



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH LÁVKY PŘES VLEČKU

DESIGN OF THE FOOTBRIDGE OVER THE RAILWAY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

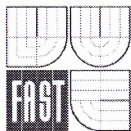
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ELIŠKA MERTO VÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Eliška Mertová

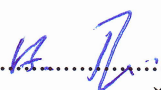
Název Návrh lávky přes vlečku

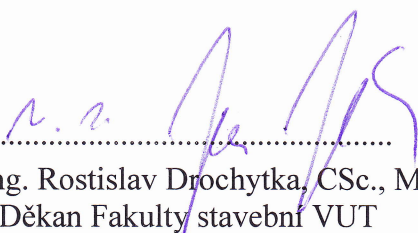
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014


.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu


.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

ČSN EN 1992

výsledky zjednodušeného průzkumu situace

časopis Beton TKS

časopis Silnice a železnice

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

- Vypracovat vhodný návrh lávky,
- Vypracovat vhodný model lávky pro analýzu vnitřních sil,
- Posoudit ULS a SLS
- Konstrukci vyztužit a vypracovat v omezeném rozsahu výkresovou dokumentaci

Požadované výstupy:

A) Textová část

A1) Technická zpráva

A2) Průvodní zpráva statickým výpočtem

B) Netextová část (resp. Přílohy textové části)

B1) Použité podklady,

B2) Statický výpočet,

B3) Přehledná grafická dokumentace získaných výsledků

B4) Výkresová dokumentace řešeného mostu v rozsahu dle vedoucího práce

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce je návrh nové lávky pro pěší vedoucí přes vlečku namísto stávajícího železobetonového nadchodu v areálu cementárny v Mokré u Brna. Lávka slouží k převedení pěší dopravy přes zmíněnou železniční dráhu.

Práce se skládá z návrhu lávky jako železobetonové spojité rámové konstrukce, vypracování modelu lávky pro analýzu vnitřních sil, dimenzování a posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Výpočet účinků zatížení je proveden počítačovým softwarem Scia Engineer 2013. V celkové statické analýze nejsou zohledněny vlivy fází výstavby konstrukce.

Klíčová slova:

lávka pro pěší, spojitý nosník, rámový most, železobeton, průjezdný průřez, točitá rampa, schodiště, prostorový prutový model, kyvný prut

Abstract:

The aim of this bachelor's thesis is a design of a new footbridge over the railway instead of an existing reinforced concrete pedestrian bridge in a compound of the cement factory in Mokrá at Brno. The footbridge is used to the transfer pedestrians over the mentioned train.

The work is composed of the design of the pedestrian bridge as a continuous frame structure, including making a model of the bridge for an analysis of internal forces, design and checking the structure for the ultimate and serviceability limit state. A calculation of load effects is processed by the computer software Scia Engineer 2013. The construction stage analysis wasn't applied in the structural calculations.

Keywords:

footbridge, continuous beam, frame bridge, reinforced concrete, passable cross-section, spiral ramp, staircase, spatial bar model, swing bar

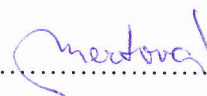
Bibliografická citace VŠKP

Eliška Mertová *Návrh lávky přes vlečku*. Brno, 2015. 53 s., 128 s. příl. Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí.
Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2015



.....
podpis autora

Eliška Mertová



Poděkování:

Ráda bych poděkovala panu doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce, za ochotu, vstřícnost a pozitivní přístup při konzultacích.

Úvod	9
A1.TECHNICKÁ ZPRÁVA	10
1. Identifikační údaje	10
2. Základní údaje o mostě	10
3. Charakteristika území a stavebního pozemku	11
3.1 Popis polohy stavby	11
3.2 Údaje o křižující překážce	11
4. Stavebně – technické řešení	12
4.1 Studie návrhu mostu	12
4.1.1 Varianty řešení	12
4.1.2 Statické působení	13
4.2 Zatížení lávky	14
4.3 Charakteristika objektu	15
4.4 Popis konstrukce lávky	16
4.5 Vybavení lávky	18
4.6 Zvláštní zařízení na lávce.....	19
5. Postup výstavby lávky	19
6. Materiály pro stavbu lávky.....	19
6.1 Materiál pro zásyp a obsyp.....	19
6.2 Bednění pro betonáž.....	19
6.3 Beton.....	19
6.4 Betonářská výztuž.....	20
7. Technické a kvalitativní podmínky.....	20
8. BOZP.....	20
9. Vytyčení.....	20
Seznam obrázků a tabulek	21
A2. PRŮVODNÍ ZPRÁVA STATICKÝM VÝPOČTEM	22

Závěr

Seznam použitých zdrojů

Seznam příloh

Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce je vypracování vhodného návrhu lávky pro pěší k bezpečnému překonání překážky vlečky v areálu Cementárny Mokrá u Brna namísto stávajícího nevzhledného železobetonového nadchodu, který je značně poškozen masívními trhlinami pravděpodobně od smršťování betonu v součtu s tahovými silami od teplotních vlivů.

Po zpracování předběžného návrhu vyplynulo řešení lávky jako rámové konstrukce, kdy hlavní nosná konstrukce bude provedena jako železobetonový spojitý nosník kloubově spojený s kyvnými stojkami, které budou řešeny jako nedílná součást nosné konstrukce mostu. Návrh je proveden dle normy ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady.

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavební objekt:	Lávka pro pěší přes vlečku v areálu Cementárny v Mokré
Název lávky:	Lávka pro pěší v Mokré
Kraj:	Jihomoravský
Katastrální území:	Mokrá u Brna
Obec:	Mokrá - Horákov
Okres:	Brno - venkov
Investor:	Českomoravský cement, a.s. Mokrá 359, 664 04 Mokrá-Horákov
Nadřízený orgán investora:	HeidelbergCement Česká Republika
Správce lávky:	Českomoravský cement, a.s. Mokrá 359, 664 04 Mokrá-Horákov
Projektant:	Eliška Mertová
Bod křížení vztažený k ZÚ lávky:	15,128 m
Úhel křížení:	$\alpha = 100,0000$ g
Volná výška pod lávkou v místě křížení:	$h = 5,519$ m

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O LÁVCE

Délka přemostění:	34,945 m
Délka mostu – přímého úseku se schodištěm:	49,251 m
- přímého úseku s točitou rampou:	119,230 m
Délka nosné konstrukce – přímého úseku se schodištěm:	46,258 m
- přímého úseku s točitou rampou:	116,237 m
Šikmost mostu:	$\alpha = 90^\circ$
Šířka nosné konstrukce = šířka mostu:	2,500 m
Volná šířka na lávce:	2,000 m
Konstrukční výška:	0,650 m
Stavební výška mostu:	0,695 m
Výška mostu:	6,426 m
Volná výška pod mostem:	
- pro mostní otvor mezi podpěrami KP1 a KP2:	5,519 m
Plocha nosné konstrukce:	317,03 m ²
Sklon schodiště:	24°
Sklon bezbariérové rampy:	1:16
Počet schodišťových ramen:	3
Počet stupňů v rameni:	12
Výška schodišťového stupně:	0,150 m
Šířka schodišťového stupně:	0,330 m
Délka mezipodesty:	1,2 m
Šířka mezipodesty:	2,5 m
Podélný sklon mezipodesty:	1,0 %

Zatížení lávky: dle ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou

Tab. č.1 Rozpětí jednotlivých polí:

	Pole	Rozpětí (m)		Pole	Rozpětí (m)
SCHODIŠTĚ	A - KP1	6,930	RAMPA	KP2 - KP2.1	10,500
	KP1 - KP2	15,000		KP2.1 - KP3	10,500
	KP2 - KPA	9,463		KP3 - KP4	15,000
	KPA - KPB	5,160		KP4 - KP5	15,000
	KPB - KPC	5,160		KP5 - KP6	15,000
	KPC - C	3,385		KP6 - KP7	10,000
				KP7 - KP8	10,000
				KP8 - B	4,550

ÚDAJE O KŘÍŽENÍ S VLEČKOU:

- Druh převáděné železniční dráhy: Vlečka
- Průjezdny průřez vlečky: Z-GC
 - dle ČSN 73 6320 – Průjezdné průřezy na drahách celostátních, drahách regionálních a vlečkách normálního rozchodu.
- Parametry průjezdného průřezu:
 - Výška: 4,850 m
 - Největší možná šířka od osy koleje: 2,500 m
- Bod křížení vztažený k ZÚ lávky: 15,128 m
- Úhel křížení: $\alpha = 100,0000$ g
- Volná výška pod lávkou v místě křížení: $h = 5,519$ m

3. Charakteristika území a stavebního pozemku

3.1 Popis polohy stavby

Lávka je situována v extravilánu obce Mokrý – Horákov u Brna a navazuje na stávající chodník, který tvoří jednu z přístupových cest do areálu cementárny.

Chodník se nachází na svahu se sklonem 31° (1:1,75) a s výškovým rozdílem oproti přilehlému terénu přibližně 5,4 m. Lávka tedy musí splňovat tři základní požadavky, a to vhodné napojení na stávající chodník, bezpečné přemostění projíždějící vlečky a zároveň překonání značného výškového rozdílu, který bude oproti zmíněnému ještě navýšen z důvodu zajištění průjezdného profilu vlečky.

3.2 Údaje o křížující překážce

Hlavním účelem lávky je umožnění chodcům bezpečné překonání překážky vlečky, která projíždí areálem cementárny. Směrové a především výškové vedení lávky musí být takové, aby celková konstrukce mostu nijak nezasahovala do průjezdného průřezu vlečky Z – GC, jehož hlavní parametry jsou uvedeny v předchozí kapitole.

Volná výška pod mostem 5,519 m v místě křížení je vztažena k temenu hlavy kolejnic, úhel křížení je 90°.

4. Stavebně – technické řešení

4.1 Studie návrhu mostu

Vypracování návrhu situace a podélného profilu lávky bylo především ovlivněno následujícími skutečnostmi:

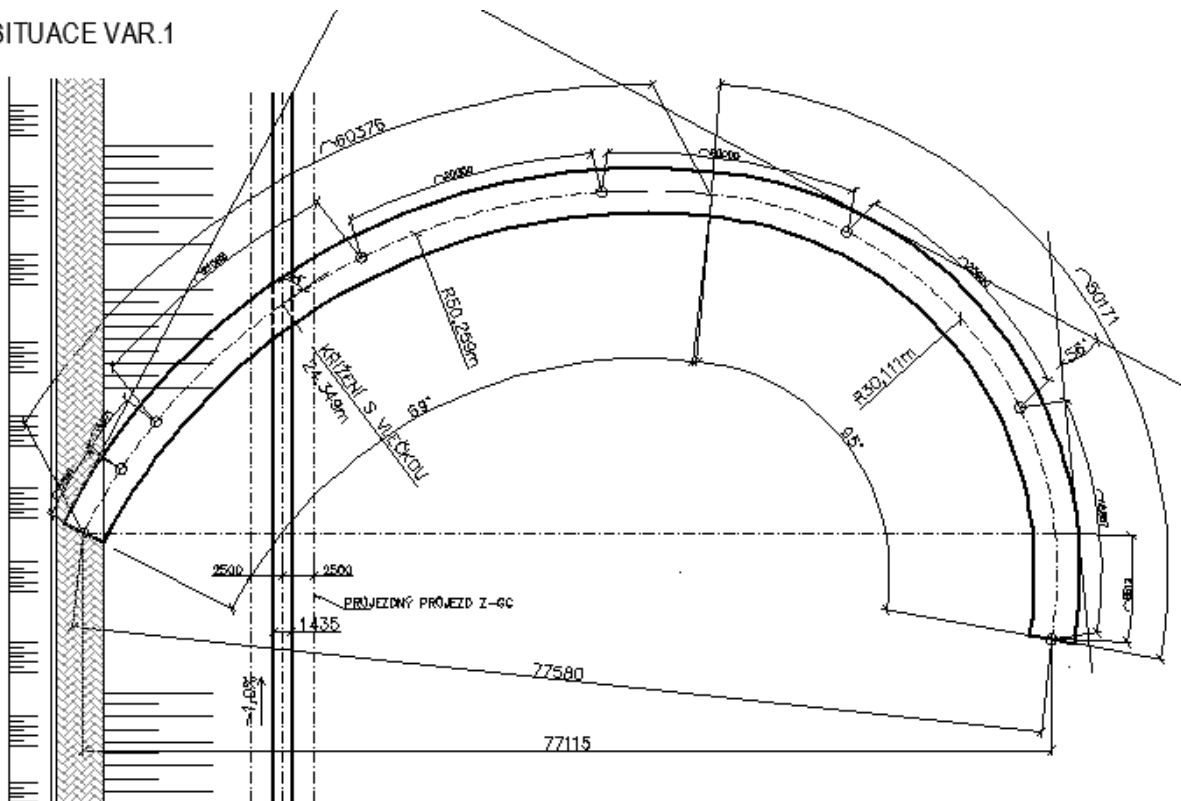
Jednak potřeba překonání velkého výškového rozdílu cca 5,4 m mezi výškovou úrovní stávajícího chodníku a přilehlého rovinatého terénu při současném limitovaném podélném sklonu lávky, a to především z důvodu bezbariérového užívání, vede na značnou délku mostu. Což navíc vzhledem k omezenému prostoru v areálu cementárny směřuje k řešení situace lávky jako půdorysně zakřivené konstrukce.

