

AUTORIZACE

ČÍSLO PŘE

DOKUMENTACI LZE POUŽÍVAT POUZE VE SMYSLU PŘÍSLUŠNÉ SMLOUVY O DÍLO. VÝKRES ČI JEHO ČÁST MŮŽE BÝT KOPIROVÁN NEBO JINÝM ZPŮSOBEM ROZŠÍŘOVÁN POUZE PO PŘEDCHOZÍM SOUHLASU AUTORA

ČÍSLO ZMĚNY	DATUM ZMĚNY	POPIS/OBSAH ZMĚNY	PODPIS

Rekonstrukce mostu I. stavba 008 - SO 031 211 a mostu II. stavby 009 - SO 031 311 přes Bystřici

název akce

Stavební část - SO 031 311 - MOST 009





stavební objekt

ČEPRO, a.s. Dělnická 213/12 170 04 Praha 7 objednatel	spolupráce
Hněvčoves-Benátky místo stavby	Královohradecký 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	měřitko	DSP + DZS stupeň
-------------------------	---------	---------------------

Ing. Jan Felgr kontroloval		Ing. Jan Felgr hlavní inženýr projektu		A011/15 číslo zakázky	C.1.02
Ing. Jan Felgr zodpovědný projektant		Ing. Jan Felgr vedoucí projektant		07/2015 datum	

číslo přílohy

Obsah

1 Identifikační údaje mostu.....	2
2 Statické výpočty.....	4
2.1 Statické schéma nosných prvků.....	4
2.1.1 Popis nosné konstrukce mostu.....	4
2.1.1.1 Údaje o založení a spodní stavbě mostu.....	4
2.1.1.2 Změny nosných prvků.....	4
2.1.1.3 Statická schemata nosných prvků.....	5
2.2 Použité materiály.....	5
2.3 Stanovení zatížení.....	5
2.4 Únosnost a posouzení nosných prvků.....	6
2.4.1 Předpjaté nosníky KA-73.....	6
2.4.2 Úložný práh.....	6
2.4.3 Závěrná zídka.....	6
2.4.4 Přechodová deska.....	6
2.4.5 Opěra.....	6
2.4.6 Pilotový základ.....	6
2.4.7 Římsa.....	6
2.4.8 Zábradelní svodidlo.....	6
2.4.9 Podpěrný betonový práh.....	6
2.4.10 Podpěrná montážní konstrukce.....	6
2.4.11 Záporové pažení.....	7
2.5 Zatěžovací zkoušky.....	7
2.6 Zatížitelnost hlavní konstrukce.....	7
2.7 Zbytková životnost mostu.....	8
3 Přehled použitých norem a předpisů, software.....	9
4 Příloha – schemata, zatížení, výpočty, posudky.....	10

1 Identifikační údaje mostu

Stupeň dokumentace:	Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení (DSP) Projektová dokumentace pro zadání stavby (DZS)
Stavba a objekt číslo:	Rekonstrukce mostu I. stavba 008 – SO 031 211 a mostu II. stavby 009 – SO 031 311 přes Bystřici
Objekt č.:	SO 202
Název mostu:	Most přes Bystřici – U Pavlanky
Evidenční číslo mostu:	009 - 031 311
Katastrální území:	Hněvčeves 640026; Benátky 602086
Obec:	Hněvčeves, Benátky
Kraj:	Královéhradecký
Stavebník:	ČEPRO a.s. Dělnická 213/12, 170 04 Praha 7 – Holešovice IČ: 60 19 35 01 DIČ: CZ 60 19 35 01
Uvažovaný správce mostu:	ČEPRO a.s. Dělnická 213/12, 170 04 Praha 7 – Holešovice IČ: 60 19 35 01 DIČ: CZ 60 19 35 01
Generální projektant:	Dopravně inženýrská kancelář s.r.o. Bozděchova 1668, 500 02 Hradec Králové IČ: 27 46 68 68 DIČ: CZ 27 46 68 68
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Jan Felgr Autorizovaný inženýr pro mosty a inženýrské konstrukce, číslo autorizace ČKAIT: 0601870 e-mail: felgr@dik-hk.cz
Zodpovědný projektant	Ing. Jan Felgr, tel.: 495 219 036, e-mail: felgr@dik-hk.cz Autorizovaný inženýr pro mosty a inženýrské konstrukce, číslo autorizace ČKAIT: 0601870
Zpracoval	Ing. Jan Felgr, tel.: 495 219 036, e-mail: felgr@dik-hk.cz

Kategorie komunikace:	S9,0/-
Evidenční číslo:	009 – 031 311
Bod křížení:	Veřejně přístupná účelová komunikace x tok Bystřice
Souřadnice GPS:	50°19'8.934"N, 15°43'38.490"E
Staničení:	
- začátek úprav	KM 3,144 77
- vnitřní líc č.1	KM 3,153 26
- komunikace x Bystřice	KM 3,159 19
- vnitřní líc č.2	KM 3,164 41
- konec úprav	KM 3,173 08
Úhly křížení:	
- vnitřní líc č.1	79,0000 °
- komunikace x Bystřice	79,0000 °
- vnitřní líc č.2	79,0000 °
Nadmořská výška:	m.n.m. BpV
- začátek úprav	264,381
- vnitřní líc č.1	264,524
- komunikace x Bystřice	264,560
- vnitřní líc č.2	264,592
- konec úprav	264,635
Volná výška:	neomezená

2 Statické výpočty

2.1 Statické schema nosných prvků

Statické uspořádání stávajícího mostu bude zachováno a nebude rekonstrukcí změněno.

2.1.1 Popis nosné konstrukce mostu

Stávající nosná konstrukce je tvořena monolitickou ŽB deskou složenou z prefabrikovaných předpjatých nosníků KA-73 délky 12 m uložených prostě na úložných prazích na lepenky. Nosníky jsou zmonolitněny v podélných spárách s vloženou výztuží a také na obou koncích jsou spojeny monolitickým ŽB podporovým příčnickem. Nosníky jsou uloženy šikmo a kopírují příčný střešovitý 2% sklon vozovky.

Levá šikmost 79° je určena linií převáděné pozemní komunikace a tokem Bystřice.

Šířka nosné konstrukce desky je 11 960 mm, délka 13 160 mm, výška 600 mm, materiál C40/50, v původním značení B50 (500). Zatížení se na desku přenáší přes tři vrstvy živičného betonu vozovky, vrstvu vyrovnávacího betonu a do spodní stavby se přenáší přes bezložiskové uložení na asfaltové lepence.

Nosná konstrukce ŽB desky nebude rekonstrukcí dotčena, dojde pouze k sanaci porušených částí a ploch. Z důvodu výměny úložných prahů bude nutná manipulace nosné konstrukce mostovky. Konstrukce bude vyzdvižena na zvedacích lisech a po vybudování nových úložných prahů zpět uložena.

2.1.2 Údaje o založení a spodní stavbě mostu

Spodní stavbu mostu tvoří ŽB úložné prahy C20/25, původně B25 (B250) o rozměrech výška min. 600 mm a šířka 400 mm, opěry C 16/20, původně B20 (B250) o rozměrech šířka 1690 mm, výška proměnná cca 900 mm. Zatížení z desky mostovky je přenášeno přes úložné prahy a opěry do hlubinných pilotových základů s použitím velkopřůměrových pilot o průměru 900 mm délky 5700 mm, C16/20, původně B250. Piloty přenášejí zatížení třením pláště pilot a opírají se do únosného podloží v hloubce cca 6,0 m pod úroveň původního terénu.

Toto řešení bylo zvoleno z důvodu budování komunikace v násypovém tělese, protože by plošné základy v místních podmínkách zvodnělých písčitých a jílovitých zemín byly nevhodné.

Z důvodu špatného stavu úložných prahů a opěr dojde k odstranění stávajících úložných prahů. Budou vybudovány nové úložné prahy s funkčním odvodněním.

Opěry vykazují známky porušení následkem masivního potékání a pokročilé degradace betonu. Opěry budou proto kompletně sanovány a reprofilovány, aby byla obnovena jejich původní životnost a funkčnost.

Rovnoběžná křídla opěr tl. 400 mm délky cca 2400 mm budou zčásti ubourána a nahrazena novými v důsledku odbourání úložných prahů.

2.1.3 Změny nosných prvků

Z důvodu rekonstrukce mostu po částech (levá či pravá polovina mostu vzhledem k podélné ose komunikace) dojde k některým změnám v celkové úpravě nosných prvků mostu.

Obě části desky mostovky budou opět zmonolitněny a obnovena tak původní funkce desky mostovky. Do boků částí desek budou ukotveny závitové tyče, na které budou

uchycena závěsná oka pro provlečení prutové betonářské výztuže. Celá podélná spára pak bude probetonována.

Z provozních důvodů bude konstrukce nezatížená pouze 48 hodin. Z toho důvodu bude třeba spáru po následném zatvrdnutí betonu doinjektovat vysokopevnostní rychle tvrdnoucí betonovou směsí tak, aby po 48 hodinách byla spára funkčně a trvale zmonolitněna.

Části úložných prahů, závěrných zídek i přechodových desek budou budovány zvlášť, budou mít společnou pracovní spáru. Navzájem budou spojeny prutovou výztuží navrtanou a chemicky ukotvenou do prvně budovaného nového úložného prahu v počtu cca 25-10-30 prutů.

Římsy budou budovány nové, podobného uspořádání, s prefabrikovanými líci kotvenými výztuží do zabetonovaných spar mezi předpjatými nosníky.

2.1.4 Statická schemata nosných prvků

Statická schemata viz kapitola 4.

2.2 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	C 30/37	XF2, XD1	45	ano, ano, ano, 0,5	S4
Přechodová deska	C 25/30	XF1	35	ne, ne, ano, 0,55	S3
Římsa	C 35/45	XF4, XD3	45	ano, ano, ano, 0,45	S4
Úložný práh	C 30/37	XF2, XD1	45	ano, ano, ano, 0,5	S4
Podpěrný práh	C 25/30	XF3	75	ano, ano, ano, 0,5	S3
Podkladní beton	C 16/20	XF1	-	-	-
Vyrovnávací beton	C 25/30	XF3	-	ano, ano, ano, 0,5	S3

2.3 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.

