (mm)	h _i (mm)	b _{j1} (mm)	b _{j2} (mm)	y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
100	0	940	940	940	100	94 000	50.00	4 700
80	100	680	200	607.241	12.1265	7 805	105.95	827
90	180	200	200	0	0	0	180.00	0
80	270	200	680	0	0	0	0.00	0
40	350	900	900	0	0	0	350.00	0
60	390	980	980	0	0	0	390.00	0
	450							

j	i
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
	6

y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
940	89.7012	84 319	44.85	3 782
0	0	0	0.00	0
0	0	0	180.00	0
0	0	0	0.00	0
0	0	0	350.00	0
0	0	0	390.00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$x = z_{ci} = 112.1265 \text{ mm}$
 $A_c = 102 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $S_c = 5.527 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} = 89.701 \text{ mm}$
 $A_{c\lambda} = 84.319 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $S_{c\lambda} = 3.782 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 44.85 \text{ mm}$
 $M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} = 100.85 \text{ kNm}$

i	n	z_i [mm]	A_i (mm ²)	S_i (.10 ³ mm ³)	M_{srd} (kNm)
1	0	60	0.0	0.0	0.00
2	0	390	0.0	0.0	0.00
3	0	340	0.0	0.0	0.00
4	0	0	0.0	0.0	0.00

$A_s = 0.00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

$M_{sRd} = 0.00 \text{ kNm}$

$A_{c\lambda} = 84319 \text{ mm}^2$
 $A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{s1i}) = 0 \text{ mm}^2$

$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 248.18 \text{ mm}$ z rovnováhy přetvoření

$\lambda \cdot x = 89.70 \text{ mm}$
 $F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} = 2248.51 \text{ kN}$
 $F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} = 0.00 \text{ kN}$
 $F_{pd} = 2248.51 \text{ kN}$
 $F_{sd} + F_{pd} - F_c = 0.00 \text{ kN}$ musí být rovno nule (rovnováha sil)

$M_{Rd} = M_{cRd} + M_{srd} + M_{prd} = 881.9 \text{ kNm} > M_{Sd} = 0.00 \text{ kNm}$ *vyhovuje*

průřez bez smykové výztuže

$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$
 $A_c = 276\,600 \text{ mm}^2$

$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 0.0 \text{ kN}$
 $V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 214.3 \text{ kN}$

$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1.67 \leq 2,0$
 $\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0.0000 \leq 0,02$

$V_{Sdc} = 226 \text{ kN}$
 $V_{Sde1} = 226.00 \text{ kN}$

$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0.12$
 $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.48$
 $k_1 = 0.15$
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$
 $V_{Sdcr} = V_{Sde1} \cdot 0,7 = 158.20 \text{ kN}$

$V_{Rdc} = 214.3 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 158.20 \text{ kN}$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

ÚNOSNOST PRŮŘEZU KA-61

C 40/50 ▼

h = 450 mm

b = 1000 mm

h_l = mm

d_s = 20 mm

A_{sl} = 314.16 mm²

n_s = 0

a = 60 mm

d = 390 mm

N_{Sd} = 0.0 kN

M_{Sd} = 0.0 kNm

k_{r1} = 1.0000

M_{Sdq1} = 0.0 kNm

N_{Sdq1} = 0.0 kN

beton :

C 40/50

charakteristická tlaková pevnost

f_{ck} = 40.00 MPa

poměrné stlačení betonu

ε_{c2} = 2.00 ‰

exponent

n = 2

maximální poměrné stlačení betonu

ε_{cu2} = 3.50 ‰

λ = 0.8

η = 1

poměrné stlačení betonu -bilineární

ε_{c3} = 1.75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

ε_{cu3} = 3.50 ‰

E_{cm} = 35 GPa

ocel :

R 400

E_s = 200 GPa

f_{yk} = 400 MPa

γ_s = 1.15

ε_{uk} = 75 ‰

ε_{ud} = 0,9 · ε_{uk} = 67.5 ‰

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 347.8 MPa

ε_{yd} = f_{yk} / E = 2 ‰

poměrné přetvoření

ε_c = 3.5 ‰

ε_s = 5 ‰

α_{cc} = 1.0 doporučená hodnota 1,0

γ_c = 1.5 trvalá a dočasná návrhová situace

f_{cd} = α_{cc} · f_{ck} / γ_c = 26.67 MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	264.5	13.23
2	335	396.8	132.93
3	400	1 587.2	634.87