Dále nutnost dostatečné volné výšky pod mostem pro zajištění průjezdného profilu vlečky v místě křížení vede při návrhu podélného profilu lávky nejprve k vzestupnému sklonu od chodníku až do bodu křížení a následně pak sestupnému sklonu až na úroveň terénu. Zaoblení lomu sklonu nad vlečkou bude provedeno parabolou 2. stupně.

4.1.1 Varianty řešení

Jako prvotní varianta situace lávky byla navržena půdorysně zakřivená konstrukce, která je tvořena složeným kružnicovým obloukem. Křížení s vlečkou je pod úhlem 54°. Tento návrh byl však zamítnut, a to především z důvodu značných půdorysných rozměrů, jež by byly při daném situování lávky těžko realizovatelné. Zároveň šikmé napojení na chodník by zkomplikovalo přístup na lávku z levé strany.

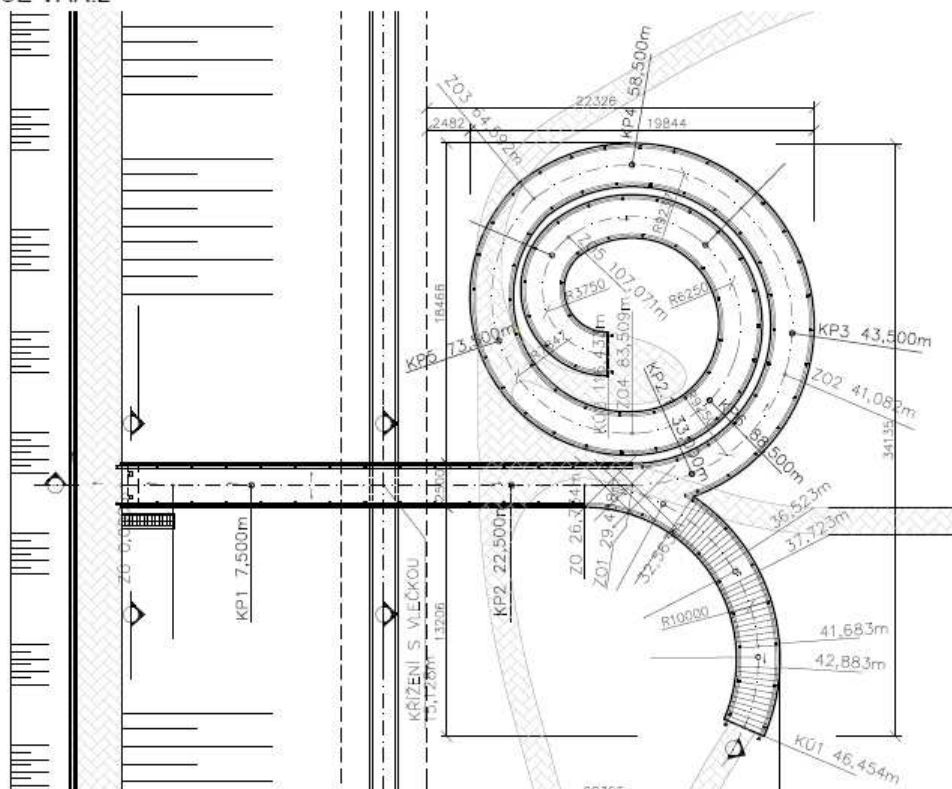
SITUACE VAR.1



Obr. 1 Situace varianty 1

K vhodnějšímu prostorovému řešení byla zvolena druhá varianta návrhu situace lávky, která se skládá z půdorysně přímého úseku, jež se rozvětňuje na dvě strany. A to po pravé straně na zatočené schodiště a po levé straně na točitou rampu pro zachování možnosti bezbariérového užívání lávky. Půdorysně přímý úsek se napojuje na chodník pod kolmým úhlem, pod kterým rovněž křížuje i překážku vlečky.

SITUACE VAR.2



Obr. 2 Situace varianty 2

4.1.2 Statické působení

▪ Podélný směr

Lávka je navržena jako rámová konstrukce, kdy hlavní nosná konstrukce bude provedena jako železobetonový spojitý nosník kloubově spojený s rovněž železobetonovými kyvnými stojkami. Kyvná podpěra nepřenáší moment, jelikož se při statickém vyšetřování předpokládá na obou koncích kloub, který bude řešen vrubovým kloubem.

Spojitý nosník lávky je tvořen třemi poli v půdorysně přímé části, kdy třetí pole už se zároveň rozvětňuje na část se schodištěm a na točitou rampu. Schodiště se dále skládá ze tří polí spojitého nosníku, kdy kyvné stojky podpírají jednotlivé mezipodesty. Rampa je tvořena dalšími sedmi poli spojitého nosníku. Rozpětí jednotlivých polí je uvedeno v kap. 2.

Na opěře u chodníku bude hlavní nosná konstrukce osazena na dvě elastomerová ložiska, pravé bude příčně pevné a pohyblivé v podélném směru, levé ložisko bude všesměrně pohyblivé. Umožnění pohybu nosné konstrukce v podélném směru je za cenu instalace mostního závěru, který zajistí dilataci nosné konstrukce bez vzniku napětí od jejích posunů a dalších deformací. Je zvolen hřebenový mostní závěr šířky 350 mm.

▪ Příčný směr

Příčný průřez hlavní nosné konstrukce lávky je tvořen horní deskou, která je vynášena středovým trámem. Horní deska má na okraji tloušťku 120 mm a směrem ke středu se tloušťka zvětšuje a plynule přechází do středového trámu, jehož nejmenší šířka při spodním okraji je 300 mm. Výška příčného řezu ve středové části je 650 mm. Horní povrch příčného řezu s celkovou šířkou 2,5 m je upraven do střeovitého sklonu 2,0 % pro zajištění odtoku vody jak pomocí příčného, tak i podélného sklonu. V místě uložení na ložiska je příčný řez opatřen koncovým příčnickem o rozměrech 1840 x 775 mm.

Příčný průřez kyvných stojek je kruhový o průměru 300 mm.

▪ Statické schéma

Pro analýzu vnitřních sil byl vypracován prostorový prutový model v počítačovém softwaru Scia Engineer 2013. Půdorysně i podélně zakřivená střednice mostovky lávky byla nahrazena dostatečně hustým polygonem přímých prutů, kdy body polygonu leží na střednici konstrukce mostu. Tímto je geometrie lávky pro analýzu účinků zatížení dostatečně vystižena.

Podpory spojitého nosníku tvoří kyvné podpěry rámového mostu, které jsou modelovány jako prut s kloubem na obou koncích. Prut je dále opatřen pevnou neposuvnou kloubovou podporou. Železobetonové hlavní nosné konstrukci a kyvným stojkám byl přiřazen příslušný průřez.

Koncový příčník je modelován jako prostý nosník, jehož podpory odpovídají pohybům, které ložiska umožňují. U pravé podpory byla uvolněna vazba v podélném směru, levá podpora má tuhou vazbu pouze ve svislém směru. Průřez odpovídá rozměrům koncového příčnicku. Konec schodiště a točité rampy je opatřen neposuvnou kloubovou podporou.

4.2 Zatížení lávky

▪ Stálé

Stálé zatížení je způsobeno od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení od pochozí izolace, tíhy ocelového zábradlí a v úseku schodiště navíc od tíhy nadbetonovaných schodišťových stupňů.

▪ Proměnné

➤ Rovnoměrné zatížení chodci

Následující užité zatížení vzniká od pěší dopravy. Pro lávku není požadován model zatížení davem lidí LM4, jelikož při tomto situování lávky se nepředpokládá zatížení od souvislého hustého proudu lidí. Zatížení chodci byly proto stanoveny na základě doporučení normy dle vzorce $q_{fk} = 2,0 + 120 / (L + 30)$ kN/m², kde L je zatěžovací délka [m].

➤ Dynamické zatížení chodci

V závislosti na dynamických charakteristikách konstrukce se mají stanovit vlastní frekvence příslušející svislému, vodorovnému a kroutivému kmitání. Pokud jsou síly buzené

chodci totožné s některou vlastní frekvencí lávky, dochází ke vzniku rezonance, což je nutné uvažovat při ověření mezních stavů kmitání.

Pokud některá vlastní frekvence svislého kmitání nabývá hodnot v oblasti 1,0 Hz – 5,0 Hz anebo frekvence vodorovného kmitání je v rozmezí hodnot 0,5 Hz – 2,5 Hz, je nutno provést podrobnou dynamickou analýzu, která však není náplní této bakalářské práce. Z hlediska použitelnosti jsou stanovena kritéria pohody chodců prostřednictvím přijatelných hodnot zrychlení kmitání.

- V tomto projektu se neuvažuje soustředěné zatížení ani obslužné vozidlo,

jelikož bude překážkou zabráněno vjezdu vozidel na nosnou konstrukci lávky. V sestavě zatížení gr1 je zanedbáno vodorovné zatížení. Rovněž se neuvažují mimořádná zatížení lávek od nárazu vozidla pod lávkou nebo od mimořádného výskytu vozidla na mostě.

➤ **Zatížení na zábradlí**

Při návrhu lávky jsou uvažovány síly přenášené zábradlím do nosné konstrukce. Dle normy je stanovena doporučená minimální hodnota proměnného zatížení na zábradlí ve směru svislém a vodorovném 1,0 kN/m, které působí jako přímkové na horní hraně zábradlí.

▪ **Klimatická zatížení**

➤ **Zatížení větrem**

Je stanoveno dle normy ČSN EN 1991-1-4. Jelikož jsou lávky obvykle velmi citlivé na dynamické účinky větru, byl by dále vyžadován kromě stanovení účinků tlaku větru na nosnou konstrukci lávky rovněž dynamický výpočet odezvy pro více tvarů kmitání, který ale nebude náplní této bakalářské práce.

➤ **Zatížení teplotou**

U staticky neurčitých konstrukcí je důležité uvažování teploty, jelikož vazby brání volné deformaci, čímž vznikají sekundární účinky od teploty. Rovnoměrná složka teploty způsobuje normálové síly a od lineárně proměnné složky teploty vznikají momenty.

Pro lokalitu Brna a betonový nosník je stanoven max. rozsah pro výpočet prodloužení 31,5 °C a pro zkrácení od teploty 32,0 °C.

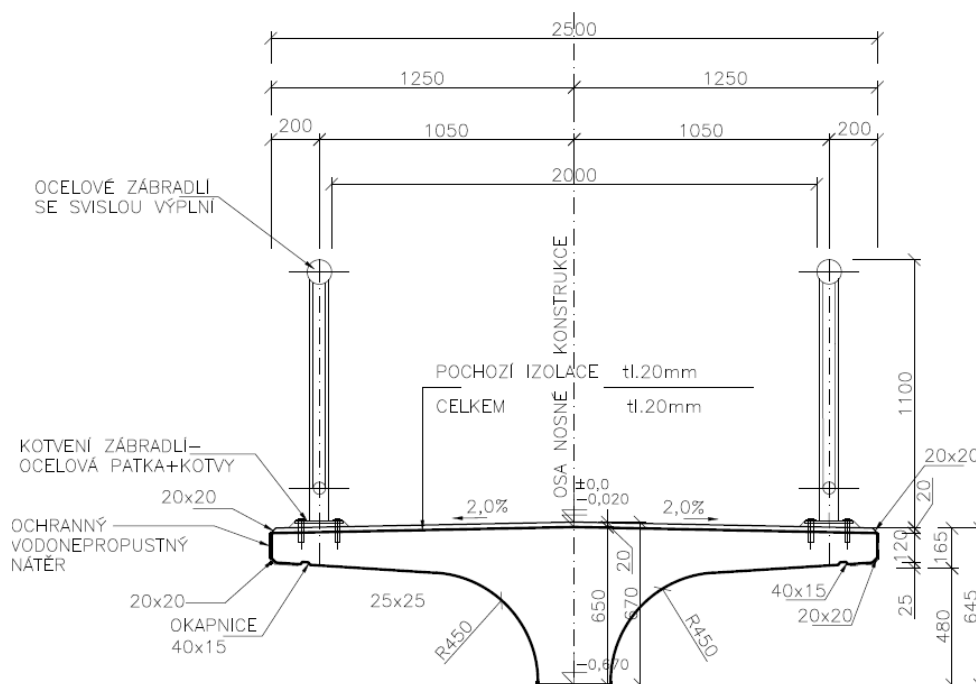
4.3 Charakteristika objektu

Objekt lávky zajišťuje chodcům přístup k cementárně při současném bezpečném překonání překážky vlečky projíždějící areálem.

▪ **Šířkové uspořádání lávky:**

Volná šířka lávky:	2,000 m
Vzdálenost osy nosné konstrukce a osy zábradlí:	1,050 m
<u>Vzdálenost osy zábradlí po okraj lávky:</u>	<u>0,200 m</u>
Celková šířka lávky:	2,500 m

Volná šířka lávky 2,0 m je navržena jako minimální volná šířka pro trvalé lávky, jelikož s ohledem k předpokládané intenzitě chodců je považována jako dostačující. Volná výška lávky není omezena žádnou překážkou.



Obr.3 Šířkové uspořádání lávky

▪ Schodiště

Schodiště je tvořeno třemi schodišťovými rameny a dvěma mezipodestami o délce 1,2 m a podélném sestupném sklonu 1,0 % z důvodu snadnějšího odvodnění. Sklon schodišťového ramene je 24° , přičemž každé má 12 schodišťových stupňů. Výška stupně je 150 mm a šířka 330 mm. Schodišťové stupně budou nadbetonovány na hlavní nosné konstrukci.