2.4 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

2.4.1 Předpjaté nosníky KA-73

Předpjaté nosníky KA-73 jsou posuzovány na prostý ohyb při maximálním dopravním zatížení a na smyk při zvedání konstrukce během rekonstrukce.

2.4.2 Úložný práh

Úložný práh je posuzován na soustředěný tlak a roznos zatížení do opěr.

2.4.3 Závěrná zídka

Závěrná zídka je posuzována na ohyb působícího tlaku zeminy a dopravního přetížení.

2.4.4 Přechodová deska

Přechodová deska je posuzována na protlačení od dopravního zatížení.

2.4.5 Opěra

Opěry nejsou předmětem posouzení.

2.4.6 Pilotový základ

Pilotový základ není předmětem posouzení.

2.4.7 Římsa

Římsa je navržena konstrukčně, není předmětem posouzení.

2.4.8 Zábradelní svodidlo

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

2.4.9 Podpěrný betonový práh

Podpěrný betonový práh je navržen na přenesení zatížení od podpěrné skruže při zvedání desky mostovky.

2.4.10 Podpěrná montážní konstrukce

Podpěrná montážní konstrukce (skruž) je typová, stavebnicového typu.

2.4.11 Záporové pažení

Záporové pažení je navrženo bez převázky, kotveno pouze do zeminy, HE 360A, obetonovaných.

2.5 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.

2.6 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 2014 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 zařazení stavebního stavu konstrukce byl měněn součinitel a 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.

Zatížitelnost stávajícího mostu je podle statického výpočtu z roku 2013 určena:

Normální	V_n	=	35 t
Výhradní	V_r	=	80 t
Výjimečná	V_e	=	152 t
Výhradní – ČEPRO1	V_{rC1}	=	74 t
Výhradní – ČEPRO2	V_{rC2}	=	78 t
Na jednu nápravu	V_{aj}	=	13,3 t

Zatížitelnost redukována na základě stávajícího stavebního stavu konstrukce, rok 2014:

Normální	V_n	=	25 t
Výhradní	V_r	=	56 t
Výjimečná	V_e	=	106 t
Výhradní – ČEPRO1	V_{rC1}	=	52 t
Výhradní – ČEPRO2	V_{rC2}	=	55 t
Na jednu nápravu	V_{aj}	=	neuvádí se

Výsledná zatížitelnost po rekonstrukci

Normální	V_n	=	35 t
Výhradní	V_r	=	84 t
Výjimečná	V_e	=	130 t
Výhradní – ČEPRO	V_{rC}	=	95 t
Na jednu nápravu	V_{aj}	=	neuvádí se

2.7 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. Následkem kombinace nedostatečné údržby a užitím nevhodných konstrukčních detailů došlo k porušení a degradaci částí konstrukce mostu, což má za následek zkrácení zbytkové životnosti mostu.

Účelem celkové rekonstrukce mostu je výrazně prodloužit zkrácenou životnost mostu tak, aby bylo možno most hospodárně provozovat co nejdelší dobu.

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 1989. Celková životnost mostu je celkovou rekonstrukcí mostu obnovena.

3 Přehled použitých norem a předpisů, software

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
ESA engineering 14	
LibreOffice 4.3.5.2	

4 Příloha – schemata, zatížení, výpočty, posudky

ZATÍŽENÍ DOPRAVOU – SVISLÉ ZATÍŽENÍ

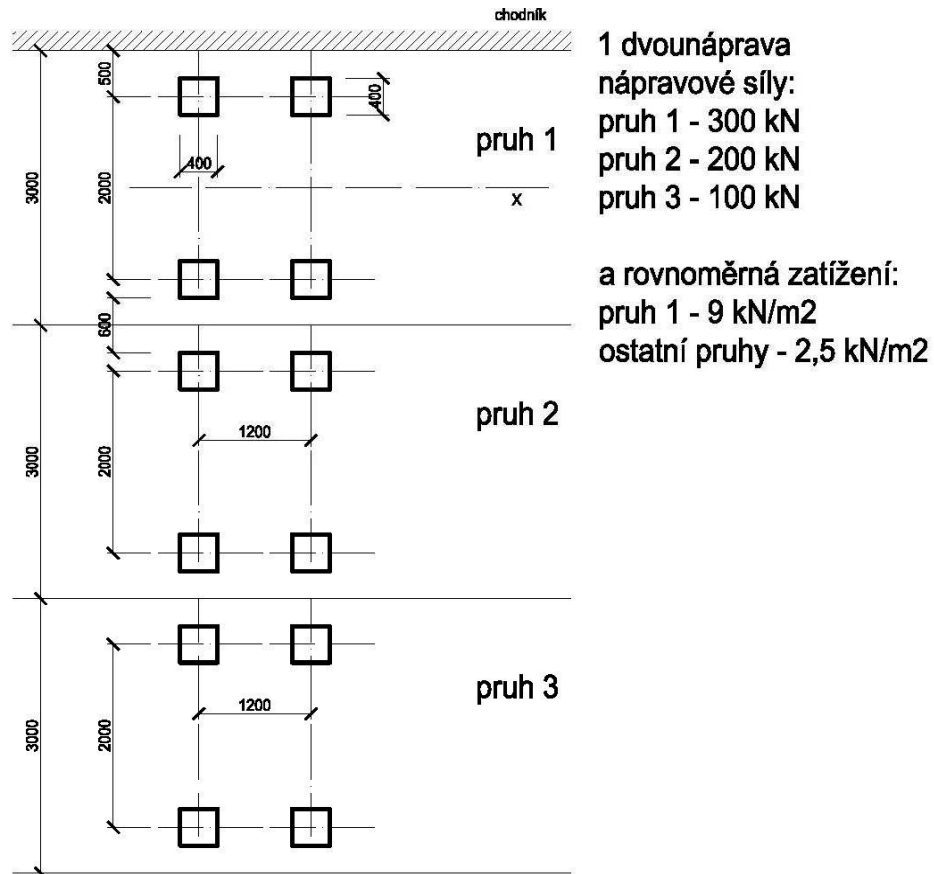
Model zatížení LM1

$\alpha_Q \cdot Q_k$

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

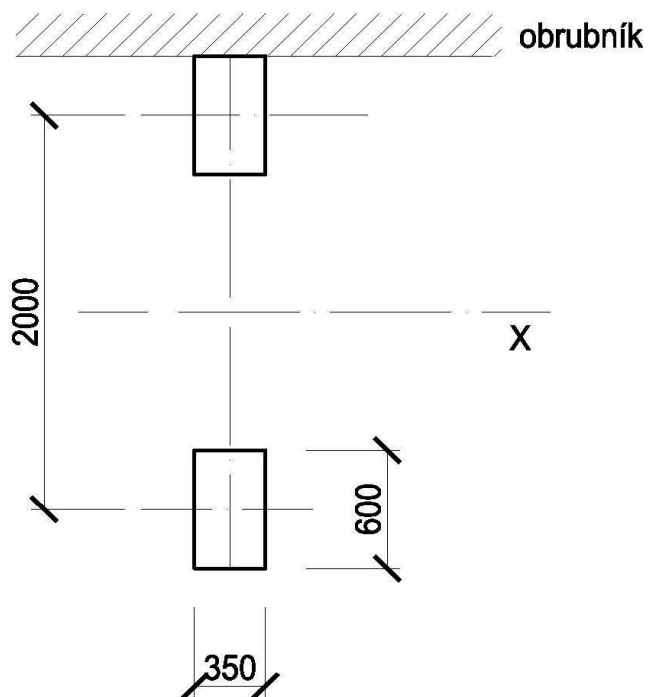


Model zatížení LM2

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

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** kN

$n =$ **6**

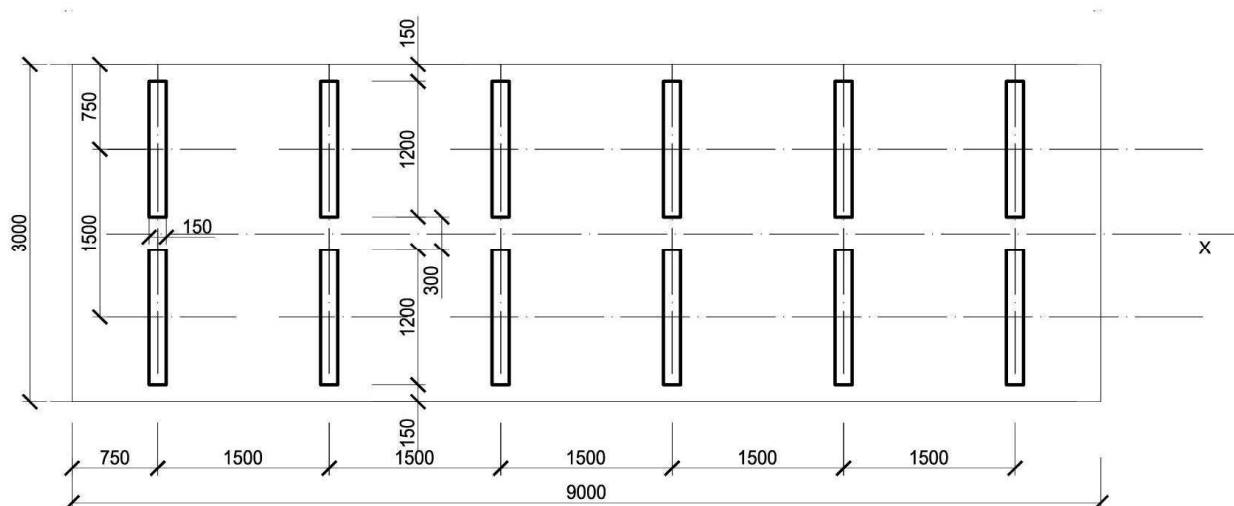
$e =$ **1,5**

$Q_k =$ **150** 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.