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2248.51 kN

M_{pRd} = 781.03 kNm

Statické hodnoty složeného průřezu

j	i
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
	6

t _i (mm)	h _i (mm)	b _{i1} (mm)	b _{i2} (mm)	y _i (mm)	z _i (mm)	A _i (mm ²)	z _{ti} (mm)	S _i (.10 ³ mm ³)
100	0	940	940	940	74.751	70 266	37.38	2 626
80	100	680	200	0	0	0	0.00	0
90	180	200	200	0	0	0	180.00	0
80	270	200	680	0	0	0	0.00	0
40	350	900	900	0	0	0	350.00	0
60	390	980	980	0	0	0	390.00	0
	450							

j	i
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
	6

y _i (mm)	z _i (mm)	A _i (mm ²)	z _{ti} (mm)	S _i (.10 ³ mm ³)
940	59.8008	56 213	29.90	1 681
0	0	0	0.00	0
0	0	0	180.00	0
0	0	0	0.00	0
0	0	0	350.00	0
0	0	0	390.00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x &= z_{ci} = 74.751 \text{ mm} \\A_c &= 70 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_c &= 2.626 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= \lambda \cdot z_{ci} = 59.801 \text{ mm} \\A_{c\lambda} &= 56.213 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_{c\lambda} &= 1.681 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\z_{c\lambda} &= S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 29.90 \text{ mm} \\M_{cRd} &= F_c \cdot z_{c\lambda} = 67.23 \text{ kNm}\end{aligned}$$

i	n	z _i [mm]	A _i (mm ²)	S _i (.10 ³ mm ³)	M _{srd} (kNm)
1	0	60	0.0	0.0	0.00
2	0	390	0.0	0.0	0.00
3	0	340	0.0	0.0	0.00
4	0	0	0.0	0.0	0.00

$$A_s = 0.00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 56213 \text{ mm}^2 \\A_{st} &= \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) = 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 182.00 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 59.80 \text{ mm} \\F_c &= A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{ck} = 2248.51 \text{ kN} \\F_{sd} &= A_{st} \cdot f_{yk} = 0.00 \text{ kN} \\F_{pd} &= 2248.51 \text{ kN} \\F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0.00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 848.3 \text{ kNm} > M_{Sd} = 0.00 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

průřez bez smykové výztuže

$$\begin{aligned}N_{Ed} &= 0 \text{ kN} \\A_c &= 276\,600 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Rdc} &= (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 0.0 \text{ kN} \\V_{Rdc} &= (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 214.3 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= 1 + (200 / d)^{1/2} = 1.67 \leq 2.0 \\ \rho_l &= A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0.0000 \leq 0.02\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Sdc} &= 226 \text{ kN} \\V_{Sdc1} &= 226.00 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{Rdc} &= 0.18 / \gamma_c = 0.12 \\v_{min} &= 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.48 \\k_l &= 0.15 \\ \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$V_{Sdkr} = V_{Sdc1} \cdot 0.7 = 158.20 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 214.3 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 158.20 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smykové výztuž

průřez se smykovou výztuží

$$\begin{aligned}s &= 300 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost třmíneků} \\f_{ywd} &= 347.83 \text{ MPa} \quad \text{návrhová mez kluzu smykové výztuže} \\v &= 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0.504 \\v_l &= v = 0.504 \quad \text{redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem} \\ \alpha_{cw} &= 0.3 \\z &= d - S_c / A_c = 352.6 \text{ mm} \\ \theta &= 45^\circ \quad \text{musí být z intervalu } 21.8^\circ - 45^\circ \\ \text{tg } \theta &= 1.000 \\ \text{cotg } \theta &= 1.000 \\A_{sw} &= 800 \text{ mm}^2 \\a_s &= 20 \text{ mm} \\n &= 8\end{aligned}$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 327.1 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 158.20 \text{ kN}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 710.9 \text{ kN} > V_{Sdkr} = 158.20 \text{ kN}$$

smyková výztuž vyhovuje

ÚNAVA

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0.000 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\
 A_p &= 2162.99 \text{ mm}^2 \\
 \xi &= 0.3 \\
 \phi_s &= 12 \text{ mm} \\
 \phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0.5} = 74.41 \text{ mm} \\
 \eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0.5}) \\
 \eta &= 4.55
 \end{aligned}$$

dle tab.6.2 EN 1992-1-1
největší použitý průměr betonářské výztuže
průměr předpínací výztuže