▪ Bezbariérová točitá rampa

Podélný sklon lávky je 1:16 (6,25 %), který je navržen z důvodu možnosti bezbariérového užívání. Na délku 3 m na začátku lávky je využito maximálního sklonu 1:8 (12,5 %) a to z důvodu vystoupení z úrovně chodníku do dostatečné výšky především v místě křížení s vlečkou.

4.4 Popis geometrie a konstrukce lávky

▪ Geometrie lávky

➤ Směrové řešení

Osa zatočeného schodiště je tvořena kružnicovým obloukem o poloměru 10,0 m. Osa přímého úseku lávky je tečnou tohoto oblouku.

Staničení důležitých bodů přímé části a schodiště:

ZÚ	0,000 m
Křížení s vlečkou:	15,128 m
Začátek oblouku ZO:	26,734 m
Začátek 1. schodišťového ramene:	32,563 m
Konec 1. schodišťového ramene:	36,523 m
Začátek 2. schodišťového ramene:	37,723 m
Konec 2. schodišťového ramene:	41,683 m
Začátek 3. schodišťového ramene:	42,883 m
KÚ1	46,454 m

Osa točité rampy je tvořena pěti kružnicovými oblouky, přičemž sousední dva mají vždy společnou tečnu. Osa přímé části je zároveň tečnou prvního oblouku rampy.

Tab.č.2 Popis geometrie osy točité rampy:

	Staničení	Poloměr
ZO	26,734 m	9,250 m
ZO2	41,082 m	9,237 m
ZO3	64,592 m	7,847 m
ZO4	83,509 m	6,250 m
ZO5	107,071 m	3,750 m
KÚ2	116,433 m	

➤ Podélný profil

Tečnový polygon nivelety lávky je ze začátku úseku veden vzestupným sklonem 12,5 %, dále ve staničení 2,977 m se sklon zmenší na 6,25 %. V místě křížení s vlečkou ve staničení 15,128 m se změní sklon na sestupný 6,25 %. U rampy je tento sklon konstantní až po dosažení úrovně terénu, u schodiště je tento sklon konstantní po začátek prvního schodišťového stupně ve staničení 32,563 m.

Parametry zaoblení lomu sklonu nad vlečkou:

poloměr $R = 59,888$ m
 tečna $t_z = 3,743$ m
 vzezpečí $y_{\max} = 0,117$ m

Tab.č.3 Parametry výškového řešení

	Staničení (m)	Výška terénu (m)	Výška nivelety (m)		Staničení (m)	Výška terénu (m)	Výška nivelety (m)
ZÚ	0,000	4,408	5,412	ZO1	29,458	0,000	5,648
	2,977	5,494	8,281	ZO2	41,082	0,000	4,921
	11,388	0,000	6,310	ZO3	64,592	0,000	3,452
BK	15,128	0,000	6,426	ZO4	83,509	0,000	2,270
	18,873	0,000	6,310	ZO5	107,071	0,000	0,797
ZO	26,734	0,000	5,818	KÚ2	116,433	0,000	0,000

	32,563	0,000	5,454
	36,523	0,000	3,654
	37,723	0,000	3,622
	41,683	0,000	1,827
	42,883	0,000	1,815
KÚ1	46,454	0,000	0,000

Výšky jsou uvedeny v relativních kótách.

▪ **Konstrukce lávky**

- Hlavní nosná konstrukce

Lávka je navržena jako spojitá železobetonová rámová konstrukce půdorysně zakřivená.

- Spodní stavba a založení

Spodní stavba je tvořena opěrou u chodníku na začátku úseku lávky a dále železobetonovými kyvnými stojkami, které jsou založeny na základové patce. Připojení podpěry k hlavní nosné konstrukci a k základové patce je realizováno vrubovým kloubem. Úložný práh a závěrná zeď opěry bude ze železobetonu, dřík a základ z prostého betonu. Předpokládá se plošné založení.

Po analýze nejpříznivější polohy kyvných podpěr bylo následující rozmístění zvoleno jako optimální:

Tab.č.4 Staničení a výška podpěr

Ozn. kyvné stojky	Staničení	Výška
KP1	7,500 m	5,197 m
KP2	22,500 m	5,710 m
KPA	31,963 m	5,120 m
KPB	37,123 m	3,278 m
KPC	42,283 m	1,471 m
KP2.1	33,000 m	5,055 m
KP3	43,500 m	4,400 m
KP4	58,500 m	3,462 m
KP5	73,500 m	2,524 m
KP6	88,500 m	1,587 m
KP7	98,500 m	0,962 m

4.5 Vybavení lávky

- Záchytný systém

Lávka bude vybavena ocelovým zábradlím, jehož výška nad pochůzným povrchem je 1,100 m. Zábradelní výplň musí zamezit přelézání zábradlí a znemožnit dětem možnost

prolázání mezi výplňovými pruty, z toho důvodu je mezera mezi těmito pruty omezena na 120 mm.

Schodišťová ramena i bezbariérová rampa bude po obou stranách opatřena madly, která přesahují o 150 mm poslední schodišťový stupeň a konec rampy. Rampa musí být dále po obou stranách opatřena vodící tyčí ve výšce 250 mm od pochůzného povrchu lávky.

➤ Odvodnění lávky

Lávka bude odvodněna svým podélným a příčným sklonem.

4.6 Zvláštní zařízení na lávce

Na lávce nejsou umístěna žádná cizí zařízení.

5. Postup výstavby lávky

- Převzetí a zřízení zařízení staveniště
- Výkopové práce
- Převzetí a úprava základové spáry a zhotovení podkladního betonu
- Armování a bednění spodní stavby
- Betonáž spodní stavby
- Zhotovení úložných ložiskových bloků
- Armování a bednění hlavní nosné konstrukce
- Betonáž hlavní nosné konstrukce a koncového příčnicku
- Pokládka pochozí izolace
- Osazení mostního závěru, ocelového zábradlí včetně vodící tyče
- Zásypy a dokončovací práce

6. Materiály pro stavbu lávky

6.1 Materiál pro zásyp a obsyp

Pro zásypy stavebních jam bude použit materiál vhodný pro realizaci zásypu. Za opěrou bude zřízen samostatný přechodový klín z jemnozrnného mezerovitého betonu pro vyrovnání nestejnomyšerného sedání lávky a přilehlého násypu.

6.2 Bednění pro betonáž

Pro bednění pohledových ploch spodní stavby a nosné konstrukce bude použito hladké systémové bednění. Zkosení všech ostrých hran hlavní nosné konstrukce bude provedeno 20/20 mm a spodní stavby 50/50 mm. Pro bednění nepohledových ploch spodní stavby bude postačovat použití nehoblovaných prken.

6.3 Beton

Konstrukční prvek	Třída betonu
Hlavní nosná konstrukce	C35/45 – XC4, XF2, XD1
Úložné bloky ložisek	C30/37 – XF2, XD1
Opěra	C30/37 – XF2, XD1
Kyvné stojky	C30/37 – XF2, XD1
Základová patka	C25/30 – XC2
Podkladní beton	C8/10 – X0

6.4 Betonářská výztuž

Betonářská výztuž bude z oceli třídy B550B kromě základové patky, kde je navržena betonářská výztuž třídy B500B. Minimální a jmenovité krytí výztuže betonem:

Hlavní nosná konstrukce:	$c_{\min} = 40 \text{ mm};$	$c_{\text{nom}} = 50 \text{ mm}$
Kyvné stojky:	$c_{\min} = 35 \text{ mm};$	$c_{\text{nom}} = 45 \text{ mm}$
Základová patka:	$c_{\min} = 30 \text{ mm};$	$c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm}$

7. Technické a kvalitativní podmínky

Práce musí být vykonávány v souladu s platnými normami ČSN, právními normami a technickými předpisy. Prokázání jakosti materiálů bude provedeno na základě výše uvedených nařízení a doporučení, rovněž je nutné dodržovat příslušné technologické postupy prací.

8. BOZP

Při realizaci stavby platí v plném rozsahu právní předpisy v oblasti bezpečnosti práce a ostatní předpisy, které s BOZP souvisí. V průběhu výstavby se dodavatel dále řídí požadavky bezpečnosti práce obsaženými v technologických postupech, pracovních postupech jednotlivých prací, návodem výrobců a vlastními řídicími dokumenty v oblasti bezpečnosti práce.

9. Vytyčení

Vytyčení bude provedeno v souřadném systému S-JTSK, ve výškovém systému B.p.v. Případné vytyčovací odchylky jsou přípustné v rozsahu dle normy ČSN 73 0420-2.

Seznam obrázků

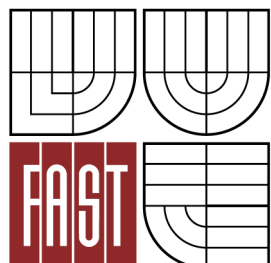
Obr. 1 Situace varianty 1	13
Obr. 2 Situace varianty 2	14
Obr.3 Šířkové uspořádání lávky	17

Seznam tabulek

Tab.č.1 Rozpětí jednotlivých polí.....	11
Tab.č.2 Popis geometrie osy točité rampy.....	17
Tab.č.3 Parametry výškového řešení.....	17
Tab.č.4 Staničení a výška podpěr.....	18



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH LÁVKY PŘES VLEČKU

DESIGN OF THE FOOTBRIDGE OVER THE RAILWAY

A2 . PRŮVODNÍ ZPRÁVA STATICKÝM VÝPOČTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ELIŠKA MERTO VÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2015

Průvodní zpráva statickým výpočtem

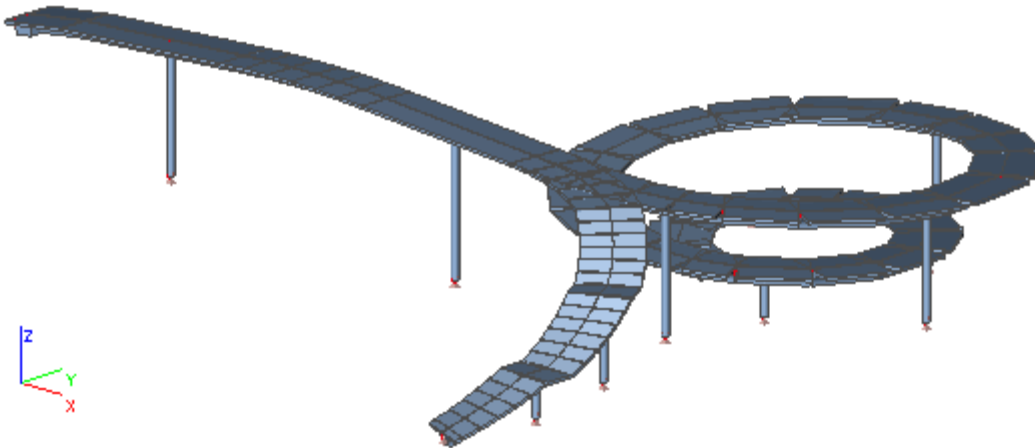
Obsah:

1. Výpočtový model.....	4
1.1 Prostorový prutový model.....	4
1.1.1 Zadání geometrie.....	4
1.1.2 Schéma označení prutů.....	5
1.2 Průřezové charakteristiky modelu.....	6
1.2.1 Průřez mostovky lávky.....	6
1.2.2 Průřez kyvných stojek.....	6
1.3 Materiálové charakteristiky modelu.....	6
1.4 Statické schéma	6
1.4.1 Optimalizace rozmístění podpěr.....	7
2. Zatížení.....	8
2.1 Stálá.....	8
2.2 Proměnná.....	8
2.2.1 Rovnoměrné zatížení chodci.....	8
2.2.2 Zatížení větrem.....	9
2.2.3 Zatížení teplotou.....	9
3. Zatěžovací stavy – rozmístění zatížení	9
3.1 Rovnoměrné zatížení chodci.....	9
3.1.1 Rozmístění proměnného zatížení chodci dle příčinkových čar.....	9
3.1.2 Umístění zatížení chodci na polovinu šířky nosníku.....	14
3.2 Zatížení na zábradlí.....	15
4. Vnitřní síly.....	15
4.1 Na hlavní nosné konstrukci.....	15
4.2 Na kyvných stojkách.....	15
5. Kombinace vnitřních sil.....	16
5.1 Mezní stav únosnosti.....	16
5.2 Mezní stavy použitelnosti.....	16
6. Mezní stav únosnosti hlavní nosné konstrukce lávky.....	16
6.1 Dimenzování na prostý ohyb.....	16
6.2 Dimenzování na kombinaci ohybu a tahové normálové síly.....	17
6.3 Dimenzování na kombinaci ohybu a tlakové normálové síly	18
6.4 Dimenzování na kombinaci smyku a kroucení	19
6.5 Návrh výztuže v příčném směru	21
7. Rozdělení materiálu	22
7.1 Podélné výztuže	22
7.2 Smykové výztuže	22
8. Mezní stav použitelnosti hlavní nosné konstrukce lávky	22
8.1 Průřezové charakteristiky ideálního průřezu	22
8.2 Omezení napětí	22
8.3 Omezení trhlin	22
8.4 Omezení přetvoření.....	23

9. Mezní stav únosnosti kyvných stojek.....	23
10. Vrubový kloub.....	24
11. Základová patka pod kyvnou stojkou	24
11.1 Posouzení únosnosti základové půdy.....	25
11.2 Dimenzování na ohyb	25
11.3 Kotvení prutů.....	25
11.4 Posouzení na smyk – protlačení	26
Seznam obrázků.....	27
Závěr.....	29
Seznam použitých zdrojů.....	30
Seznam příloh.....	31

1. Výpočtový model

Model byl zpracován v programu Scia Engineer 2013 a to v pracovním prostředí pro tvorbu prostorového rámu XYZ.