$q_{\text{LM4}} =$ **5** [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 $0,8 \cdot \alpha_Q \cdot Q_k$

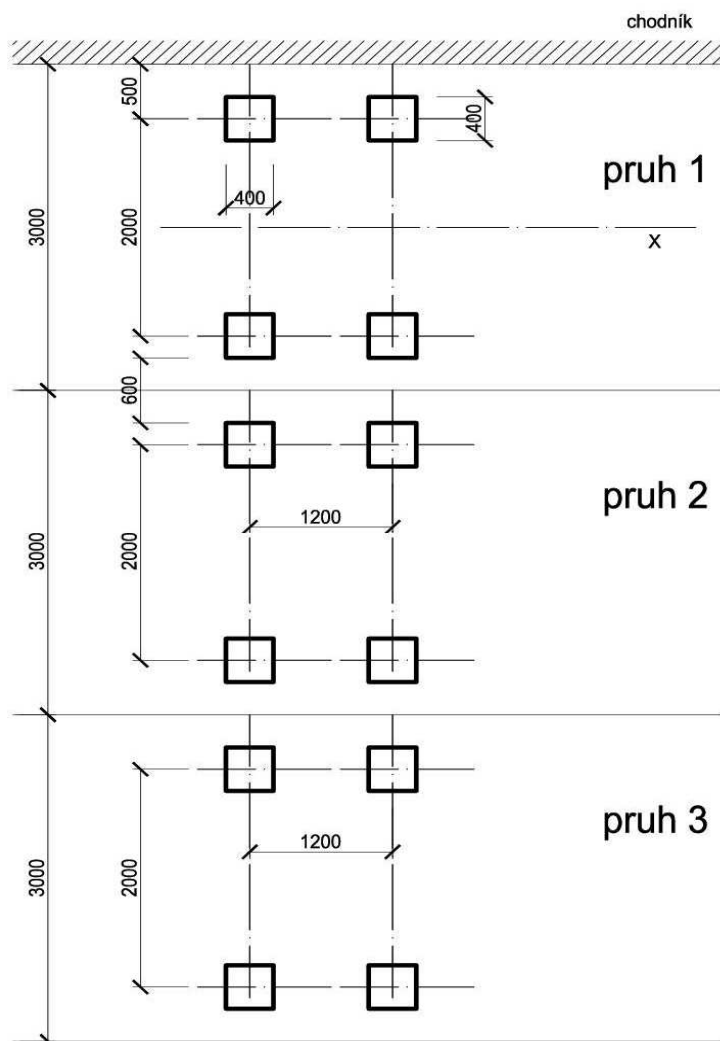
REGULAČNÍ SOUČiniteLE

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

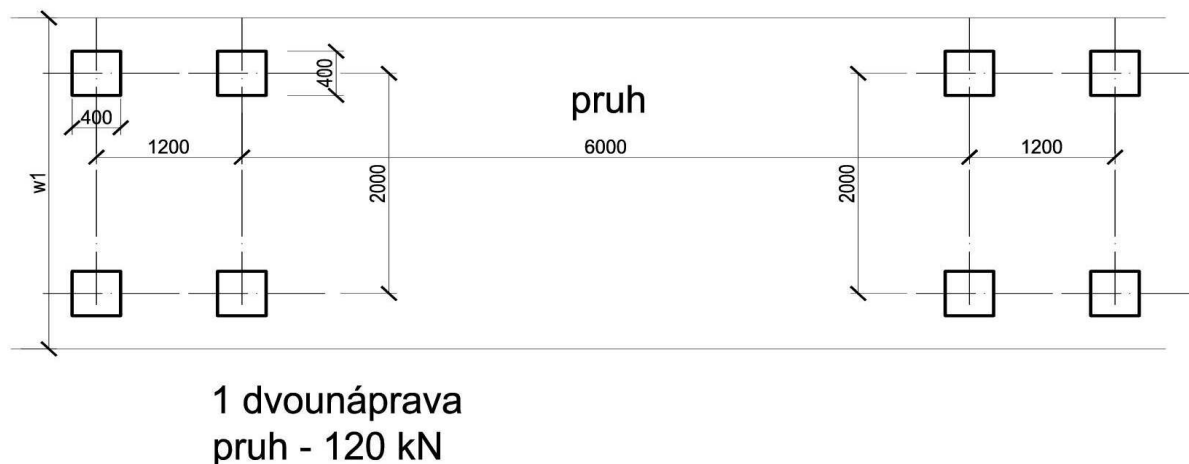
soubor idealizovaných nákladních vozidel zvaných "častá"

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

$a / c = \operatorname{tg} \delta / \operatorname{tg} \phi$ 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:

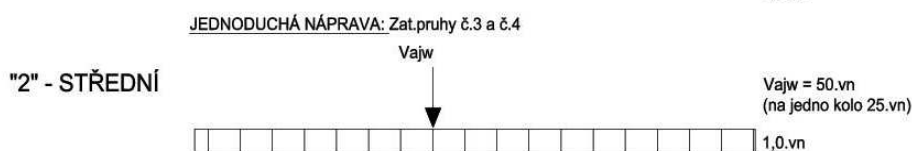
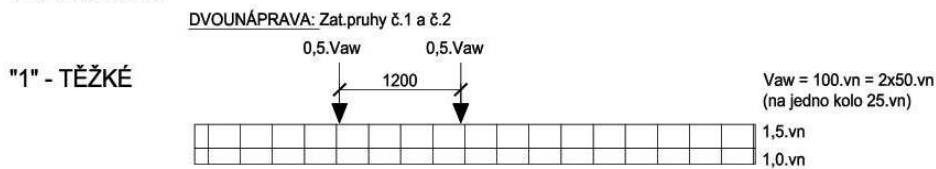
- a) podrobným statickým výpočtem (V)
- b) kombinovaným statickým výpočtem (K)

teoretický model lze ověřit zatěžovací zkouškou

Normální zatížitelnost

dle modelu zatížení LM1 dle ČSN EN 1991-2

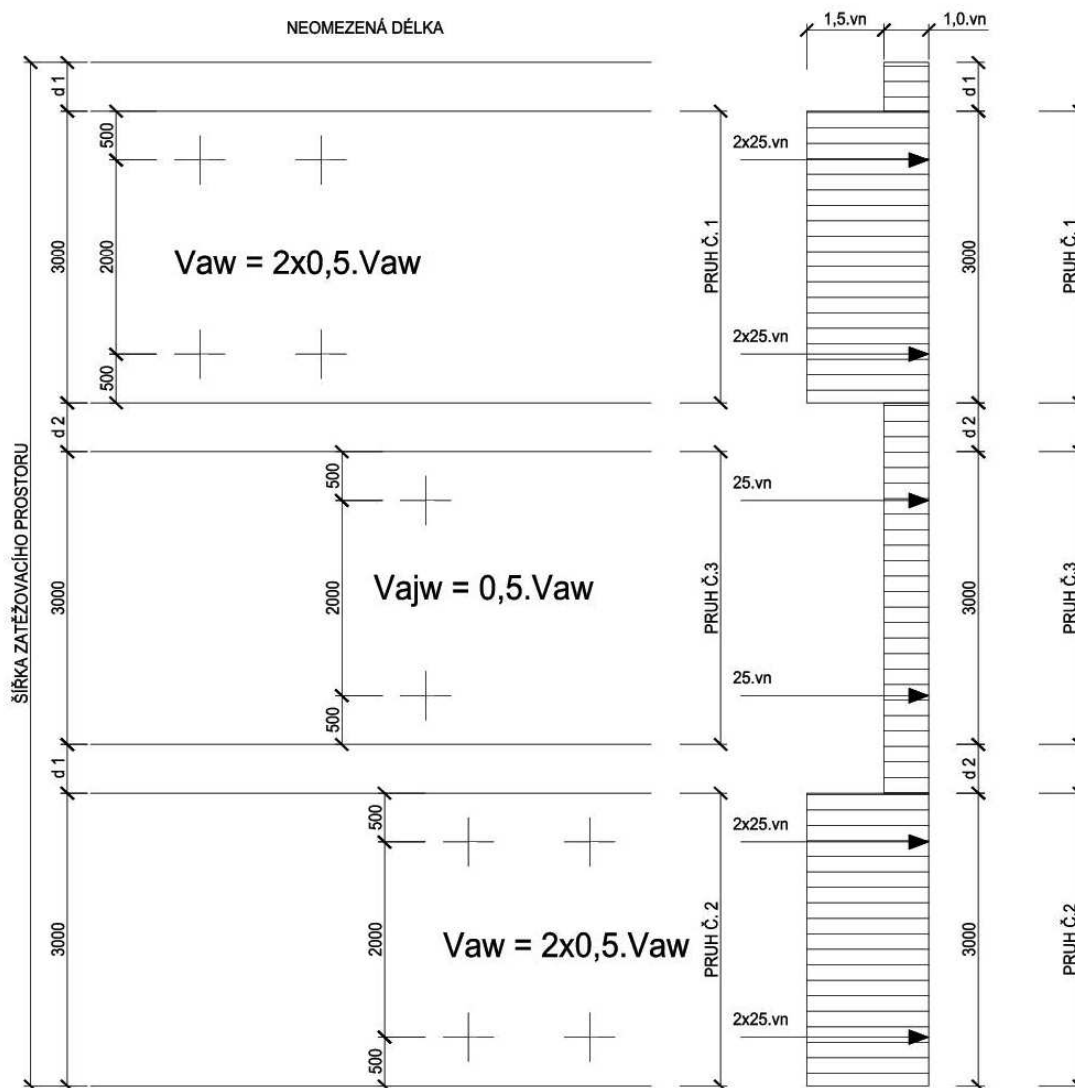
TYP ZATÍŽENÍ



ZBÝVAJÍCÍ PLOCHA ZATĚŽOVACÍHO PROSTORU



PŮDORYS



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 přihlédnout 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)