Ověření pro betonářskou a předpínací ocel - dle Palmgren - Minerova pravidla

$$\begin{aligned}
 \gamma_{fat} &= 1.00 \\
 \Delta\sigma &= \text{MPa} \\
 \Delta\sigma_{Rsk} &= 120 \text{ MPa} \\
 \gamma_{Sfat} &= 1 \\
 \Delta\sigma_{Rsfat} &= \Delta\sigma_{Rsk} / \gamma_{Sfat} = 120 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

dle tab.6.4N EN 1992-1-1
rozkmít zatížení
odolnost pro N* cyklů
odolnost pro N* cyklů

$$\begin{aligned}
 n(\Delta\sigma) &= \text{použitý počet cyklů s rozkmitem } \Delta\sigma \\
 N(\Delta\sigma) &= \text{počet cyklů rozkmitu } \Delta\sigma, \text{ který vyvolí únavové porušení}
 \end{aligned}$$

$$D_{Ed} = n(\Delta\sigma) / N(\Delta\sigma) < 1 \quad \text{součinitel únavového poškození}$$

log N	log $\Delta\sigma_{Rsk}$
0	3.09
1	3.09
6	2.08
13	1.08

$$\begin{aligned}
 \sigma_{0.2} &= 12\,000 \text{ kp/cm}^2 \\
 \sigma_{0.2} &= 1\,224 \text{ MPa} \\
 \log \sigma_{0.2} &= 3.09
 \end{aligned}$$

zaručená smluvní mez kluzu

	$\Delta\sigma$	N	n
1	17.7	#####	10 000
2	35.1	#####	5 000
3	0	1 000 000	0

$$D_{Ed} = 0.000 < 1$$

$$\begin{aligned}
 M_{Sgfat} &= 131.2 \text{ kNm} \\
 M_{SQfat} &= 0.0 \text{ kNm} \\
 M_{Sfat} &= 131.2 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{yfat} &= f_{yk} / \gamma_{Sfat} = 1\,224.00 \text{ MPa} \\
 W_{yd} &= M_{Rd} / f_{yfat} = 0.69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 M_{Rd} &= M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 848.3 \text{ kNm} \\
 f_{cfat} &= f_{ck} / \gamma_{Sfat} = 40.00 \text{ MPa} \\
 W_{yd} &= M_{Rd} / f_{cfat} = 21.21 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\Delta\sigma_{equ} = \Delta\sigma_{ec} \cdot \lambda_s$$

síly od modelu zatížení únavou 3 násobit

1.4 pro posouzení v jiných oblastech

1.75 pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma_{ec} &= 35.13 \\
 \lambda_s &= 1.15 \\
 \lambda_{s1} &= 1.15 \\
 \lambda_{s2} &= 1.15 \\
 \lambda_{s3} &= 1 \\
 \lambda_{s4} &= 1.4 \\
 \phi_{fat} &= 1.4
 \end{aligned}$$

rozkmít napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3
součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)
druh konstrukčního prvku a poškozující účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu
intenzita dopravy
návrhová provozní životnost mostu
při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu
dynamický součinitel -drsnost povrchu vozovky

1,2 - dobrá kvalita; 1,4 - střední kvalita

$$\begin{aligned}
 \lambda_s &= \phi_{fat} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \\
 \lambda_s &= 4.067
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_2 &= 9 \\
 Q &= 0.82 \\
 N_{obs} &= 50\,000 \\
 \lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{obs} / 2)^{1/k_2} = 2.526
 \end{aligned}$$

dle tab 6.4N EN 1992-1-1
dle tab NN.1 EN 1992-2

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma_s = k_1 &= 70 \text{ MPa} \\
 \lambda_{s2} &= Q \cdot (N_{obs} / 2)^{1/k_2} = 2.526
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Years} &= 100 \\
 \lambda_{s3} &= (N_{Years} / 100)^{1/k_2} = 1.000
 \end{aligned}$$

návrhová životnost mostu

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{equ} = \Delta\sigma_{ec} \cdot \lambda_s = 142.90 \text{ MPa} < \Delta\sigma_s = 70 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Ověření betonu namáhaného tlakem nebo smykem