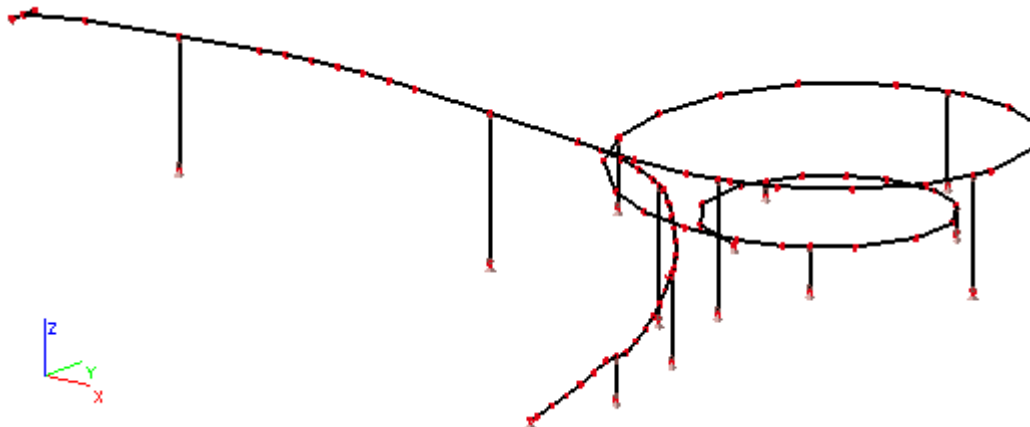
Obr. 1 Pohled na prostorový model konstrukce lávky.

1.1 Prostorový prutový model

1.1.1 Zadání geometrie

Nejprve byl zpracován předběžný návrh situace a podélného profilu v programu AutoCAD. Půdorysně zakřivená osa a tedy i střednice mostovky lávky byla nahrazena dostatečně hustým polygonem přímých prutů, kdy jednotlivé vrcholy polygonu leží na střednici konstrukce mostu. Každému bodu polygonu byla přiřazena výška vyplývající z návrhu podélného profilu, čímž se zároveň vystihne i podélné zakřivení střednice. Následně byly souřadnice „x, y, z“ všech vrcholů polygonu přeneseny do programu Scia, čímž byly zadány uzly prutového modelu, které byly dále spojeny prutovými prvky. Tímto je geometrie mostu pro analýzu účinků zatížení dostatečně vystižena. Průřez byl definován pomocí funkce „Obecný průřez“.

Železobetonovým kyvným stojkám byl přiřazen kruhový průřez o průměru 300 mm.

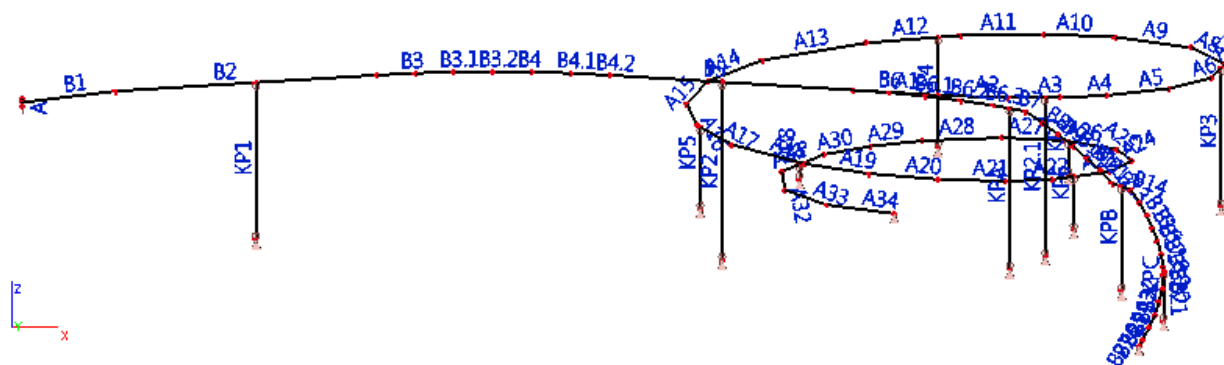


Obr. 2 Výsledný prutový model.

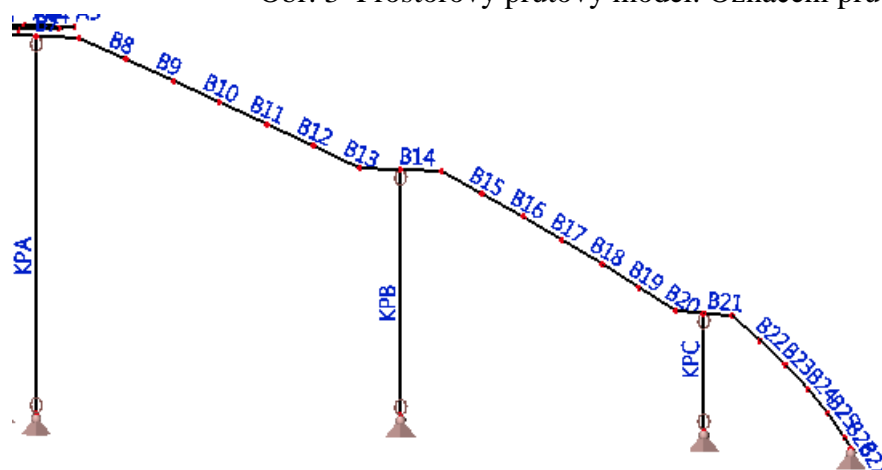
1.1.2 Schéma označení prutů

Nejprve byly vytvořeny jednotlivé uzly, které byly následně spojeny prutovými prvky. Schéma označení prutů je následující:

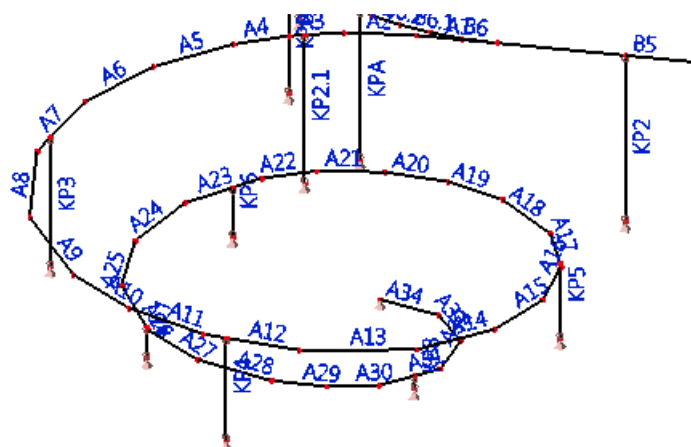
- B = prutové prvky v přímé společné části lávky a v úseku schodiště
- A = prutové prvky v úseku točité rampy
- KP = kyvné pruty (stojky)



Obr. 3 Prostorový prutový model. Označení prutů.



Obr. 4 Detail označení prutů schodiště.

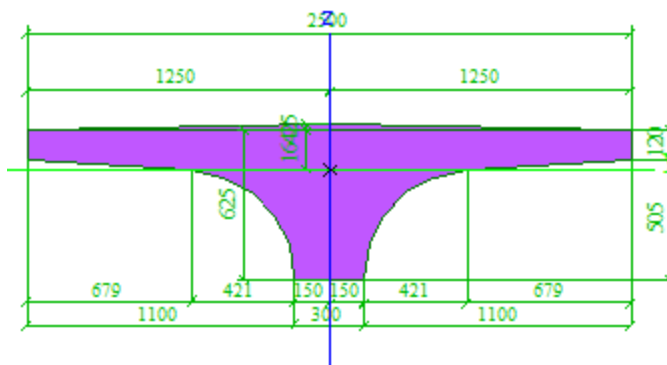


Obr. 5 Detail označení prutů rampy.

1.2 Průřezové charakteristiky modelu

1.2.1 Průřez hlavní nosné konstrukce lávky

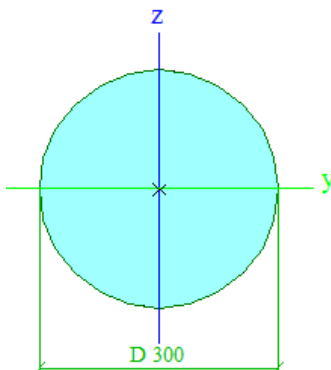
Průřezové charakteristiky, jako především poloha těžiště, plocha a momenty setrvačnosti, hlavní nosné konstrukce lávky byly použity z programu Scia a správnost hodnot byla ověřena v programu AutoCAD.



Obr. 6 Průřez hlavní nosné konstrukce

1.2.2 Průřez kyvných stojek

Průřezové charakteristiky - plocha, moment a poloměr setrvačnosti, kruhového průřezu kyvných podpěr o průměru 300 mm byly počítány ručně.



Obr. 7 Průřez kyvných stojek.

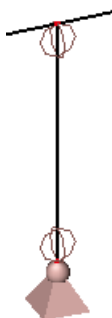
1.3 Materiálové charakteristiky modelu

Jako materiál pro hlavní nosnou konstrukci lávky byl beton zvolen třídy C35/45. Pro kyvné stojky byl zvolen beton třídy C30/37 a betonářská výztuž bude v obou případech třídy B550B. Materiál je stanoven s ohledem na dané stupně vlivu prostředí XC4, XF2, XD1.

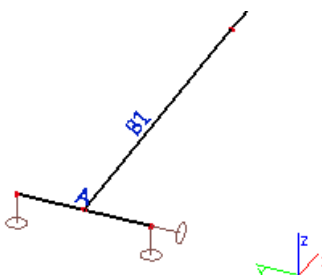
1.4 Statické schéma

Lávka je navržena jako rámová konstrukce, kdy hlavní nosná konstrukce bude provedena jako železobetonový spojitý nosník kloubově spojený s rovněž železobetonovými kyvnými stojkami.

Podpory spojitého nosníku tvoří kyvné podpěry, které nepřenášejí moment, jelikož se při statickém vyšetřování předpokládá na obou koncích prutu kloub. Prut je dále opatřen pevnou neposuvnou kloubovou podporou.



Obr. 8 Detail modelu kyvné stojky.

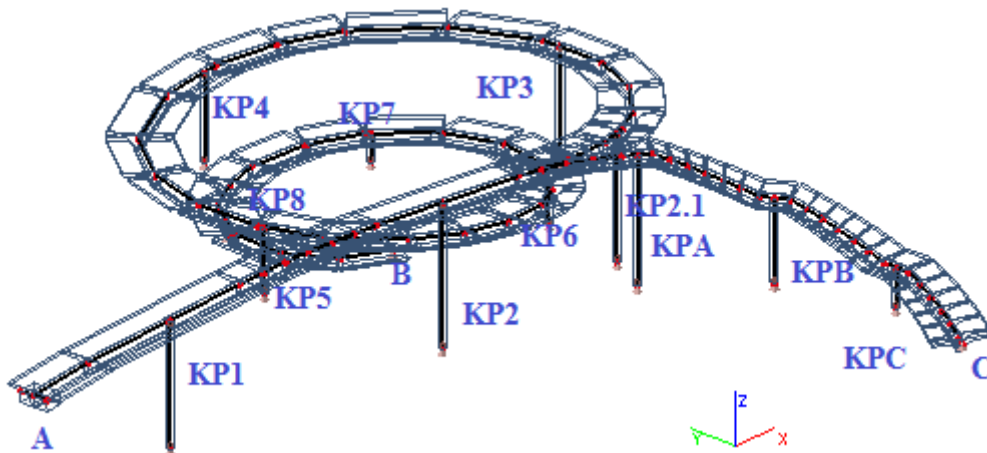


Obr. 9 Detail modelu koncového příčnicku.

Koncový příčník je modelován jako prostý nosník, jehož podpory odpovídají pohybům, které ložiska umožňují. U pravé podpory, která idealizuje příčné pevné ložisko, byla uvolněna vazba v podélném směru. Levá podpora idealizující všesměrné ložisko má tuhou vazbu pouze ve svislém směru. Průřez odpovídá rozměrům koncového příčnicku. Konec schodiště a točité rampy je opatřen neposuvnou kloubovou podporou.

1.4.1 Optimalizace rozmístění podpěr

Byla provedena analýza konstrukce na základě různého rozmístění podpěr. Změna polohy podpěr v úseku točité rampy se výrazně projevila především z hlediska průhybu. Následující počet, rozmístění kyvných stojek a rozpětí jednotlivých polí bylo zvoleno jako optimální.



Obr. 10 Rozmístění a označení podpěr spojitě mostní konstrukce

Rozpětí jednotlivých polí:

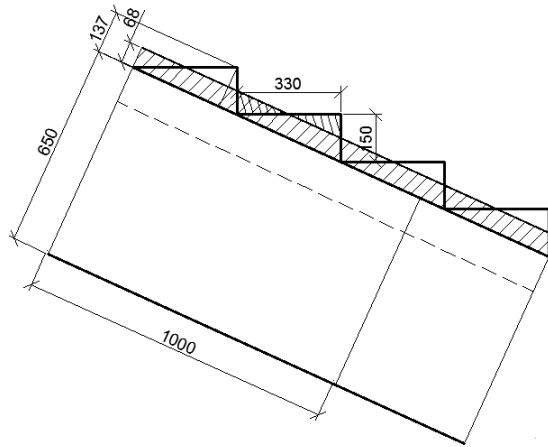
	Pole	Rozpětí (m)
SCHODIŠTĚ	A - KP1	6,930
	KP1 - KP2	15,000
	KP2 - KPA	9,463
	KPA - KPB	5,160
	KPB - KPC	5,160
	KPC - C	3,385

	Pole	Rozpětí (m)
RAMPA	KP2 - KP2.1	10,500
	KP2.1 - KP3	10,500
	KP3 - KP4	15,000
	KP4 - KP5	15,000
	KP5 - KP6	15,000
	KP6 - KP7	10,000
	KP7 - KP8	10,000
	KP8 - B	4,550

2. Zatížení

2.1 Stálá

Stálé zatížení je způsobeno vlastní tíhou konstrukce a ostatním stálým zatížením od pochozí izolace, tíhy ocelového zábradlí. V úseku schodiště jsou navíc nadbetonované schodišťové stupně, jejichž tíha na lávku byla počítána převedením stupňů do jedné konstantní náhradní tloušťky.