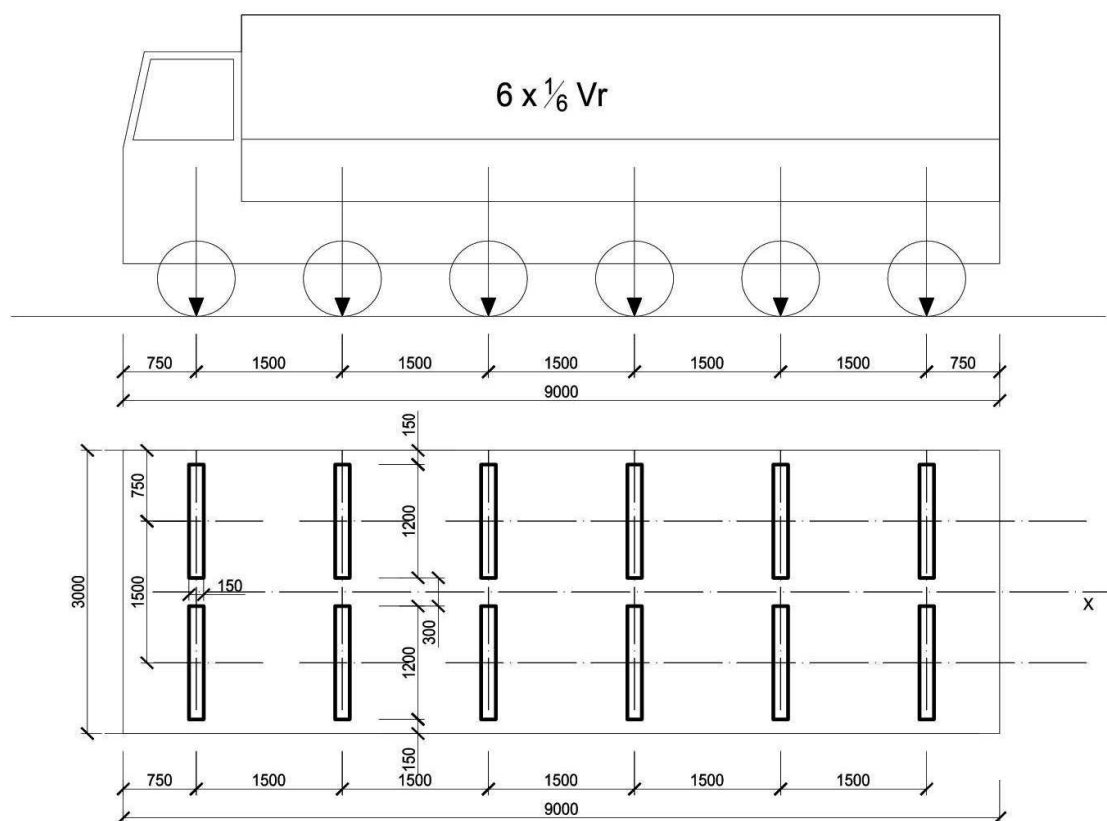
Tíha vozidla odpovídající normální zatížitelnosti
 $V_{nw} = 4/3 \cdot V_{aw}$ (kN)

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.

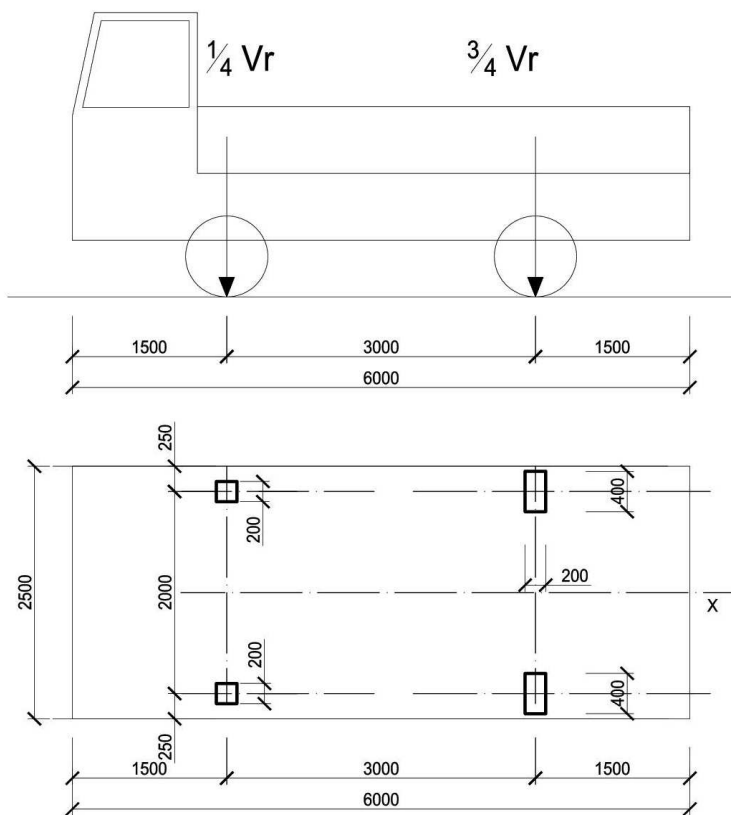
Výhradní zatížitelnost

dle modelu zatížení ČSN 73 6222

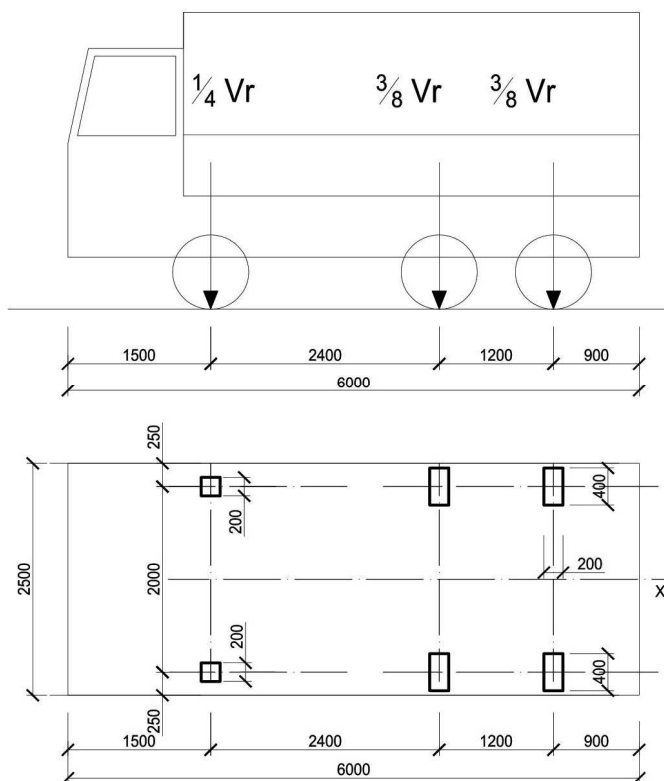


největší přípustná hmotnost V_r jediného šestinápravového vozidla podle výše uvedeného schématu, pokud je $V_r > 50$ t.

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.



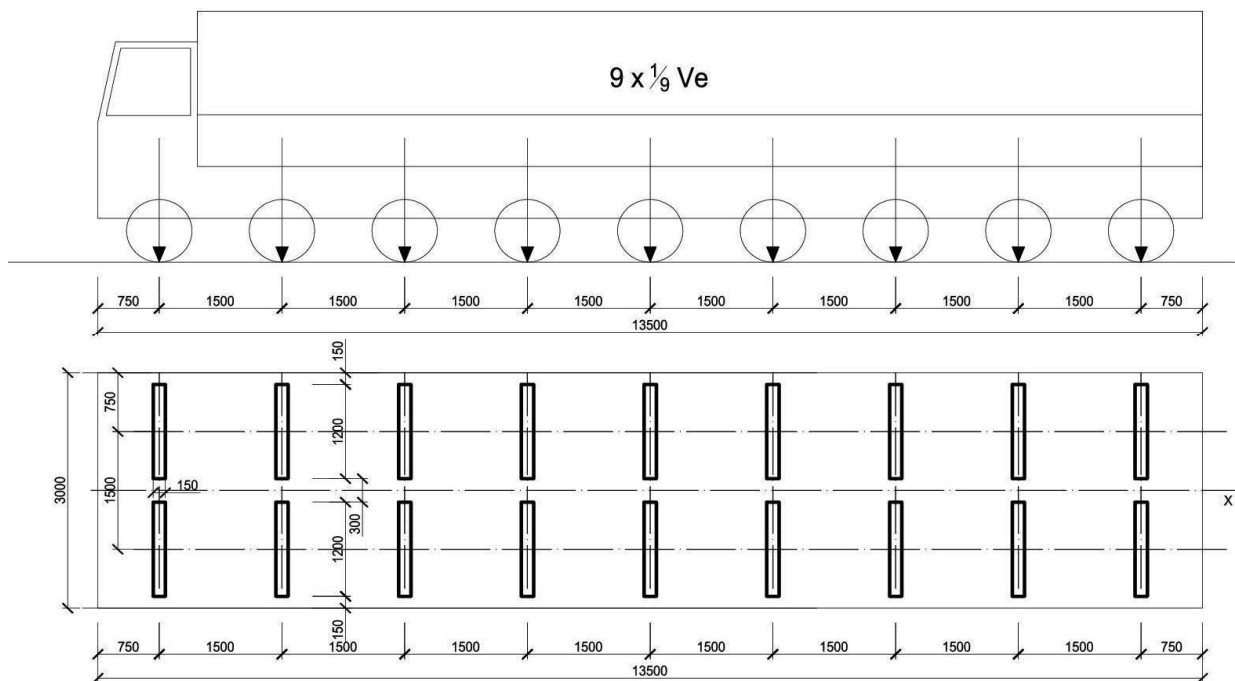
výhradní zatížitelnost

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

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

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
9,4	11,6	1,25	1,2	1,15
9,4	11,6	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 NOSNÉ KONSTRUKCE



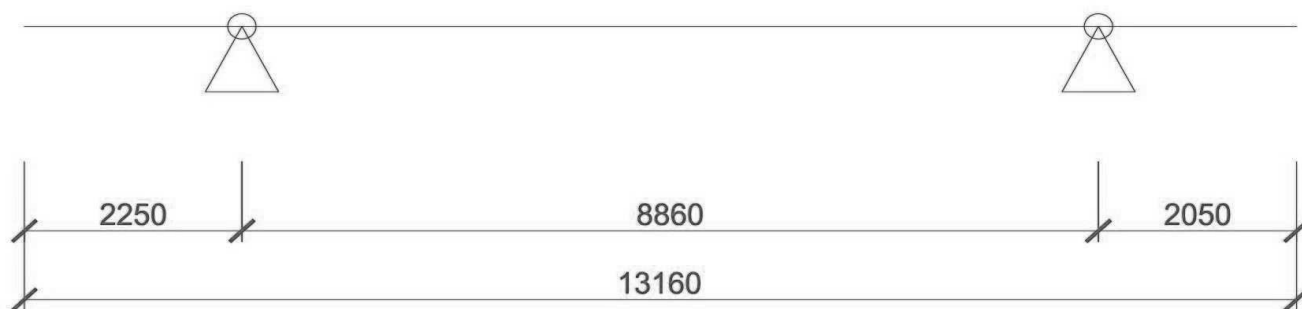
umístění dopravního zatížení

- a) pro maximální ohybový moment na prostém nosníku (Winklerovo kritérium)
- b) pro maximální reakci v podpoře