Dle Minerova pravidla: $\sum (n_i / N_i) \leq 1$
pro $i = 1$ až m

m - počet intervalů s konstantní amplitudou
 n_i - skutečný počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " i "
 N_i - maximální počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu " i "

$$N_i = 10 \cdot e^{\exp(14 \cdot (1 - E_{cdmaxi} / (1 - R_i)^{0.5}))}$$

$$R_i = E_{cdmini} / E_{cdmaxi}$$

$$E_{cdmini} = \sigma_{cdmini} / f_{cdfat}$$

$$E_{cdmaxi} = \sigma_{cdmaxi} / f_{cdfat}$$

- poměr napětí

σ_{cdmini} , σ_{cdmaxi} - dolní a horní napětí v zatěžovacím cyklu

E_{cdmaxi} , E_{cdmini} - minimální a maximální úroveň tlakového napětí

$$f_{cdfat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 19.93$$

MPa - návrhová hodnota únavové pevnosti betonu

$$k_1 = 0.85$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^{\exp(s \cdot (1 - (28 / t_0)^{0.5}))} = 1.047$$

- součinitel pevnosti betonu při jeho prvním zatížení

$$s = 0.25$$

- koeficient druhu cementu (0,20 - třída R, 0,25 - třída N, 0,38 - třída S)

$$t_0 = 42$$

- stáří betonu ve dnech, na začátku cyklického zatěžování

$$f_{cd} = 26.67$$

MPa

$$f_{ck} = 40.00$$

MPa

	M_{cd}	σ_{cd}
min	204.7	9.65
max	625.0	29.47

C 40/50 ▼

h = 450 mm

b = 1000 mm

h₁ = mm

d_s = 20 mm

A_{s1} = 314.16 mm²

n_s = 0

a = 60 mm

d = 390 mm

N_{Sd} = 0.0 kN

M_{Sd} = 0.0 kNm

k_{r1} = 1.0000

M_{Sdq1} = 0.0 kNm

N_{Sdq1} = 0.0 kN

	j	i
obd	1	0
	2	1
obd	3	2
	4	3
obd	5	4
obd	6	5
		6

	j	i
	1	0
	2	1
	3	2
	4	3
	5	4
	6	5
		6

PRUŽNÁ ÚNOSNOST PRŮŘEZU KA-61

celý průřez pro plné předpětí

beton :

C 40/50

charakteristická tlaková pevnost

f_{ck} = 40.00 MPa

poměrné stlačení betonu

ε_{c2} = 2.00 ‰

exponent

n = 2

maximální poměrné stlačení betonu

ε_{cu2} = 3.50 ‰

λ = 0.8

η = 1

poměrné stlačení betonu -bilineární

ε_{c3} = 1.75 ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární

ε_{cu3} = 3.50 ‰

E_{cm} = 35 GPa

ocel :

R 400

E_s = 200 GPa

f_{yk} = 400 MPa

γ_s = 1.15

ε_{uk} = 75 ‰

ε_{ud} = 0,9 · ε_{uk} = 67.5 ‰

f_{yd} = f_{yk} / γ_s = 347.8 MPa

ε_{yd} = f_{yk} / E = 2 ‰

poměrné přetvoření

ε_c = 3.5 ‰

ε_s = 5 ‰

α_{cc} = 1.0 doporučená hodnota 1,0

γ_c = 1.5 trvalá a dočasná návrhová situace

f_{cd} = α_{cc} · f_{ck} / γ_c = 26.67 MPa

ω = E_s / E_{cm} = 5.714

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)	A _{it} [mm ²]	S _{ipr} (mm ³)	I _{ipr} (mm ⁴)	M _{ptd} (kNm)
1	50	264.5	13.23	254.5	12 723	11 132 817	55.33
2	335	396.8	132.93	381.7	127 871	2 195 265	-30.09
3	400	1 587.2	634.87	1 526.8	610 725	30 284 387	-223.53
		2 248.5	781.0	2 163	751 320	43 612 469	-198.3