Obr. 11 Převedení plochy schodišťových stupňů do konstantní tloušťky pro výpočet zatížení

2.2 Proměnná

2.2.1 Rovnoměrné zatížení chodci

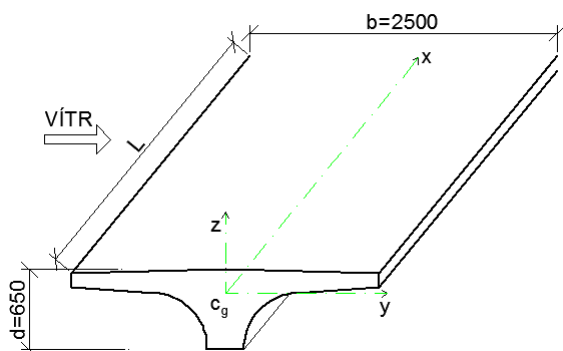
Jelikož není požadován model zatížení LM4 odpovídající souvislému hustému proudu lidí definovaný v 4.3.5 normy ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou, je hodnota q_{fk} redukována dle doporučení z normy dle vzorce $q_{fk} = 2,0 + 120 / (L + 30)$ kN/m², kde L je zatěžovací délka [m].

Protože lávka působí prostorově a je rozvětvena do dvou stran, je uvažována zatěžovací délka zvlášť pro přímý úsek s rampou a pro přímý úsek se schodištěm. Na společnou přímou část je pak uvažována vyšší z hodnot q_{fk} odpovídající hodnotě zatížení na přímý úsek se schodištěm z důvodu kratší zatěžovací délky.

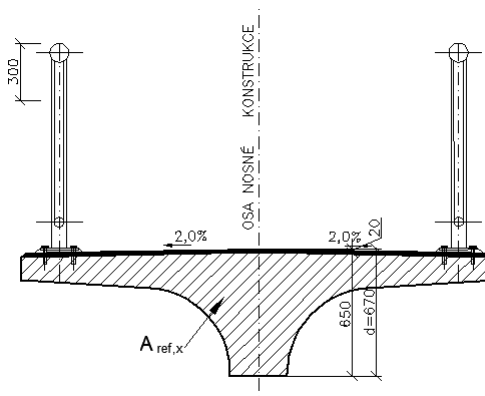
2.2.2 Zatížení větrem

Ustanovení v kapitole [8] Zatížení mostů větrem normy ČSN EN 1991-1-4 bylo použito pouze pro výpočet tlaku větru na konstrukci lávky. Jelikož jsou lávky obvykle velmi citlivé na dynamické účinky větru, byl by dále vyžadován rovněž dynamický výpočet odezvy pro více tvarů kmitání, který ale nebude náplní statického výpočtu této bakalářské práce.

Pro stanovení velikosti zatížení větrem, které způsobuje síly ve směru x, y i z, je nutné definovat referenční plochu vystavenou působení větru, která zahrnuje plochu předního plnostěnného nosníku včetně pochozí izolace a z výšky prodyšných zábradlí se počítá 0,3 m.



Obr. 12 Působení větru na hlavní nosnou konstrukci



Obr. 13 Referenční plocha

Lávka svým situováním spadá do III. větrné oblasti s terémem typem III, čemuž odpovídá základní rychlost větru 27,5 m/s.

2.2.3 Zatížení teplotou

U staticky neurčitých konstrukcí je důležité uvažování teploty, jelikož vazby brání volné deformaci, čímž vznikají sekundární účinky od teploty. Rovnoměrná složka teploty způsobuje normálové síly N a od lineárně proměnné složky teploty vznikají momenty M_y a M_z .

Pro lokalitu Brna a betonový nosník je pro rovnoměrnou složku teploty stanoven max. rozsah pro výpočet prodloužení 31,5 °C a pro zkrácení od teploty 32,0 °C. Zatížení teplotou bylo zadáno pomocí funkce „Zatížení teplotou na prutu“ programu Scia.

3. Zatěžovací stavy – rozmístění zatížení

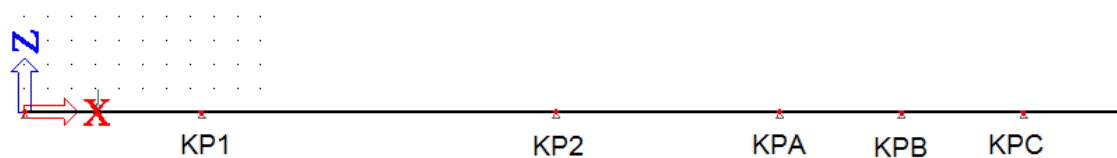
Přehled všech zatěžovacích stavů je uveden v příloze B3. Grafická dokumentace získaných výsledků.

3.1 Rovnoměrné zatížení chodci

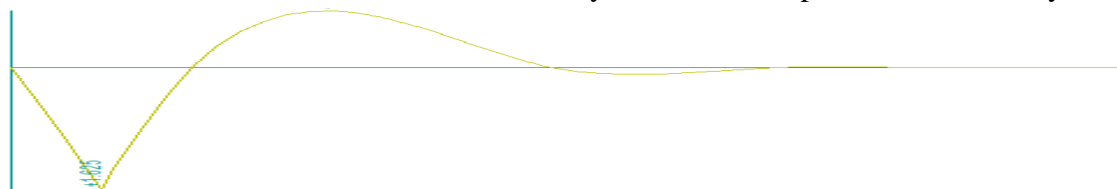
3.1.1 Rozmístění proměnného zatížení chodci dle příčinkových čar

Jelikož zatížení chodci je zatížením pohyblivým a jeho poloha může být po délce lávky proměnná, byly vytvořeny zatěžovací stavy s různým rozmístěním rovnoměrného spojitého zatížení vyvolané chodci, tak aby v rozhodujících řezech v poli a nad podporami spojitého nosníku byl vyvozen maximální ohybový moment, popřípadě maximální posouvající síla nad podporami. Poloha zatížení se určí na základě příčinkových čar příslušných vnitřních sil, tak že se zatížení umístí na nepříznivé části příčinkových ploch.

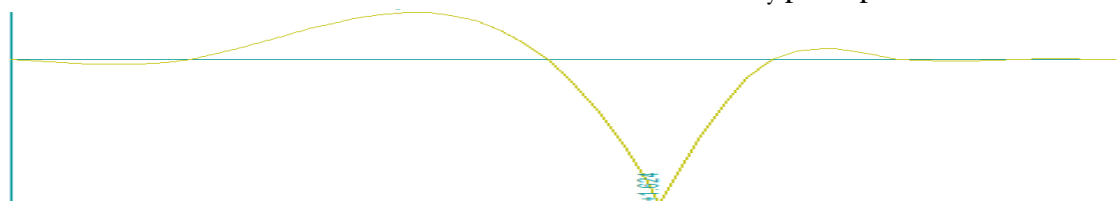
K dosažení maximálního momentu v lichých polích spojitého nosníku přímé části lávky a schodiště postačí jeden zatěžovací stav, protože následující poloha zatížení vyvolá současně extrém v 1., 3. a 5. poli, což vyplývá z průběhu příčinkové čáry ohybového momentu pro jednotlivá pole.



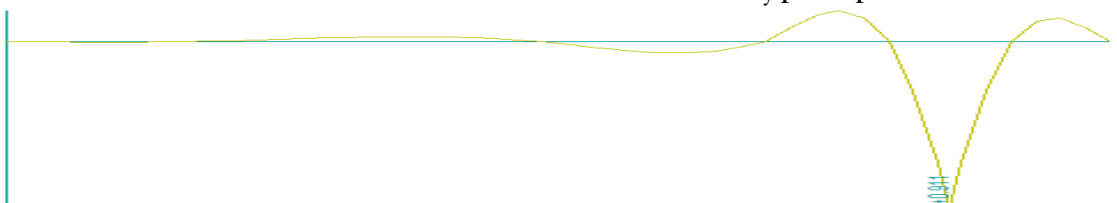
Obr. 14 Statické schéma části lávky se schodištěm převedené do roviny



Obr. 15 Příčinková čára momentu M_y pro 1.pole

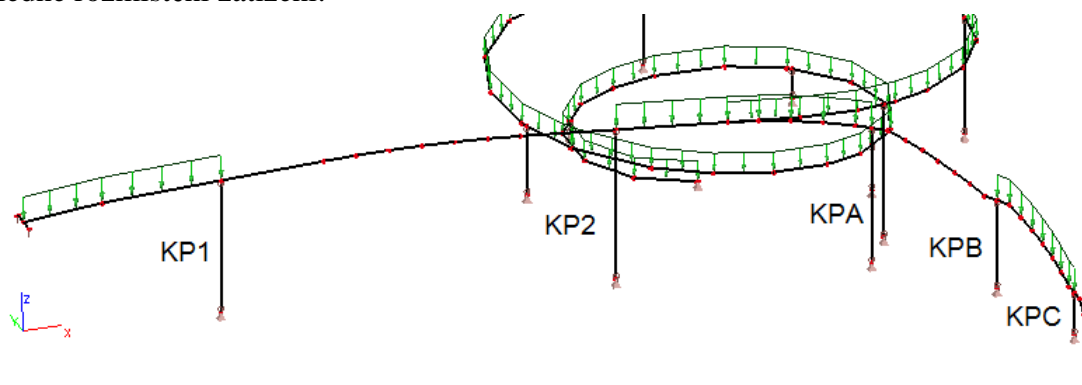


Obr.16 Příčinková čára momentu M_y pro 3.pole



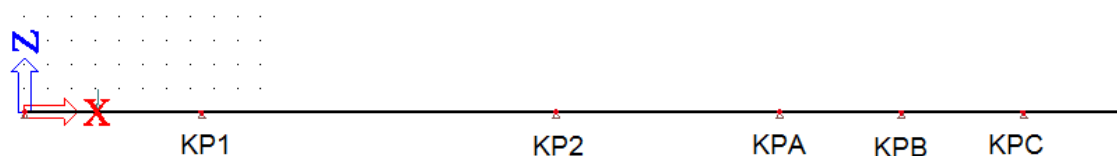
Obr. 17 Příčinková čára momentu M_y pro 5.pole

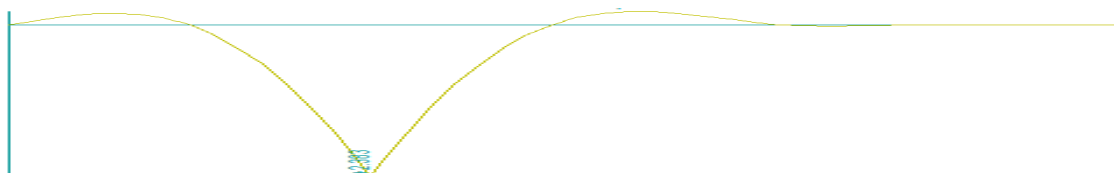
Výsledné rozmístění zatížení:



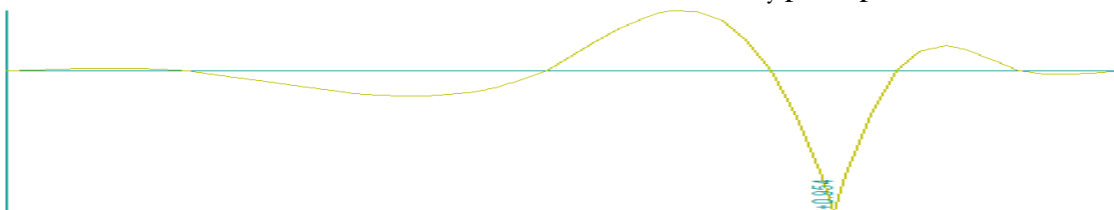
Obr. 18 Zatěžovací stav LC3 – Rovnoměrné zatížení chodci – lichá pole

K dosažení maximálního momentu v sudých polích spojitého nosníku o šesti polích platí stejný princip, jaký je popsán výše u dosažení extrémního momentu v lichých polích.