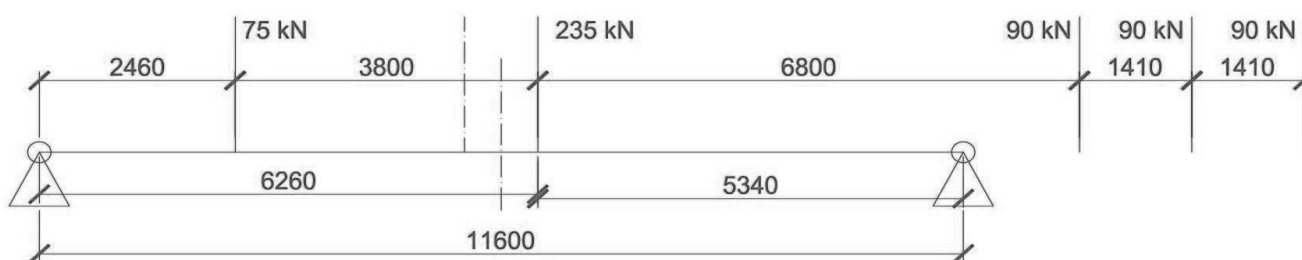
pro návrh a posouzení rozhoduje mezní stav únosnosti

malé rozpětí bez nebezpečí výrazných lokálních účinků soustředěného zatížení

schema při montáži (nadzvednutí konstrukce)



schema pro zatížitelnost ČEPRO



ZATÍŽENÍ PRŮŘEZŮ

podpěrná skruž s lisem

d = 1 m
r₁ = 0 m
r₂ = 1 m

u jedné opěry 550 kN
na podbetonování 0 kN
G_k = na práh 550 kN

$$G_d = G_k \cdot \gamma_F = 742,50 \text{ kN}$$

podpěrný práh

b = 1,5 m
d = 14,3 m
h = 1 m

$$G_d = G_k \cdot \gamma_F = 723,94 \text{ kN}$$

$$G_{d\text{celk}} = 2715,20 \text{ kN}$$

Zatížení na základovou spáru pod prahem

$$A = b \cdot d = 21,45 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{zd} = G_{d\text{celk}} / A = 126,6 \text{ kPa}$$

Zatížení na přechodovou desku

$$M_{Sd} = 130 \text{ kNm.m}^{-1}$$

dle čl.7.4.4 ČSN 73 6244

$$V_{Sd} = 170 \text{ kN.m}^{-1}$$

Zatížení na úložný práh, na nosníky KA-61

stálé zatížení

vozovka 2,86
hydroizolace 0,3
vyrovnávací beton 1,5
spáry 1,605
nosníky KA-73 7,66
příčník 15

$$\text{celkem } g_k = 13,93 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$g_d = \gamma_F \cdot g_k = 18,80 \text{ kN.m}^{-2}$$

š = 1 m
L = 11,6 m

zatížení dopravou LM1

$$q_k = 9,00 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$q_d = \gamma_F \cdot q_k = 13,50 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$a = 1,2 \text{ m}$$

$$Q_k = 300,00 \text{ kN}$$

$$Q_d = \gamma_F \cdot Q_k = 450,00 \text{ kN}$$

Celkové zatížení na nosník

	max V	max M	
r ₁	0	4,9	m
r ₂	1,2	6,1	m
V _{gk}	80,8	80,8	kN.m ⁻¹
M _{gk}	234,2	234,2	kNm.m ⁻¹
V _{qk}	52,2	52,2	kN.m ⁻¹
M _{qk}	151,38	151,38	kNm.m ⁻¹
V _{Qk}	568,97	315,52	kN.m ⁻¹
M _{Qk}	180	1560	kNm.m ⁻¹
V _{ck}	701,9	448,5	kN.m ⁻¹
M _{ck}	565,6	1945,6	kNm.m ⁻¹
M _{zatRk}		1,8	kNm.m ⁻¹
M _{zatEk}		1,2	kNm.m ⁻¹
M _{zatRCk}		762,1	kNm.m ⁻¹

	max V	max M	
r ₁	0	4,9	m
r ₂	1,2	6,1	m
V _{gd}	109,0	109,0	kN.m ⁻¹
M _{gd}	316,2	316,2	kNm.m ⁻¹
V _{qd}	78,3	78,3	kN.m ⁻¹
M _{qd}	227,07	227,07	kNm.m ⁻¹
V _{Qd}	853,45	473,28	kN.m ⁻¹
M _{Qd}	270	2340	kNm.m ⁻¹
V _{ed}	1040,8	660,6	kN.m ⁻¹
M _{ed}	813,3	2883,3	kNm.m ⁻¹
A _r		0,468	kN
A _e		0,431	kN
A _{rC}		167,276	kN
B _{rC}		142,724	kN

maximální zatížení na 1 nosník na úložný práh

š = 1 m
d = 0,2 m

$$V_{cd} = 1040,8 \text{ kN}$$

$$A_{dos} = \bar{s} \cdot d = 0,2 \text{ m}^2$$

$$V_{Sd} = V_{cd} / A_{dos} = 5203,9 \text{ kPa}$$

$$V_{cdpd} = q_k \cdot 0,5 \cdot L_{PD} \cdot \gamma_Q = 27,0 \text{ kN}$$

$$V_{cdop} = V_{cd} + V_{cdpd} = 1067,8 \text{ kN}$$

maximální zatížení na 1 nosník nad montážní podporou

stálé zatížení

hydroizolace	0,3	příčnik	15
vyrovnávací beton	1,32		
spáry	1,605		
nosníky KA-73	7,66		

$$L_k = 2,25 \text{ m}$$

$$L = 13,2 \text{ m}$$

$$\text{celkem } g_k = 10,89 \text{ kN.m}^{-2} \quad \text{celkem } G_k = 15,00 \text{ kN}$$

$$g_d = \gamma_F \cdot g_k = 14,69 \text{ kN.m}^{-2} \quad G_d = \gamma_F \cdot G_k = 20,25 \text{ kN}$$

$$\max V_{dl} = G_d + g_d \cdot L_k = 53,3 \text{ kN}$$

$$\max V_{dp} = \max V_{dl} - (2 \cdot G_d + g_d \cdot L) / 2 = -63,9 \text{ kN}$$

$$\max M_{dl} = G_d \cdot (L_k - 0,6) + 0,5 \cdot g_d \cdot L_k^2 = 70,6 \text{ kNm}$$

Předpínací síly v nosníku KA-73

všechny dráty jsou předepnuté na napětí (sílu)

$$d = 4,5 \text{ mm} \quad A_{d1} = 15,9 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_p = 13\,200 \text{ kp.cm}^{-2}$$

$$P = 23,19 \text{ Mp}$$

kabel číslo	počet drátů	σ_p [kp.cm ⁻²]	P [Mp]	A_d [mm ²]	σ_p [MPa]	P [kN]
1	7	13 200	14,70	111,3	1 295	144,1
2	12	13 200	25,19	190,9	1 295	247,1
3	12	13 200	25,19	190,9	1 295	247,1
4	11	13 200	23,09	174,9	1 295	226,5
5	11	13 200	23,09	174,9	1 295	226,5
6	11	13 200	23,09	174,9	1 295	226,5

i	z_i [mm]	P_i [kN]
1	50	288,2
2	485	494,1
3	550	1 853,0

ztráty předpětí

a) okamžitou deformací betonu

$$t = 50000$$

$$j = 1$$

$$E_p = 205 \text{ GPa}$$

$$\Delta\sigma_c(t) = 20 \text{ MPa}$$

$$A_p = 190,9 \text{ mm}^2$$

$$E_{cm}(t) = 35 \text{ GPa}$$

$$\Delta P_{el} = A_p \cdot E_p \cdot \Sigma(j \cdot \Delta\sigma_c(t) / E_{cm}(t)) = 22 \text{ kN}$$

b) třením

$$\mu = 0,17$$

$$k = 0,005$$

$$x = 6 \text{ m}$$

$$\theta = 0,241$$

$$P_{\max} = 248,1 \text{ kN}$$

$$\Delta P_m(x) = P_{\max} \cdot (1 - e^{-\mu \cdot (\theta + k \cdot x)}) = 11,1 \text{ kN}$$

$$0,005 - 0,01$$

c) pokluzem v kotvení

$$\Delta P_{c+s+r}(x) = 0,2 \cdot P_{m0}(x) = 42,12 \text{ kN}$$

$$P_{m0}(x) = A_p \cdot \sigma_{pm}(x) = 210,6 \text{ kN}$$

$$P_{mt}(x) = P_{m0}(x) - \Delta P_{c+s+r}(x) = 168,48 \text{ kN}$$

$$\sigma_{pm}(x) = \min(k_7 \cdot f_{pk}; k_8 \cdot f_{p0,1k}) = 1103 \text{ MPa}$$

$$A_p = 190,9 \text{ mm}^2$$

$$k_7 = 0,75$$

$$k_8 = 0,85$$

$$f_{pk} = 1471 \text{ MPa}$$

$$f_{p0,1k} = 1308 \text{ MPa}$$

$$p\text{řibližně}$$

d) časově závislými ztrátami předpětí při dodatečném napínání

přibližná hodnota interakce je 0,8

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

1.MS

C 40/50

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	‰
	$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk}$	=	67,5	‰
	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	=	347,8	MPa
	$\epsilon_{yd} = f_{yk} / E$	=	2	‰

h = 600 mm

b = 1000 mm

h₁ = mm

d_s = 20 mm

A_{s1} = 314,16 mm²

n_s = 0

a = 60 mm

d = 540 mm

N_{Sd} = 0,0 kN

M_{Sd} = 2 883,3 kNm

k_{r1} = 0,2900

M_{Sdq1} = 1 060,6 kNm

N_{Sdq1} = 0,0 kN

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
	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	=	26,67	MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