z_{pti}=S_{pr}/A_{pr}= 347.35 mm

F_{pd}=Σ(P_{it})= 2248.51 kN

M_{pRd} = 198.30 kNm

Statické hodnoty složeného průřezu

t _i (mm)	h _i (mm)	b _{i1} (mm)	b _{i2} (mm)	y _i (mm)	z _i (mm)	A _i (mm ²)	z _{ti} (mm)	S _i (.10 ³ mm ³)	I _i (.10 ³ mm ⁴)
100	0	940	940	940	100	94 000	50.00	4 700	4 190 759
80	100	680	200	200	80	35 200	341.36	12 016	254 755
90	180	200	200	200	90	18 000	225.00	4 050	33 158
80	270	200	680	680	80	35 200	340.00	11 968	246 929
40	350	900	900	900	40	36 000	370.00	13 320	447 053
60	390	980	980	980	60	58 800	420.00	24 696	1 538 708
	450								

y _i (mm)	z _i (mm)	A _i (mm ²)	z _{ti} (mm)	S _i (.10 ³ mm ³)	I _i (.10 ³ mm ⁴)
940	100	94 000	50.00	4 700	4 112 426
200	80	35 200	341.36	12 016	237 844
200	90	18 000	225.00	4 050	21 008
680	80	35 200	340.00	11 968	230 018
900	10	9 000	355.00	3 195	82 662
0	0	0	390.00	0	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$x = z_{ci} = 450 \text{ mm}$
 $A_c = 277.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $S_c = 70.750 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $z_{cti} = S_c / A_c = 255.23 \text{ mm}$
 $S_{ti} = S_c + \omega \cdot S_{pr} = 75.04 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $A_{ti} = A_c + \omega \cdot A_{pr} = 289.56 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $z_{ti} = S_{ti} / A_{ti} = 259.16 \text{ mm}$
 $e_{hi} = z_{ti} = 259.16 \text{ mm}$
 $e_{di} = h_i - e_{hi} = 190.84 \text{ mm}$

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} = 360.000 \text{ mm}$
 $A_{c\lambda} = 191.400 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 $S_{c\lambda} = 35.929 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 187.72 \text{ mm}$
 $M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} = 1437.16 \text{ kNm}$
 $I_c = \Sigma I_i = 6\,711.36 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_i = I_c + \omega \cdot I_{pr} = 6\,960.58 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $W_{ih} = I_i / e_{hi} = 26.86 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$
 $W_{id} = I_i / e_{di} = 36.47 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

neuvažována betonářská ocel do I, W

i	n	z _i [mm]	A _i (mm ²)	S _i (.10 ³ mm ³)	M _{srd} (kNm)
1	0	60	0.0	0.0	0.00
2	0	390	0.0	0.0	0.00
3	0	340	0.0	0.0	0.00
4	0	0	0.0	0.0	0.00

$A_s = 0.00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

$M_{sRd} = 0.00 \text{ kNm}$

ÚNAVA

	MPa (tlak + ; tah -)		1	2	3	C0	C1	C2	C3
	PN	PM	G	FM31	FM32	FM1			
σ_h	7.77	-7.38	4.88	8.08	4.02	14.14	5.27	13.35	9.29
σ_d	7.77	5.44	-3.60	-5.95	-2.96	-10.41	9.61	3.65	6.64

ZATÍŽENÍ LM1

	MPa (tlak + ; tah -)		1	C0	C1
	PN	PM	G	LM1	
σ_h	7.77	-7.38	4.88	28.51	5.27
σ_d	7.77	5.44	-3.60	-21.00	9.61

ZATÍŽENÍ V_{nor}

MPa (tlak + ; tah -)

MPa	
σ_h	14.25
σ_d	-10.49

$A_{c\lambda} = 191400 \text{ mm}^2$
 $A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{si})_i = 0 \text{ mm}^2$

$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 182.00 \text{ mm}$ z rovnováhy přetvoření

$\lambda \cdot x = 360.00 \text{ mm}$
 $F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{ck} = 7656.00 \text{ kN}$
 $F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yk} = 0.00 \text{ kN}$
 $F_{pd} = 2248.51 \text{ kN}$
 $F_{sd} + F_{pd} - F_c = -5407.49 \text{ kN}$ musí být rovno nule (rovnováha sil)

$M_{Rd} = M_{prd} = 198.3 \text{ kNm} > M_{Sd} = 0.00 \text{ kNm}$ *vyhovuje*

průřez bez smykové výztuže

$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$
 $A_c = 276\,600 \text{ mm}^2$