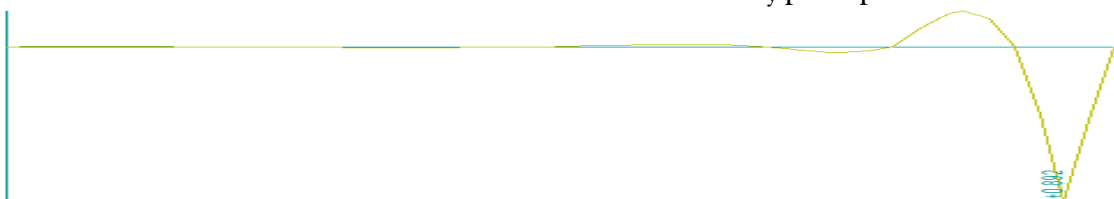




Obr. 19 Příčinková čára momentu M_y pro 2.pole

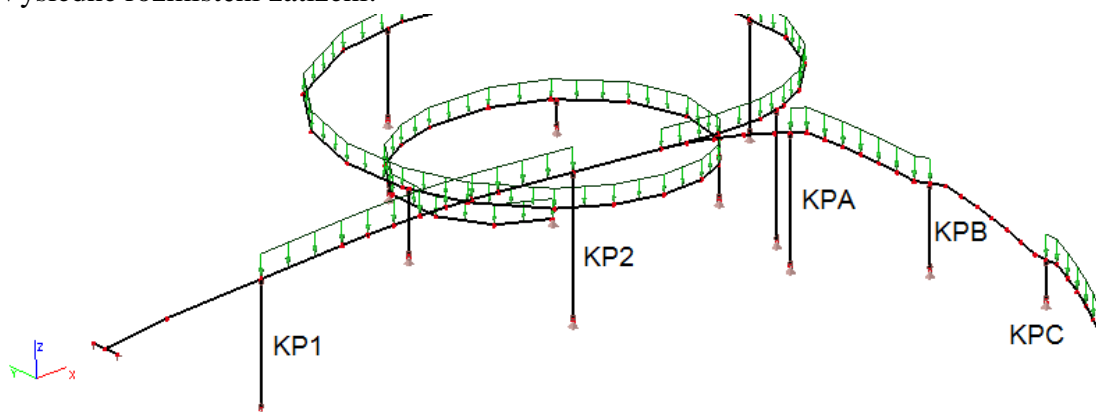


Obr. 20 Příčinková čára momentu M_y pro 4.pole



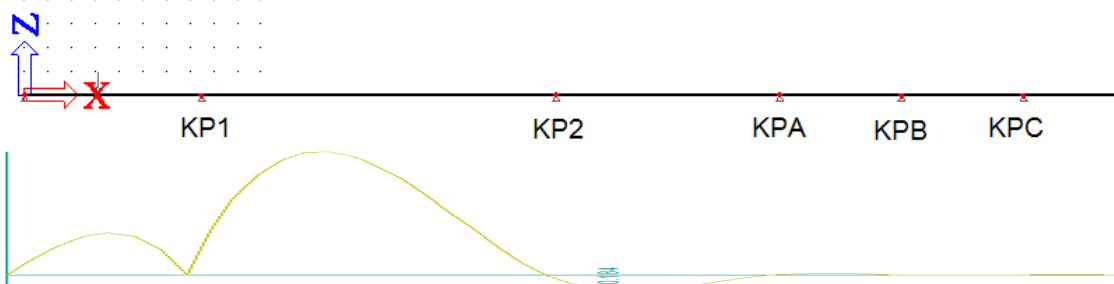
Obr. 21 Příčinková čára momentu M_y pro 6.pole

Výsledné rozmístění zatížení:

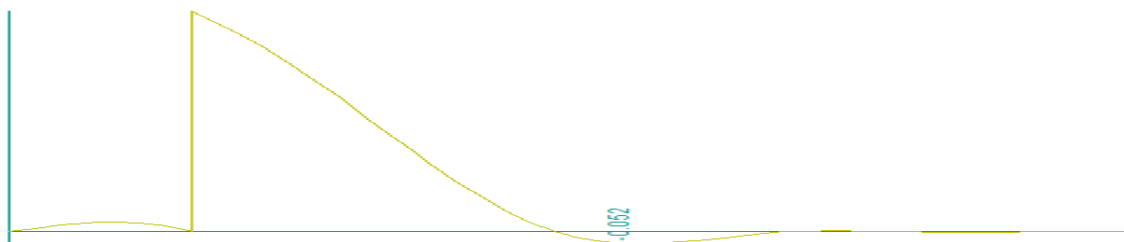


Obr. 22 Zatěžovací stav LC4 – Rovnoměrné zatížení chodci – sudá pole

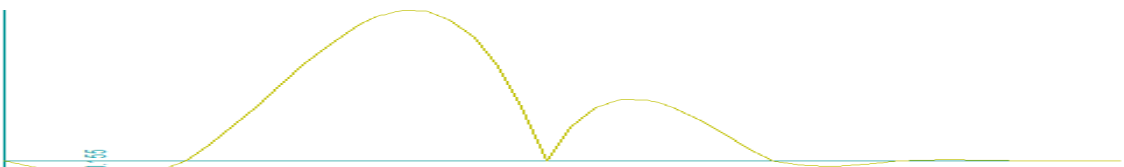
K dosažení maximálního momentu nad podporami je rozmístění zatížení pro každou podporu jiné, což vyplývá z následujícího průběhu příčinkových čar ohybového momentu v řezu nad podporou. Stejné rozmístění zatížení pak platí i pro vyvození maximální posouvající síly nad příslušnou podporou.



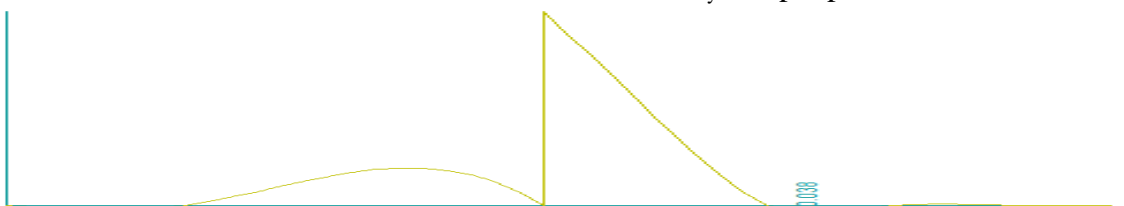
Obr. 23 Příčinková čára momentu M_y nad podporou KP1



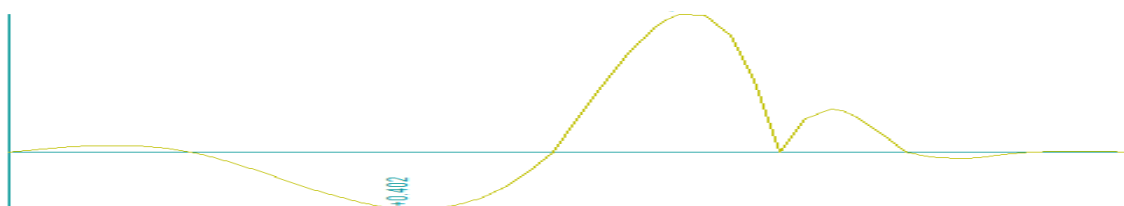
Obr. 24 Příčinková čára posouvající síly V_z nad podporou KP1



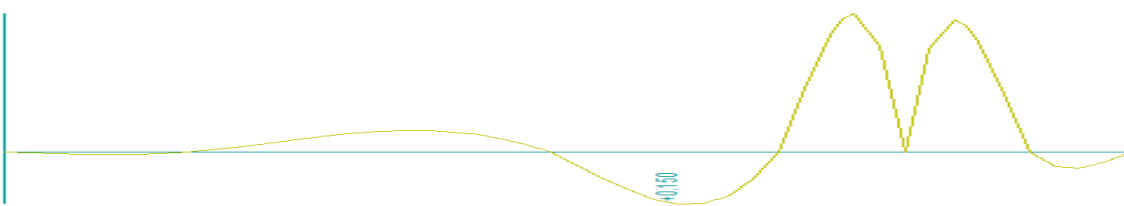
Obr. 25 Příčinková čára momentu M_y nad podporou KP2



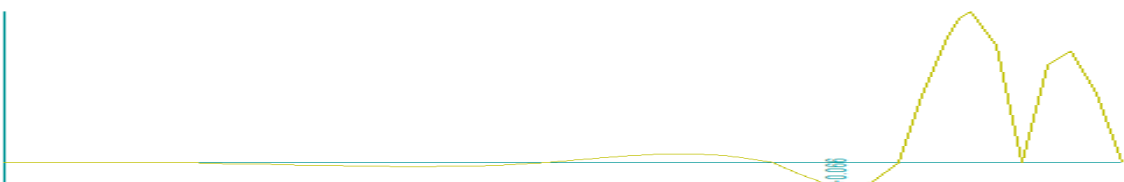
Obr. 26 Příčinková čára posouvající síly V_z nad podporou KP2



Obr. 27 Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPA

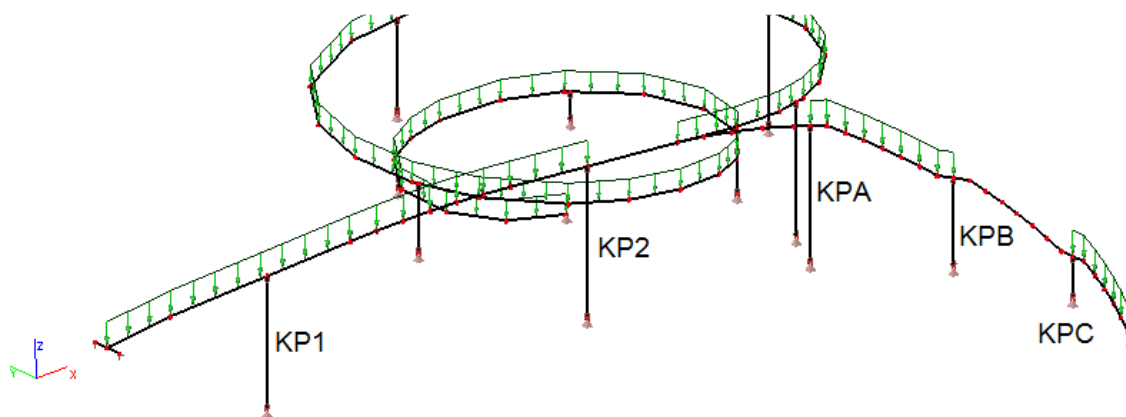


Obr. 28 Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPB

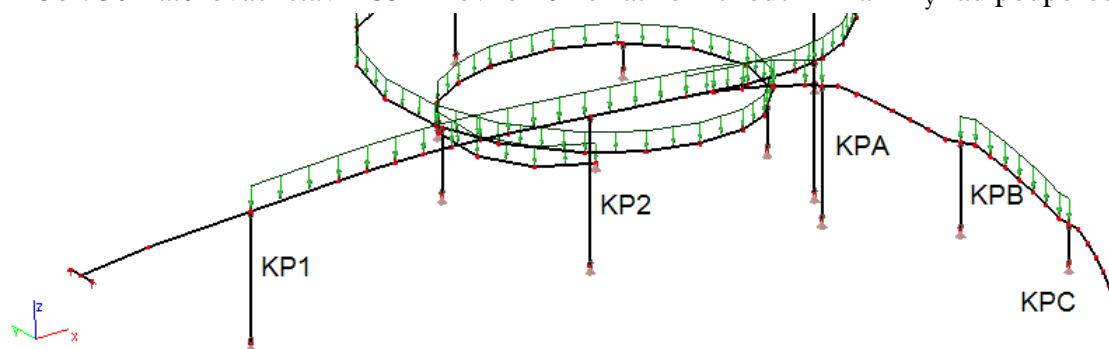


Obr. 29 Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPC

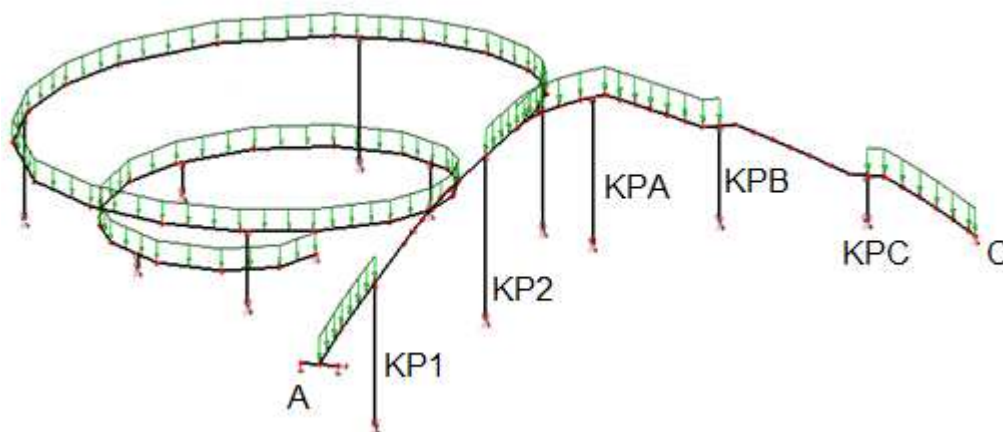
Odpovídající zatěžovací stavy:



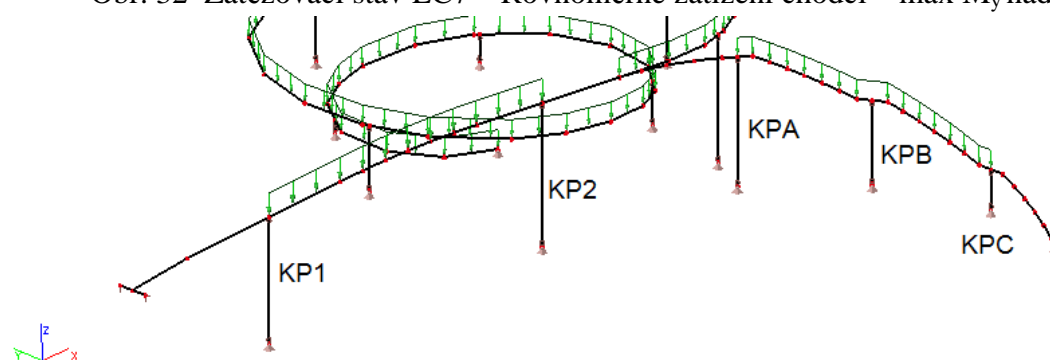
Obr. 30 Zatěžovací stav LC5 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad podporou KP1