$F_{pd} = \Sigma(P_{it}) = 2108,26 \text{ kN}$

$M_{pRd} = 1018,55 \text{ kNm}$

Statické hodnoty obdélníkového 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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

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	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	500,00	0
0	0	0	550,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x = z_{ci} &= 105,133 \text{ mm} \\ A_c &= 97 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_c &= 5,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} &= 84,106 \text{ mm} \\ A_{c\lambda} &= 79,060 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_{c\lambda} &= 3,325 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} &= 42,05 \text{ mm} \\ M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} &= 88,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

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	540	0,0	0,0	0,00
3	0	490	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 0,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 79060 \text{ mm}^2 \\ A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) &= 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 343,64 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 84,11 \text{ mm} \\ F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} &= 2108,27 \text{ kN} \\ F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} &= 0,00 \text{ kN} \\ F_{pd} &= 2108,26 \text{ kN} \\ F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0,00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{sd} = 1060,65 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

1.MS bez dopravy

C 40/50 ▼

h = 600 mm
b = 1000 mm
h₁ = mm

d_s = 20 mm
A_{s1} = 314,16 mm²
n_s = 0

a = 60 mm
d = 540 mm
N_{Sd} = 0,0 kN
M_{Sd} = 316,2 kNm
k_{r1} = 1,0000

M_{Sdq1} = 316,2 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

γ_c = 1,5

f_{cd} = α_{cc} · f_{ck} / γ_c = 26,67

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2108,26 kN

M_{pRd} = 1018,55 kNm

Statické hodnoty obdélníkového 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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

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	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	500,00	0
0	0	0	550,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x = z_{ci} &= 105,133 \text{ mm} \\ A_c &= 97 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_c &= 5,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} &= 84,106 \text{ mm} \\ A_{c\lambda} &= 79,060 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_{c\lambda} &= 3,325 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} &= 42,05 \text{ mm} \\ M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} &= 88,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

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	540	0,0	0,0	0,00
3	0	490	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 0,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 79060 \text{ mm}^2 \\ A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) &= 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 343,64 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 84,11 \text{ mm} \\ F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} &= 2108,27 \text{ kN} \\ F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} &= 0,00 \text{ kN} \\ F_{pd} &= 2108,26 \text{ kN} \\ F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0,00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 316,19 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

Zatížitelnost N

C 40/50

h = 600 mm
b = 1000 mm
h₁ = mm

d_s = 20 mm
A_{s1} = 314,16 mm²
n_s = 0

a = 60 mm
d = 540 mm
N_{Sd} = 0,0 kN
M_{Sd} = 316,2 kNm
k_{r1} = 0,2900

M_{Sdq1bez} = 316,2 kNm
N_{Sdq1bez} = 0,0 kN

N_{SkZ-N1} = 0,0 kN
M_{SkZ-N1} = 570,5 kNm

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

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

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

γ_c = 1,5

f_{cd} = α_{cc} · f_{ck} / γ_c = 26,67 MPa

doporučená hodnota 1,0

trvalá a dočasná návrhová situace

MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2108,26 kN

M_{pRd} = 1018,55 kNm

γ_F = 1,5

δ = 1,2

v_n = 2,65

N_{dZ-N} = N_{SkZ-N1} · γ_F · δ · x = 0,0 kN

M_{dZ-N} = M_{SkZ-N1} · γ_F · δ · x · k_{r1} = 789,1 kNm

Statické hodnoty obdélníkového průřezu

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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
940	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	500,00	0
0	0	0	550,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x = z_{ci} &= 105,133 \text{ mm} \\ A_c &= 97 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_c &= 5,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} &= 84,106 \text{ mm} \\ A_{c\lambda} &= 79,060 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_{c\lambda} &= 3,325 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} &= 42,05 \text{ mm} \\ M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} &= 88,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

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	540	0,0	0,0	0,00
3	0	490	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 0,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 79060 \text{ mm}^2 \\ A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) &= 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 343,64 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 84,11 \text{ mm} \\ F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} &= 2108,27 \text{ kN} \\ F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} &= 0,00 \text{ kN} \\ F_{pd} &= 2108,26 \text{ kN} \\ F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0,00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1105,31 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

ZATÍŽITELNOST NORMÁLNÍ

$$v_n = 2,65$$

$$V_{aw} = 100 \cdot v_n \text{ (kN)} = 265 \text{ kN}$$

$$V_{nw} = 4/3 \cdot V_{aw} \text{ (kN)} = 353,33 \text{ kN}$$

$$V_n = 1/10 \cdot V_{nw} \text{ (t)} = 35 \text{ tun}$$

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

Zatížitelnost R

C 40/50

beton : C 40/50

charakteristická tlaková pevnost	$f_{ck} =$	40,00	MPa
poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{c2} =$	2,00	‰
exponent	$n =$	2	
maximální poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{cu2} =$	3,50	‰
	$\lambda =$	0,8	
	$\eta =$	1	
poměrné stlačení betonu -bilineární	$\epsilon_{c3} =$	1,75	‰
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární	$\epsilon_{cu3} =$	3,50	‰
	$E_{cm} =$	35	GPa

ocel : R 400

$E_s =$	200	GPa
$f_{yk} =$	400	MPa
$\gamma_s =$	1,15	
$\epsilon_{uk} =$	75	‰
$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} =$	67,5	‰
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	347,8	MPa
$\epsilon_{yd} = f_{yk} / E =$	2	‰

h = 600 mm
b = 1000 mm
h₁ = mm

d_s = 20 mm
A_{s1} = 314,16 mm²
n_s = 0

a = 60 mm
d = 540 mm
N_{Sd} = 0,0 kN
M_{Sd} = 316,2 kNm
k_{r1} = 0,2900

M_{Sdq1bez} = 316,2 kNm
N_{Sdq1bez} = 0,0 kN

N_{SkZ-R} = 0,0 kN
M_{SkZ-R} = 1,8 kNm

poměrné přetvoření $\epsilon_c = 3,5$
 $\epsilon_s = 5$ ‰
 $\alpha_{cc} = 1,0$
 $\gamma_c = 1,5$
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 26,67$ MPa

Předpínací síly po relaxaci

i	z _i [mm]	P _{it} [kN]	M _{prd} (kNm)
1	50	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2108,26 kN
M_{pRd} = 1018,55 kNm

$\gamma_F = 1,5$
 $\delta = 1,2$

v_n = 848

N_{dZ-N} = N_{SkZ-N1} · γ_F · δ · x = 0,0 kN
M_{dZ-N} = M_{SkZ-N1} · γ_F · δ · x · k_{r1} = 790,9 kNm

Statické hodnoty obdélníkového 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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

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	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	500,00	0
0	0	0	550,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x &= z_{ci} = 105,133 \text{ mm} \\A_c &= 97 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_c &= 5,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= \lambda \cdot z_{ci} = 84,106 \text{ mm} \\A_{c\lambda} &= 79,060 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_{c\lambda} &= 3,325 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\z_{c\lambda} &= S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 42,05 \text{ mm} \\M_{cRd} &= F_c \cdot z_{c\lambda} = 88,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

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	540	0,0	0,0	0,00
3	0	490	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 0,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 79060 \text{ mm}^2 \\A_{st} &= \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) = 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 343,64 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 84,11 \text{ mm} \\F_c &= A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} = 2108,27 \text{ kN} \\F_{sd} &= A_{st} \cdot f_{yd} = 0,00 \text{ kN} \\F_{pd} &= 2108,26 \text{ kN} \\F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0,00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{sd} = 1107,12 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

ZATÍŽITELNOST VÝHRADNÍ

$$V_{rv} = 848$$

$$V_r = 1/10 \cdot V_{rv} \text{ (t)} \quad 84 \quad \text{tun}$$

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

Zatížitelnost R

C 40/50

▼

h = 600 mm

b = 1000 mm

h_l = mm

d_s = 20 mm

A_{sl} = 314,16 mm²

n_s = 0

a = 60 mm

d = 540 mm

N_{Sd} = 0,0 kN

M_{Sd} = 316,2 kNm

k_{r1} = 0,2900

M_{Sdq1bez} = 316,2 kNm

N_{Sdq1bez} = 0,0 kN

N_{SKZ-R} = 0,0 kN

M_{SKZ-R} = 1,2 kNm

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

j	i
1	0
2	1
3	2

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	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2108,26 kN

M_{pRd} = 1018,55 kNm

γ_F = 1,5

δ = 1,2

v_n = 1303

N_{dZ-N} = N_{SKZ-N1} · γ_F · δ · x = 0,0 kN

M_{dZ-N} = M_{SKZ-N1} · γ_F · δ · x · k_{r1} = 790,7 kNm

Statické hodnoty obdélníkového průřezu

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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
940	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1106,90 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

ZATÍŽITELNOST VÝJIMEČNÁ

$$V_{ev} = 1303$$

$$V_e = 1/10 \cdot V_{ew} \text{ (t)} \qquad 130 \qquad \text{tun}$$

POSOUZENÍ PRŮŘEZU KA-73

Zatížitelnost R Č

C 40/50

▼

h = 600 mm

b = 1000 mm

h₁ = mm

d_s = 20 mm

A_{s1} = 314,16 mm²

n_s = 0

a = 60 mm

d = 540 mm

N_{Sd} = 0,0 kN

M_{Sd} = 316,2 kNm

k_{r1} = 0,2900

M_{Sdq1bez} = 316,2 kNm

N_{Sdq1bez} = 0,0 kN

N_{SKZ-R} = 0,0 kN

M_{SKZ-R} = 762,1 kNm

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

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

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	230,6	11,53
2	485	395,3	191,72
3	550	1 482,4	815,31