$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 0.0 \text{ kN}$
 $V_{Rdc} = (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 214.3 \text{ kN}$

$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1.67 \leq 2,0$
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0.0000 \leq 0,02$

$V_{Sdc} = 226 \text{ kN}$
 $V_{Sdc1} = 226.00 \text{ kN}$

$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0.12$
 $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.48$
 $k_l = 0.15$
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$
 $V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 158.20 \text{ kN}$

$V_{Rdc} = 214.3 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 158.20 \text{ kN}$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

průřez se smykovou výztuží

$$\begin{aligned} s &= 300 \text{ mm} && \text{vzdálenost třmíneků} \\ f_{ywd} &= 347.83 \text{ MPa} && \text{návrhová mez kluzu smykové výztuže} \\ v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0.504 && \\ v_1 &= v = 0.504 && \text{redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem} \\ \alpha_{cw} &= 0.3 && \\ z &= d - S_c / A_c = 134.8 \text{ mm} && \\ \theta &= 45^\circ && \text{musí být z intervalu } 21,8^\circ - 45^\circ \\ \operatorname{tg} \theta &= 1.000 && \\ \cotg \theta &= 1.000 && \\ A_{sw} &= 800 \text{ mm}^2 && \\ a_s &= 20 \text{ mm} && \\ n &= 8 && \\ V_{Rds} &= A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg \theta = 125.0 \text{ kN} &< & V_{Sdkr} = 158.20 \text{ kN} \\ V_{Rdmax} &= \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cotg \theta + \operatorname{tg} \theta) = 271.7 \text{ kN} &> & V_{Sdkr} = 158.20 \text{ kN} \end{aligned}$$

smyková výztuž nevyhovuje

ÚNAVA

$$\begin{aligned} A_s &= 0.000 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ A_p &= 2162.99 \text{ mm}^2 \\ \xi &= 0.3 && \text{dle tab.6.2 EN 1992-1-1} \\ \phi_s &= 12 \text{ mm} && \text{největší použitý průměr betonářské výztuže} \\ \phi_p &= 1,6 \cdot A_p^{0.5} = 74.41 \text{ mm} && \text{průměr předpínací výztuže} \\ \eta &= (A_s + A_p) / (A_s + A_p \cdot (\xi \cdot (\phi_s / \phi_p))^{0.5}) \\ \eta &= 4.55 \end{aligned}$$

Ověření pro betonářskou a předpínací ocel - dle Palmgren - Minerova pravidla

$$\begin{aligned} \gamma_{Fat} &= 1.00 && \text{dle tab.6.4N EN 1992-1-1} \\ \Delta\sigma &= \text{MPa} && \text{rozkmit zatížení} && k_1 = 5 \\ \Delta\sigma_{Rsk} &= 120 \text{ MPa} && \text{odolnost pro } N^* \text{ cyklů} && k_2 = 7 \\ \gamma_{Sfat} &= 1 && \\ \Delta\sigma_{Rsfat} &= \Delta\sigma_{Rsk} / \gamma_{Sfat} = 120 \text{ MPa} && \text{odolnost pro } N^* \text{ cyklů} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n(\Delta\sigma) &= \text{použitý počet cyklů s rozkmitem } \Delta\sigma \\ N(\Delta\sigma) &= \text{počet cyklů rozkmitu } \Delta\sigma, \text{ který vyvolá únavové porušení} \end{aligned}$$

$$D_{Ed} = n(\Delta\sigma) / N(\Delta\sigma) < 1 \quad \text{součinitel únavového poškození}$$

log N	log $\Delta\sigma_{Rsk}$
0	3.09
1	3.09
6	2.08
13	1.08

$$\begin{aligned} \sigma_{0.2} &= 12\,000 \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_{0.2} &= 1\,224 \text{ MPa} && \text{zaručená smluvní mez kluzu} \\ \log \sigma_{0.2} &= 3.09 \end{aligned}$$