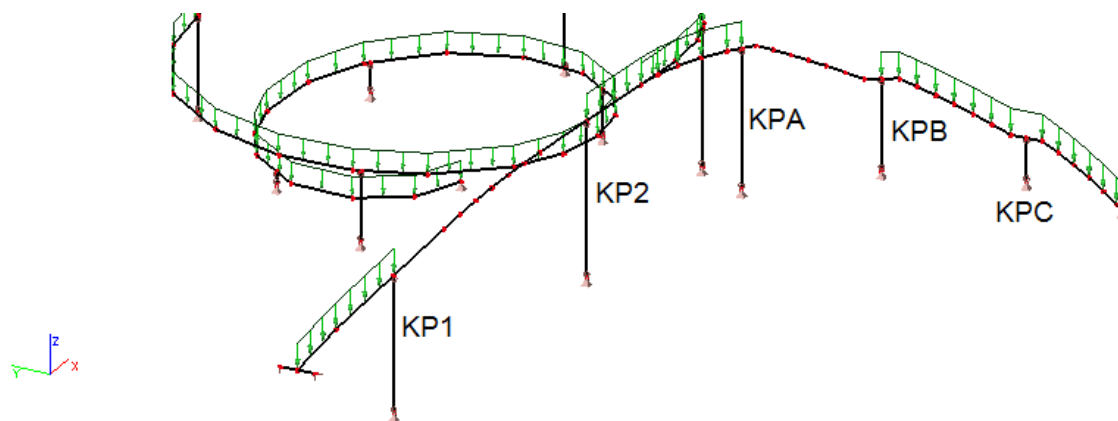
Obr. 31 Zatěžovací stav LC6 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KP2



Obr. 32 Zatěžovací stav LC7 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPA



Obr. 33 Zatěžovací stav LC8 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPB



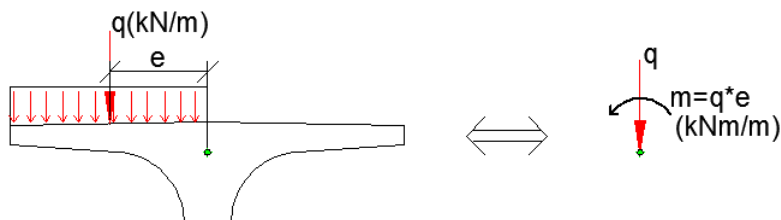
Obr. 34 Zatěžovací stav LC9 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPC

Správně by se stejným způsobem mělo rozmístit pohyblivé zatížení chodci i v úseku točité rampy, ale v rámci zjednodušení je toto pro účely bakalářské práce zanedbáno a umístěno v této části plně rovnoměrné zatížení chodci.

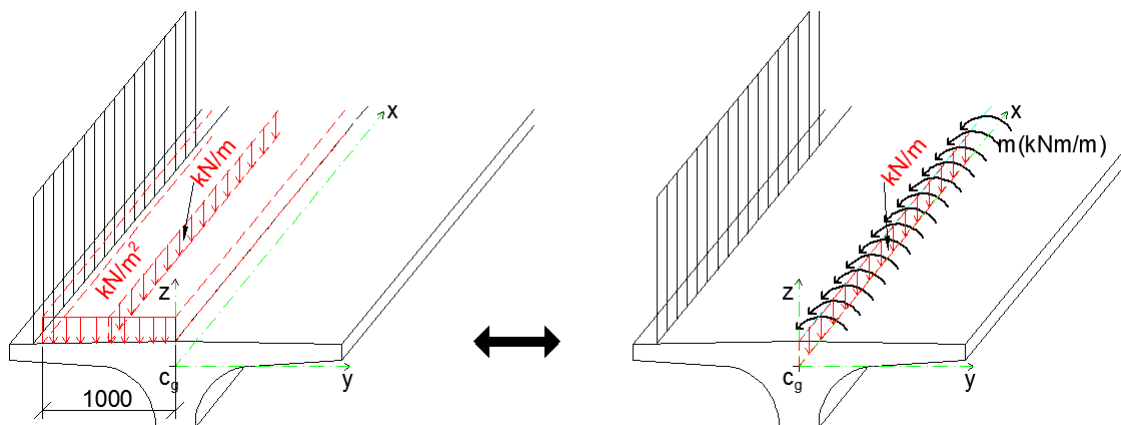
3.1.2 Umístění zatížení chodci na polovinu šířky nosníku

Tento zatěžovací stav slouží ke zvýraznění kroutícího momentu především v přímém úseku lávky v krajním poli a v poli nad vlečkou.

Umístění chodců pouze na polovinu šířky nosníku zapříčiňuje vznik momentu, jelikož zatížení působí excentricky vzhledem ke střednici nosníku. Proto je na prutový model toto zatížení zadáno jako rovnoměrné spojité zatížení, které je náhradním břemenem plošného zatížení chodci, a spojité moment na prutu, jehož velikost je rovna násobku intenzity spojitého zatížení a excentricity, na které náhradní břemeno vzhledem ke střednici působí.



Obr. 35 Ekvivalentní zatížení

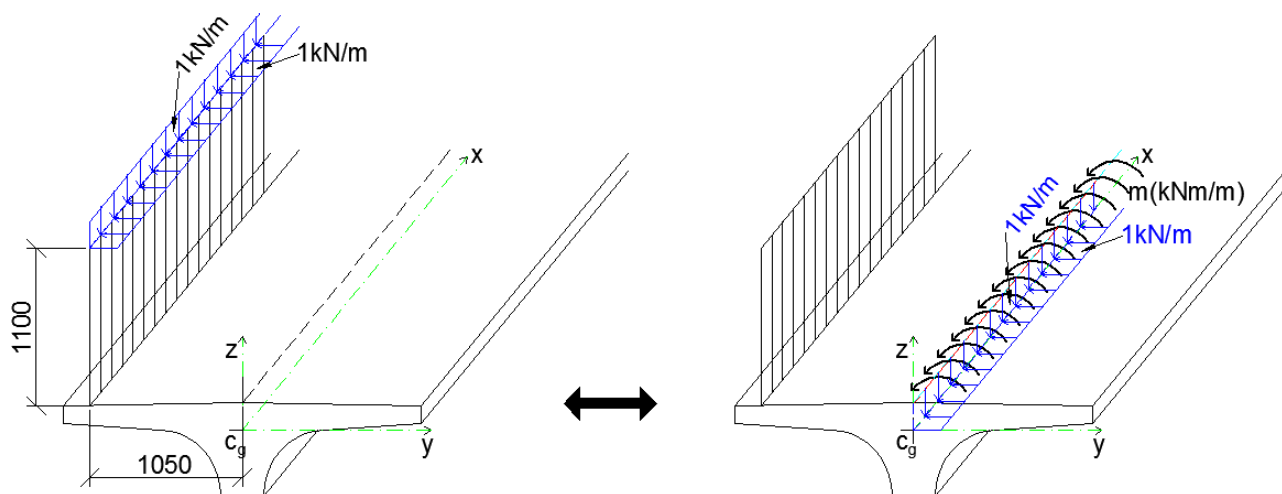


Obr. 36 Převedení zatížení chodci na střednici prutového modelu

3.2 Zatížení na zábradlí

Při návrhu lávky jsou uvažovány síly přenášené zábradlím do nosné konstrukce. Dle normy je stanovena doporučená minimální hodnota proměnného zatížení na zábradlí ve směru svislém a vodorovném $1,0 \text{ kN/m}$, které působí jako přímkové na horní hraně zábradlí.

Jako v předchozím případě toto zatížení působí rovněž excentricky vzhledem ke střednici konstrukce, proto je na prutový model zatížení na zábradlí zadáno jako rovnoměrné spojitě zatížení svislé i vodorovné a spojitý moment na prutu, jehož hodnota odpovídá násobku intenzity a ramena, na kterém zatížení působí.



Obr. 37 Převodění zatížení na zábradlí na střednici prutového modelu

4. Vnitřní síly

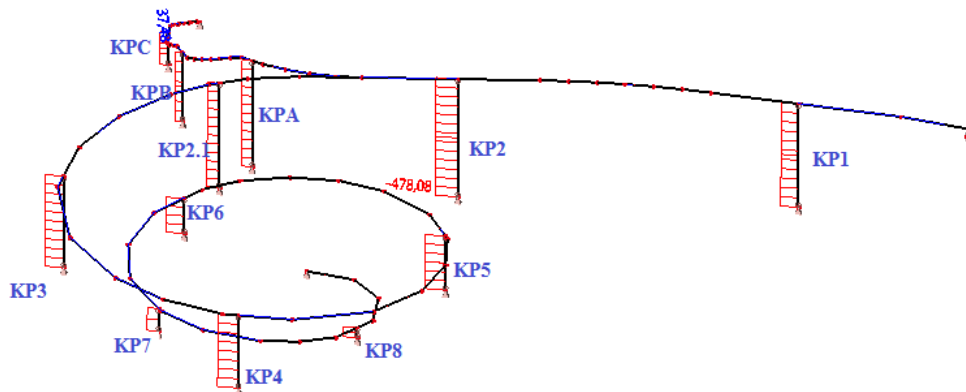
Průběhy vnitřních sil od jednotlivých kombinací a rozhodující hodnoty v jednotlivých řezech jsou uvedeny v příloze B3. Grafická dokumentace výsledků.

4.1 Na hlavní nosné konstrukci

Na hlavní nosné konstrukci lávky vzniká 6 vnitřních sil: N , V_y , V_z , M_x , M_y , M_z , což je dáno prostorovým působením konstrukce. Nosník lávky je namáhán převážně posouvající silou V_z , ohybovým momentem M_y a kroučícím momentem M_x . Velikost normálové síly je zanedbatelná. Pouze v úseku schodiště je hodnota normálové síly vzhledem k velikosti ohybového momentu nezanedbatelná, proto v této části lávky bude zohledněno spolupůsobení momentu a normálové síly. Největší hodnoty kroučícího momentu vznikají především v úseku točité rampy.

4.2 Na kyvných stojkách

Kyvné stojky jsou namáhány pouze normálovou silou. Nepřenáší moment, jelikož se při statickém vyšetřování na obou koncích předpokládá kloub.



Obr. 38 Průběh normálové síly na kyvných stojkách.

5. Kombinace vnitřních sil

5.1 Mezní stav únosnosti

Pro posouzení mezního stavu únosnosti jsou vytvořeny kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů, tak aby byla vyvozena maximální návrhová hodnota ohybového momentu v poli a nad podporami, posouvající síly nad podporami spojitého nosníku, kroutícího momentu v jednotlivých polích točité rampy a v polích přímého úseku lávky. Rovněž byly vytvořeny kombinace pro vyvození maximální normálové síly na jednotlivých kyvných stojkách.

Z kombinací pro mezní stav únosnosti 6.10a) a 6.10b) se ukázala rozhodující kombinace 6.10b).

Do kombinací byly použity následující hodnoty součinitele ψ pro lávky pro pěší:

- pro zatížení pěší dopravou: $\psi_0 = 0,40$
- pro zatížení větrem: $\psi_0 = 0,30$
- pro zatížení teplotou: $\psi_0 = 0,60$

Ruční výpočet kombinací byl proveden v poli nad vlečkou a nad kyvným prutem KP1. Výsledky byly porovnány s odpovídajícími hodnotami kombinací vypočtenými v programu Scia. Po ověření, že se hodnoty shodují, budou proto dále hodnoty kombinací v ostatních řezech používány z lineárního výpočtu kombinací tohoto programu.

5.2 Mezní stavy použitelnosti

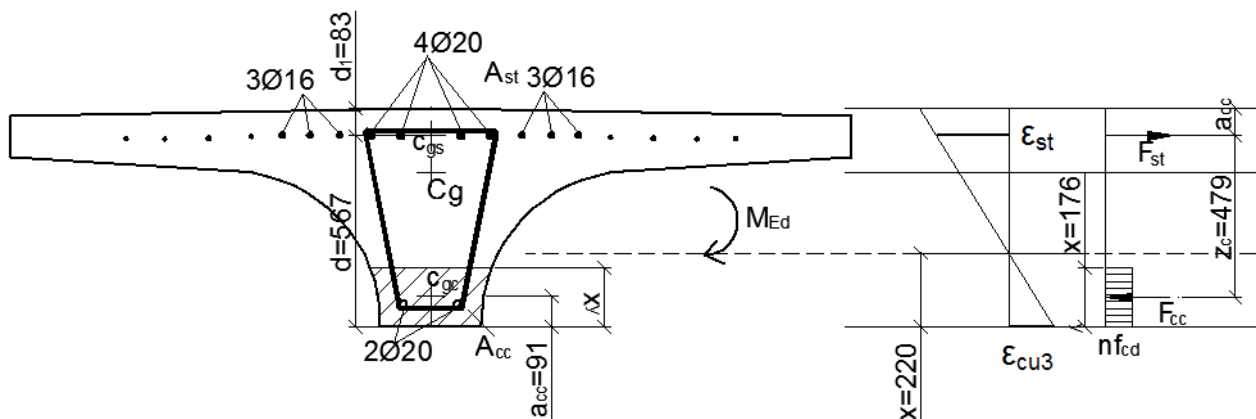
Pro posouzení mezního stavu použitelnosti byla použita charakteristická, častá a kvazistálá kombinace. Ruční výpočet kombinací z charakteristických hodnot jednotlivých zatěžovacích stavů byl proveden pro řez v poli nad vlečkou.