F_{pd} = Σ(P_{it}) = 2108,26 kN

M_{pRd} = 1018,55 kNm

γ_F = 1,5

δ = 1,2

v_{rC} = 1,98

N_{dZ-N} = N_{SKZ-N1} · γ_F · δ · x = 0,0 kN

M_{dZ-N} = M_{SKZ-N1} · γ_F · δ · x · k_{r1} = 787,7 kNm

Statické hodnoty obdélníkového průřezu

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	649,202	5,133	3 411	102,55	350
235	180	200	200	0	0	0	180,00	0
85	415	200	680	0	0	0	0,00	0
50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
50	550	980	980	0	0	0	550,00	0
	600							

y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
940	84,1064	79 060	42,05	3 325
0	0	0	0,00	0
0	0	0	180,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	500,00	0
0	0	0	550,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x = z_{ci} &= 105,133 \text{ mm} \\ A_c &= 97 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_c &= 5,050 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} &= 84,106 \text{ mm} \\ A_{c\lambda} &= 79,060 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\ S_{c\lambda} &= 3,325 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} &= 42,05 \text{ mm} \\ M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} &= 88,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

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	540	0,0	0,0	0,00
3	0	490	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 0,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 79060 \text{ mm}^2 \\ A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) &= 0 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 343,64 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 84,11 \text{ mm} \\ F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} &= 2108,27 \text{ kN} \\ F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} &= 0,00 \text{ kN} \\ F_{pd} &= 2108,26 \text{ kN} \\ F_{sd} + F_{pd} - F_c &= 0,00 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1107,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 1103,92 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

ZATÍŽITELNOST VÝHRADNÍ - ČEPRO

$$V_{rCv} = 1,98$$

$$V_{rC} = 48 \cdot V_{rCw} \text{ (t)} \quad 95 \quad \text{tun}$$

POSOUZENÍ OZUBU POD PŘECHODOVOU DESKOU

C 30/37 ▼

h = 600 mm
b = 1000 mm
h₁ = mm

d_s = 16 mm
A_{s1} = 201,06 mm²
n_s = 10

a = 48 mm
d = 552 mm
M_{Sd} = 260,2 kNm
k_{r1} = 1,0000

M_{Sdq1} = 260,2 kNm

beton :

C 30/37

charakteristická tlaková pevnost $f_{ck} = 30,00$ MPa
poměrné stlačení betonu $\epsilon_{c2} = 2,00$ ‰
exponent $n = 2$
maximální poměrné stlačení betonu $\epsilon_{cu2} = 3,50$ ‰
 $\lambda = 0,8$
 $\eta = 1$
poměrné stlačení betonu -bilineární $\epsilon_{c3} = 1,75$ ‰
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární $\epsilon_{cu3} = 3,50$ ‰
 $E_{cm} = 33$ GPa

ocel :

R 600

$E_s = 200$ GPa
 $f_{yk} = 600$ MPa
 $\gamma_s = 1,15$
 $\epsilon_{uk} = 75$ ‰
 $\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5$ ‰
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 521,7$ MPa
 $\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 3$ ‰

poměrné přetvoření

$\epsilon_c = 3,5$

$\epsilon_s = 5$ ‰

$\alpha_{cc} = 1,0$

$\gamma_c = 1,5$

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 20,00$ MPa

doporučená hodnota 1,0
trvalá a dočasná návrhová situace

Statické hodnoty obdélníkového průřezu

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

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

t _j (mm)	h _i (mm)	b ₁₁ (mm)	b ₁₂ (mm)	y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
600	0	1000	1000	1000	65,563	65 563	32,78	2 149
0	600	0	0	0	0	0	0,00	0
0	600	0	0	0	0	0	600,00	0
0	600	0	0	0	0	0	0,00	0
0	600	0	0	0	0	0	600,00	0
0	600	0	0	0	0	0	600,00	0
	600							

y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)
1000	52,4504	52 450	26,23	1 376
0	0	0	0,00	0
0	0	0	600,00	0
0	0	0	0,00	0
0	0	0	600,00	0
0	0	0	600,00	0

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}x &= z_{ci} = 65,563 \text{ mm} \\A_c &= 66 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_c &= 2,149 \cdot 10^6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= \lambda \cdot z_{ci} = 52,450 \text{ mm} \\A_{c\lambda} &= 52,450 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 \\S_{c\lambda} &= 1,376 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\z_{c\lambda} &= S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 26,23 \text{ mm} \\M_{cRd} &= F_c \cdot z_{c\lambda} = 27,51 \text{ kNm}\end{aligned}$$

i	n	z _i [mm]	A _i (mm ²)	S _i (.10 ³ mm ³)	M _{srd} (kNm)
1	0	40	0,0	0,0	0,00
2	10	560	2 010,6	1 125,9	587,45
3	0	520	0,0	0,0	0,00
4	0	0	0,0	0,0	0,00

$$A_s = 2,01 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$M_{sRd} = 587,45 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}A_{c\lambda} &= 52450 \text{ mm}^2 \\A_{st} &= \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) = 2011 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 297,23 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\begin{aligned}\lambda \cdot x &= 52,45 \text{ mm} \\F_c &= A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} = 1049,01 \text{ kN} \\F_{sd} &= A_{st} \cdot f_{yd} = 1049,02 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$F_{sd} - F_c = 0,01 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} = 615,0 \text{ kNm} > M_{sd} = 260,20 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\begin{aligned}N_{Ed} &= 0 \text{ kN} \\A_c &= 600\,000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Sdc} &= 1040,781 \text{ kN} \\V_{Sdel} &= 867,32 \text{ kN}\end{aligned}$$

průřez bez smykové výztuže

$$\begin{aligned}V_{Rdc} &= (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 245,1 \text{ kN} \\V_{Rdc} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 227,9 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,58 \leq 2,0 \\ \rho_l &= A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0,0034 \leq 0,02\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{Rdc} &= 0,18 / \gamma_c = 0,12 \\v_{min} &= 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,38 \\k_1 &= 0,15 \\\sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$V_{Sdcr} = V_{Sdel} \cdot 0,7 = 607,12 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = 245,1 \text{ kN} < V_{Sdcr} = 607,12 \text{ kN}$$

nevyhovuje, je třeba smyková výztuž

průřez se smykovou výztuží

$$\begin{aligned}s &= 100 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost třmíneků} \\f_{ywd} &= 521,74 \text{ MPa} \quad \text{návrhová mez kluzu smykové výztuže} \\v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,528 \\v_1 &= v = 0,528 \quad \text{redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smyky} \\\alpha_{cw} &= 0,3 \\z &= d - S_c / A_c = 519,2 \text{ mm} \\\theta &= 45^\circ \\\text{tg } \theta &= 1,000 \\\text{cotg } \theta &= 1,000\end{aligned}$$

musí být z intervalu 21,8° - 45°

$$\begin{aligned}A_{sw} &= 400 \text{ mm}^2 \\a_s &= 20 \text{ mm} \\n &= 4 \\V_{Rds} &= A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{cotg } \theta = 1083,6 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 607,12 \text{ kN} \\V_{Rdmax} &= \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\text{cotg } \theta + \text{tg } \theta) = 822,4 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 607,12 \text{ kN}\end{aligned}$$

smyková výztuž vyhovuje

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

přechodová deska

C 25/30 ▼

beton : C 25/30

charakteristická tlaková pevnost $f_{ck} = 25,00$ MPa

poměrné stlačení betonu $\epsilon_{c2} = 2,00$ ‰

exponent $n = 2$

maximální poměrné stlačení betonu $\epsilon_{cu2} = 3,50$ ‰

$\lambda = 0,8$

$\eta = 1$

poměrné stlačení betonu -bilineární $\epsilon_{c3} = 1,75$ ‰

maximální poměrné stlačení betonu - bilineární $\epsilon_{cu3} = 3,50$ ‰

ocel : R 600

$E_s = 200$ GPa

$f_{yk} = 600$ MPa

$\gamma_s = 1,15$

$\epsilon_{uk} = 75$ ‰

$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5$ ‰

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 521,7$ MPa

$\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 3$ ‰

$h = 300$ mm

$b = 1000$ mm

$h_1 = 300$ mm

$d_s = 16$ mm

$A_{s1} = 201,06$ mm²

$n_s = 6$

$a = 48$ mm

$d = 252$ mm

$M_{sd} = 130,00$ kNm

$V_{sd} = 170,00$ kN

poměrné přetvoření $\epsilon_c = 3,5$

$\epsilon_s = 5$ ‰

$\alpha_{cc} = 1,0$ doporučená hodnota 1,0

$\gamma_c = 1,5$ trvalá a dočasná návrhová situace

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16,67$ MPa

$A_c = b \cdot \lambda \cdot x = 37765$ mm²

$A_s = n_a \cdot A_{s1} = 1206$ mm²

$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 135,69$ mm z rovnováhy přetvoření

$\lambda \cdot x = 37,76$ mm

$F_c = A_c \cdot \eta \cdot f_{cd} = 629,41$ kN

$F_s = A_{st} \cdot f_{yd} = 629,41$ kN

$x = F_{sd} / (\lambda \cdot b \cdot f_{cd}) = 47,21$ mm < $h_1 = 300$ mm

N.O leží v desce

$M_{Rd} = F_s \cdot (d - x/2) = 143,8$ kNm > $M_{sd} = 130,00$ kNm **vyhovuje**

průřez bez smykové výztuže

$N_{Ed} = 0$ kN

$A_c = 300\,000$ mm²

$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 77,7$ kN

$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 128,5$ kN

$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,82 \leq 2,0$

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0,0007 \leq 0,02$

$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$

$V_{Sdcr} = V_{Sdc} \cdot 0,7 = 119$ kN

$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,43$

$k_1 = 0,15$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0$ MPa

$V_{Rdc} = 128,5$ kN > $V_{Sdcr} = 119$ kN

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

C 30/37 ▼

h = 600 mm
 $A_{c0} = 200000 \text{ mm}^2$
d = 200 mm
s = 1000 mm
 $A_{c1} = 200000 \text{ mm}^2$

$d_s = 16 \text{ mm}$
 $A_{s1} = 201,06 \text{ mm}^2$
 $n_s = 0$

a = 48 mm
d = 152 mm

$N_{Sd} = 1040,8 \text{ kN}$

úložný práh

beton : C 30/37

charakteristická tlaková pevnost $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$
poměrné stlačení betonu $\epsilon_{c2} = 2,00 \text{ ‰}$
exponent $n = 2$
maximální poměrné stlačení betonu $\epsilon_{cu2} = 3,50 \text{ ‰}$
 $\lambda = 0,8$
 $\eta = 1$
poměrné stlačení betonu -bilineární $\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární $\epsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$

ocel : R 600

$E_s = 200 \text{ GPa}$
 $f_{yk} = 600 \text{ MPa}$
 $\gamma_s = 1,15$
 $\epsilon_{uk} = 75 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5 \text{ ‰}$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 521,7 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 3 \text{ ‰}$

poměrné přetvoření $\epsilon_c = 3,5$
 $\epsilon_s = 5 \text{ ‰}$
 $\alpha_{cc} = 1,0$ doporučená hodnota 1,0
 $\gamma_c = 1,5$ trvalá a dočasná návrhová situace
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 20,00 \text{ MPa}$