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	17.7	1.2	12	670 779	0.120
2	35.1	1.5	10	5 422	0.120

$$D_{Ed} = 0.000022 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\Delta\sigma_{sequ} = \Delta\sigma_{sec} \cdot \lambda_s$$

síly od modelu zatížení únavou 3 násobit

1.4 pro posouzení v jiných oblastech

1.75 pro posouzení u mezilehlých podpor spojitých mostů

$$\Delta\sigma_{sec} = 35.13$$

rozkmit napětí vyvolaný modelem zatížení na únavu 3

$$\lambda_s =$$

součinitel ekvivalentního poškození únavou (poloha objektu, intenzita dopravy, životnost, rozpětí)

$$\lambda_{s1} = 1.15$$

druh konstrukčního prvku a poškozující účinek dopravy s ohledem na příčinkovou čáru-plochu

$$\lambda_{s2} =$$

intenzita dopravy

$$\lambda_{s3} =$$

návrhová provozní životnost mostu

$$\lambda_{s4} = 1$$

při zatížení z více než jednoho zatěžovacího pruhu

$$\phi_{fat} = 1.4$$

dynamický součinitel -drsnost povrchu vozovky

1,2 - dobrá kvalita; 1,4 - střední kvalita

$$\lambda_s = \phi_{fat} \cdot \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4}$$

$$\lambda_s = 3.869$$

$$k_2 = 9$$

dle tab 6.4N EN 1992-1-1

$$Q = 0.78$$

dle tab NN.1 EN 1992-2

$$\Delta\sigma_s = k_1 = 70$$

MPa

$$N_{obs} = 50\,000$$

$$\lambda_{s2} = Q \cdot (N_{obs} / 2)^{1/k_2} = 2.403$$

$$N_{Years} = 100$$

návrhová životnost mostu

$$\lambda_{s3} = (N_{Years} / 100)^{1/k_2} = 1.000$$

posouzení na odpovídající únavovou únosnost v tahu

$$\Delta\sigma_{equ} = \Delta\sigma_{ec} \cdot \lambda_s = 135.93$$

MPa

FAT 3	$\Delta\sigma$	log $\Delta\sigma$	log N	N	n
1	135.9	2.1	6	0.592	0.120

$$D_{Ed} = 0.203$$

$$< 1$$

vyhovuje

Ověření betonu namáhaného tlakem nebo smykem

Dle Minerova pravidla: $\sum (n_i / N_i) \leq 1$

pro i = 1 až m

m - počet intervalů s konstantní amplitudou

n_i - skutečný počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu "i"

N_i - maximální počet zatěžovacích cyklů o konstantní amplitudě v intervalu "i"

$$N_i = 10 \cdot e \exp(14 \cdot (1 - E_{cdmaxi} / (1 - R_i))^{0.5})$$

$$R_i = E_{cdmini} / E_{cdmaxi}$$

- poměr napětí

$$E_{cdmini} = \sigma_{cdmini} / f_{cdfat}$$

σ_{cdmini} , σ_{cdmaxi} - dolní a horní napětí v zatěžovacím cyklu

$$E_{cdmaxi} = \sigma_{cdmaxi} / f_{cdfat}$$

E_{cdmaxi} , E_{cdmini} - minimální a maximální úroveň tlakového napětí

$$f_{cdfat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 19.93$$

MPa

- návrhová hodnota únavové pevnosti betonu

$$k_1 = 0.85$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e \exp(s \cdot (1 - (28 / t_0)^{0.5})) = 1.047$$

- součinitel pevnosti betonu při jeho prvním zatížení

$$s = 0.25$$

- koeficient druhu cementu (0,20 - třída R, 0,25 - třída N, 0,38 - třída S)

$$t_0 = 42$$

- stáří betonu ve dnech, na začátku cyklického zatěžování

$$f_{cd} = 26.67$$

MPa

$$f_{ck} = 40.00$$

MPa

	σ_{cd1}	σ_{cd31}	σ_{cd32}	$\sigma_{cdfatzat}$
min	5.27	5.27	9.29	5.27
max	19.41	13.35	13.35	19.52
R_i	0.271	0.395	0.696	0.270
E_{cdmini}	0.26	0.26	0.47	0.26
E_{cdmaxi}	0.97	0.67	0.67	0.98
N_i	1.395	70.376	0.499	1.299
n_i	0.060	0.120	0.120	0.002
n_i / N_i	0.043	0.002	0.240	0.002

Únava

$$0.242$$

$$< 1$$

vyhovuje

$$0.043$$

$$< 1$$

vyhovuje

Zatížitelnost - únava

$$0.002$$

$$< 1$$

vyhovuje