$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1} / A_{c0})^{0,5} = 4\,000 \text{ kN} < 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 12\,000 \text{ kN}$ *vyhovuje*

příčné tahy

$b_h = d = 0,2 \text{ m}$
 $b_d = d + h = 0,8 \text{ m}$

$H_d = Q_{kl} \cdot \gamma_Q = 596,7 \text{ kN}$
 $N_d = 1040,8 \text{ kN}$
 $F_{pr} = 0,25 \cdot N \cdot (1 - b_h / b_d) + H = 791,8 \text{ kN}$

$A_{st,min} = 1,5 \cdot F_{pr} / f_{yd} = 2277 \text{ mm}^2$

navrhují 6 ϕ R 12 počet stříhů: 4

$A_{st} = 2714 \text{ mm}^2 > A_{st,min} = 2277 \text{ mm}^2$

$h = 800 \text{ mm}$
 $A_{c0} = 1300000 \text{ mm}^2$
 $d = 1300 \text{ mm}$
 $\xi = 1000 \text{ mm}$
 $A_{c1} = 1300000 \text{ mm}^2$

$G_{dup} = 54 \text{ kN}$
 $N_{Sd} = 1067,8 \text{ kN}$

opěra pod úložným prahem

beton : C 25/30

charakteristická tlaková pevnost	$f_{ck} =$	5,00	MPa
poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{c2} =$	2,00	‰
exponent	$n =$	2	
maximální poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{cu2} =$	3,50	‰
	$\lambda =$	0,8	
	$\eta =$	1	
poměrné stlačení betonu -bilineární	$\epsilon_{c3} =$	1,75	‰
maximální poměrné stlačení betonu - bilineární	$\epsilon_{cu3} =$	3,50	‰

$b = \xi =$	1000	mm
$e = h \cdot H_d / (N_{Sd} + G_{dup}) =$	425,54	mm
$h_w = d =$	1300	mm
$\eta =$	1	

poměrné přetvoření	$\epsilon_c =$	3,5	
	$\epsilon_s =$	5	‰
	$\alpha_{cc} =$	0,8	doporučená hodnota 0,8
	$\gamma_c =$	1,5	trvalá a dočasná návrhová situace
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	2,67	MPa	

$N_{Rd} = \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot (h_w - 2 \cdot e) =$	1 197	kN	$> N_{Sd} + G_{dup} =$	1 122	kN	vyhovuje
--	-------	----	------------------------	-------	----	----------

		<u>Záporové pažení</u>																			
$h_v = 2,9 \text{ m}$	$M_{Sd} = 90,13 \text{ kNm}$		$L = 2 \cdot h_v = 5,8 \text{ m}$																		
	$f_{yd} = 204,35 \text{ MPa}$		$q_k = M_{Sd} \cdot 8 / L^2 = 21,43 \text{ kNm}$																		
			HEA 360																		
	$W_{elmin} = M_{Sd} / f_{yd} = 0,441 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$		$W_{el} = 1,89 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$																		
			$I_y = 331 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$																		
		<hr/> $M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yd} = 386,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 90,13 \text{ kNm}$ vyhovuje <hr/>																			
JEŠTĚ NE <u>nosník KA-73</u>																					
beton : C 40/50																					
		charakteristická tlaková pevnost	$f_{ck} = 40,00 \text{ MPa}$																		
		poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{c2} = 2,00 \text{ ‰}$																		
		exponent	$n = 2$																		
		maximální poměrné stlačení betonu	$\epsilon_{cu2} = 3,50 \text{ ‰}$																		
$h = 600 \text{ mm}$			$\lambda = 0,8$																		
$b = 940 \text{ mm}$			$\eta = 1$																		
$h_1 = \text{mm}$		poměrné stlačení betonu -bilineární	$\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$																		
		maximální poměrné stlačení betonu - bilineární	$\epsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$																		
			$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$																		
ocel : V 400																					
			$E_s = 200 \text{ GPa}$																		
			$f_{yk} = 400 \text{ MPa}$																		
$d_s = 10 \text{ mm}$			$\gamma_s = 1,15$																		
$A_{s1} = 78,54 \text{ mm}^2$			$\epsilon_{uk} = 75 \text{ ‰}$																		
$n_s = 8$			$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk} = 67,5 \text{ ‰}$																		
			$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 347,8 \text{ MPa}$																		
			$\epsilon_{yd} = f_{yk} / E = 2 \text{ ‰}$																		
$a = 30 \text{ mm}$		poměrné přetvoření	$\epsilon_c = 3,5$																		
$d = 570 \text{ mm}$			$\epsilon_s = 5 \text{ ‰}$																		
			$\alpha_{cc} = 1,0$	doporučená hodnota 1,0																	
$M_{Sdq} = 2\,883,3 \text{ kNm}$			$\gamma_c = 1,5$	trvalá a dočasná návrhová situace																	
$k_{r1} = 0,2909$		$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 26,67 \text{ MPa}$		MPa																	
Předpínací síly po relaxaci																					
		<table><tr><th>i</th><th>z_i [mm]</th><th>P_{it} [kN]</th><th>M_{prd} (kNm)</th></tr><tr><td>1</td><td>50</td><td>230,6</td><td>11,53</td></tr><tr><td>2</td><td>485</td><td>395,3</td><td>191,72</td></tr><tr><td>3</td><td>550</td><td>1 482,4</td><td>815,31</td></tr></table>				i	z_i [mm]	P_{it} [kN]	M_{prd} (kNm)	1	50	230,6	11,53	2	485	395,3	191,72	3	550	1 482,4	815,31
i	z_i [mm]	P_{it} [kN]	M_{prd} (kNm)																		
1	50	230,6	11,53																		
2	485	395,3	191,72																		
3	550	1 482,4	815,31																		
$M_{Sdq1} = 838,7 \text{ kNm}$				$F_{pd} = \Sigma(P_{it}) = 2108,26 \text{ kN}$																	
				$M_{pRd} = 1018,55 \text{ kNm}$																	

		Statické hodnoty složeného průřezu								
j	i	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)
1	0	100	0	940	940	940	100	94 000	50,00	4 700
2	1	80	100	680	200	597,581	13,7365	8 775	106,72	936
3	2	240	180	200	200	0	0	0	180,00	0
4	3	80	420	200	680	0	0	0	0,00	0
5	4	50	500	900	900	0	0	0	500,00	0
6	5	50	550	960	960	0	0	0	550,00	0
	6		600							
j	i									
1	0	y _j (mm)	z _j (mm)	A _j (mm ²)	z _{ij} (mm)	S _j (.10 ³ mm ³)				
2	1	940	90,9892	85 530	45,49	3 891				
3	2	0	0	0	0,00	0				
4	3	0	0	0	180,00	0				
5	4	0	0	0	0,00	0				
6	5	0	0	0	500,00	0				
	6	0	0	0	550,00	0				
	6									

statické hodnoty pro celou část průřezu - beton

$$x = z_{ci} = 113,7365 \text{ mm}$$

$$A_c = 103 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S_c = 5,636 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

statické hodnoty pro celou část průřezu - ocel

statické hodnoty pro redukovanou část průřezu - beton

$$\lambda \cdot x = \lambda \cdot z_{ci} = 90,989 \text{ mm}$$

$$A_{c\lambda} = 85,530 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S_{c\lambda} = 3,891 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$z_{c\lambda} = S_{c\lambda} / A_{c\lambda} = 45,49 \text{ mm}$$

$$M_{cRd} = F_c \cdot z_{c\lambda} = 103,76 \text{ kNm}$$

i	n	z _i [mm]	A _i (mm ²)	S _i (.10 ³ mm ³)	M _{srd} (kNm)
1	2	30	0,0	0,0	0,00
2	2	170	157,1	26,7	9,29
3	2	430	157,1	67,5	23,49
4	2	570	157,1	89,5	31,14

$$M_{sRd} = 63,92 \text{ kNm}$$

$$A_{c\lambda} = 85530 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \Sigma(n_{ai} \cdot A_{sli}) = 471 \text{ mm}^2$$

$$x_{lim} = d \cdot \epsilon_{cu3} / (\epsilon_{yd} + \epsilon_{cu3}) = 362,73 \text{ mm} \quad \text{z rovnováhy přetvoření}$$

$$\lambda \cdot x = 90,99 \text{ mm}$$

$$F_c = A_{c\lambda} \cdot \eta \cdot f_{cd} = 2280,80 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = A_{st} \cdot f_{yd} = 163,91 \text{ kN}$$

$$F_{pd} = 2108,26 \text{ kN}$$

$$F_{sd} + F_{pd} - F_c = -8,62 \text{ kN} \quad \text{musí být rovno nule (rovnováha sil)}$$

$$M_{Rd} = M_{crd} + M_{srd} + M_{prd} = 1186,2 \text{ kNm} > M_{Sd} = 838,74 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

průřez bez smykové výztuže

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$A_c = 564\,000 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rdc} = (C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 87,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 247,3 \text{ kN}$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1,58 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0,0001 \leq 0,02$$

$$C_{Rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$V_{Sdcr} = V_{Sdc1} \cdot 0,7 = 211,93 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,44$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = 247,3 \text{ kN} > V_{Sdcr} = 211,93 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba smyková výztuž

základová spára podpěrného prahu

pro zeminu

$$\text{opěra 1} \quad R_{dt} = 250 \text{ kPa}$$

šterkopisek šedý, ulehlý pod úrovní HPV

$$\text{opěra 2} \quad R_{dt} = 250 \text{ kPa}$$

$$\min R_{dt} = R_{dt} \cdot 0,6 = 150 \text{ kPa} > \sigma_{zd} = 126,6 \text{ kPa} \quad \text{vyhovuje}$$