6. Mezní stav únosnosti hlavní nosné konstrukce lávky

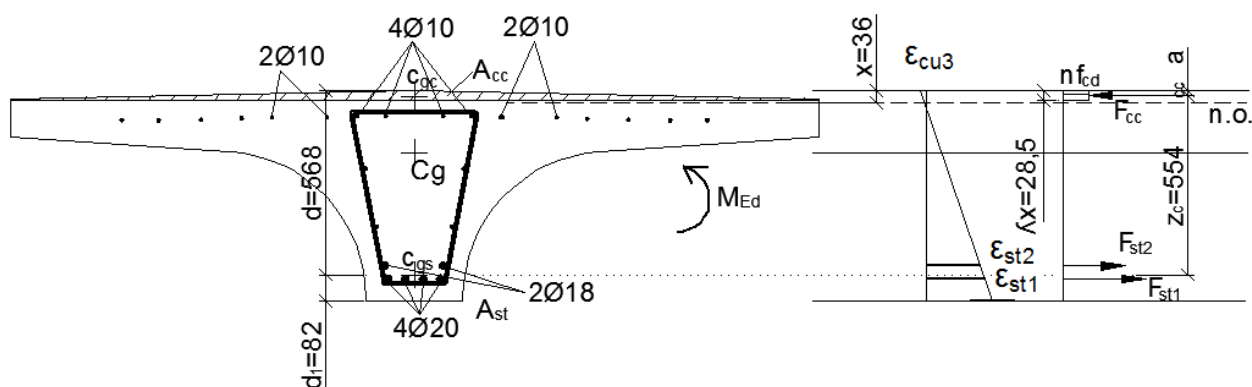
6.1 Dimenzování na prostý ohyb

Návrh výztuže a posudek ohýbaného průřezu je proveden pro vybraný řez v poli KP1-KP2 a nad podporou KP2 spojitého nosníku lávky. Dimenzování a posouzení mezní únosnosti v prostém ohybu v ostatních rozhodujících místech lávky je uvedeno v tabulce.

V řezech nad podporou, kde jsou tažena horní vlákna průřezu, je hodnota návrhového ohybového momentu redukována a výztuž navrhována tak, aby přibližně polovina nutné plochy výztuže na ohyb byla umístěna ve středovém trámu a druhá polovina byla rozmístěna po stranách trámu.



Obr. 39 Posouzení ohybaného průřezu nad podpěrou KP2 na mezní únosnost



Obr. 40 Posouzení ohybaného průřezu v poli nad vlečkou na mezní únosnost

6.2 Dimenzování na kombinaci ohybu a tahové normálové síly

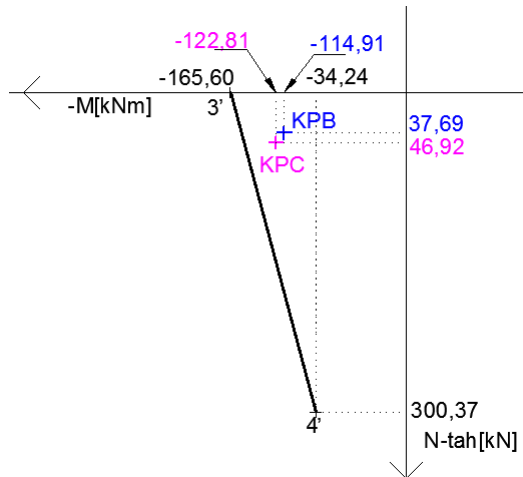
V úseku schodiště lávky zejména v místech podest vzhledem k menší velikosti ohybového momentu a hodnotě normálové síly, která již tvoří nezanedbatelnou část hodnoty ohybového momentu a mohla by tak rozhodnout o únosnosti průřezu, je proveden posudek na kombinaci působení ohybového momentu a normálové síly. Únosnost je ověřena pomocí rozhodujících bodů interakčního diagramu 3' a 4', které odpovídají působení záporného ohybového momentu a tahové normálové síly.

Bod 3' interakčního diagramu vystihuje případ namáhání prostým ohybem. Bod 3 lze počítat bez nebo se započtením tlačené výztuže. V tomto případě je počítáno bez započtení tlačené výztuže.

Bod 4' vystihuje případ, kdy působí tahové síly na mezi porušení leží v těžišti dolní tlačené výztuže A_{s1} . Jedná se o rozhraní mezi malou a velkou výstředností v tahu.

Ověření únosnosti je provedeno graficky, a to vykreslením rozhodující úsečky 3'4' interakčního diagramu a vložení účinků zatížení. Vynesené hodnoty leží uvnitř diagramu, což znamená, že průřez vyhoví.

Jelikož jsou průřezy v místě schodišťové podesty nad podpěrou KPB a KPC shodně vyztuženy, platí pro oba řezy stejný interakční diagram.



Obr. 41 Rozhodující úsečka 3'4' interakčního diagramu v řezu nad podpěrou KPB a nad podpěrou KPC

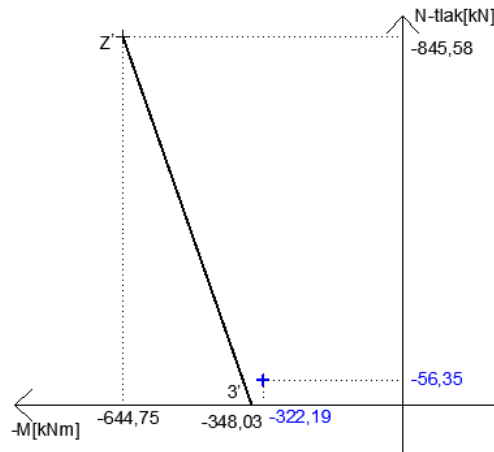
Dalším místem lávky, kde není zanedbatelné spolupůsobení normálové síly a ohybového momentu, je v řezu rampy nad podpěrou KP7, kde velikost tahové normálové síly přesahuje třetinu hodnoty ohybového momentu.

6.3 Dimenzování na kombinaci ohybu a tlakové normálové síly

V řezu nad podpěrou rampy KP8 se jedná o případ spolupůsobení ohybového momentu a tlakové normálové síly, jelikož její velikost zde není úplně zanedbatelná vzhledem k hodnotě příslušného ohybového momentu a mohla by tak rozhodnout o únosnosti průřezu.

Posudek je proveden opět graficky, vyčíslením a vynesení rozhodujících bodů 3' a Z' interakčního diagramu a vložení příslušných účinků zatížení. Vynesené hodnoty spadají dovnitř diagramu, průřez vyhovuje.

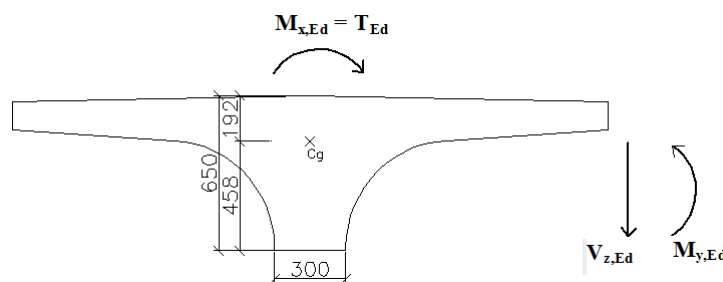
Bod Z' znázorňuje hranici plného využití tlavené výztuže A_{s1} . V řezu nad podpěrou je za dolní tlavenou výztuž uvažována ta část plochy výztuže, která je ze sousedních polí zatažená do podpory.



Obr. 42 Rozhodující úsečka 3'Z' interakčního diagramu v řezu nad podporou KP8

6.4 Dimenzování na kombinaci smyku a kroucení

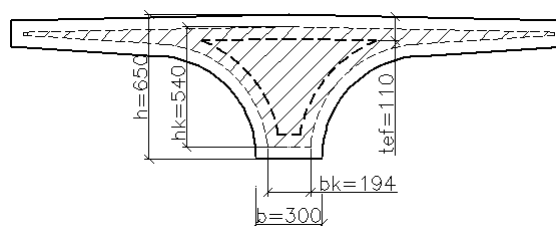
Největší velikosti kroutícího momentu je dosahováno v místech točité rampy lávky. Konstrukce je zde současně namáhána kroutícím momentem, ohybovým momentem a posouvající silou.



Obr. 43 Obecné působení vnitřních sil na příčném řezu lávky

Pro zachycení účinků kroucení se navrhuje příčná výztuž – uzavřené třmínky a podélná výztuž rozmístěná po celém obvodu průřezu. Podélná výztuž na kroucení se kombinuje s podélnou výztuží na ohyb. Toto vyztužení se superponuje s vyztužením navrženým na návrhový ohybový moment $M_{y,Ed}$ a posouvající sílu $V_{z,Ed}$.

Dimenzování a posouzení bylo nejprve provedeno v místě točité rampy, v poli mezi podpěrami KP5 – KP6, kde je globálně dosahováno nejvyšších hodnot jak kladného, tak i záporného kroutícího momentu. Nejprve je proveden posudek pro maximální kroutící moment a příslušnou posouvající sílu. Je ověřena smyková únosnost tlačené diagonály na působící posouvající sílu. Dále je proveden návrh smykové výztuže na zachycení mezního stavu kroucení. Jsou spočítány charakteristiky tzv. dutého průřezu.



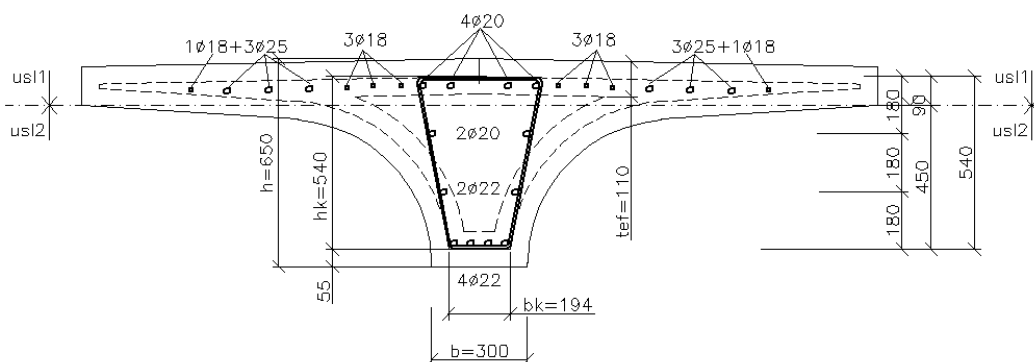
Obr. 44 Dutý průřez

Následně je proveden výpočet návrhového kroutícího momentu na mezi únosnosti $T_{Rd,c}$, který rozhodne buď o nutnosti návrhu výztuže k zachycení kroucení výpočtem ($T_{Ed} > T_{Rd,c}$) nebo dle konstrukčních zásad v opačném případě. Společné posouzení tlacených diagonál se provede sečtením jejich smykové únosnosti $V_{Rd,max}$ a únosnosti v kroucení $T_{Rd,max}$: $V_{Ed}/V_{Rd,max} + T_{Ed}/T_{Rd,max} \leq 1$. Nakonec je navržena třmínková výztuž na kroucení.

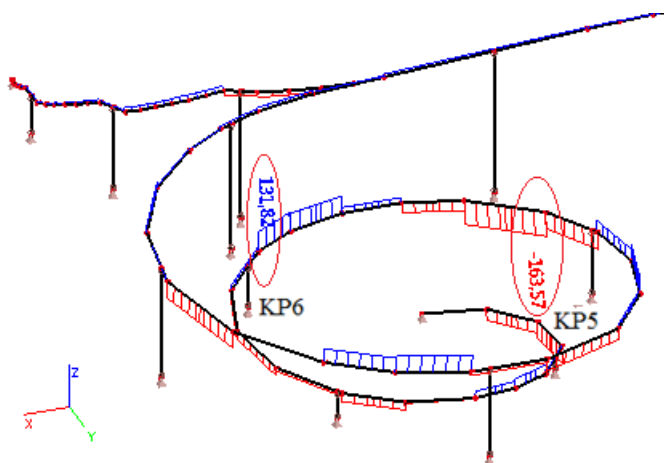
Posudek pokračuje pro maximální posouvající sílu nad podporou a příslušný kroutící moment. Je provedena redukce posouvající síly nad podporou. Nad podporou rovněž působí maximální ohybový moment. Výztuž na mezní stav ohybovým momentem je převzata z kap. 7.1 Dimenzování na prostý ohyb. Nyní se navrhne smyková výztuž na mezní stav posouvající silou. Znovu je provedeno posouzení tlacených diagonál pro jejich únosnost ve smyku pro maximální posouvající sílu a únosnost v kroucení pro příslušný kroutící moment. Pro interakci posouvající síly a kroucení je zvolen ten návrh smykové výztuže s menší vzdáleností třmínků.

Nakonec je navržena podélná výztuž na kroucení, a to výztuž na kroucení v horní části průřezu na délku horní části obvodu $u_{sl,1}$ a v dolní části průřezu na délku dolní části obvodu $u_{sl,2}$. Závěrem je ověřena celková výztuž na ohyb a kroucení.

SCHÉMA VÝZTUŽE NAD PODPOROU KP5



Obr. 45 Schéma výztuže nad podporou KP5

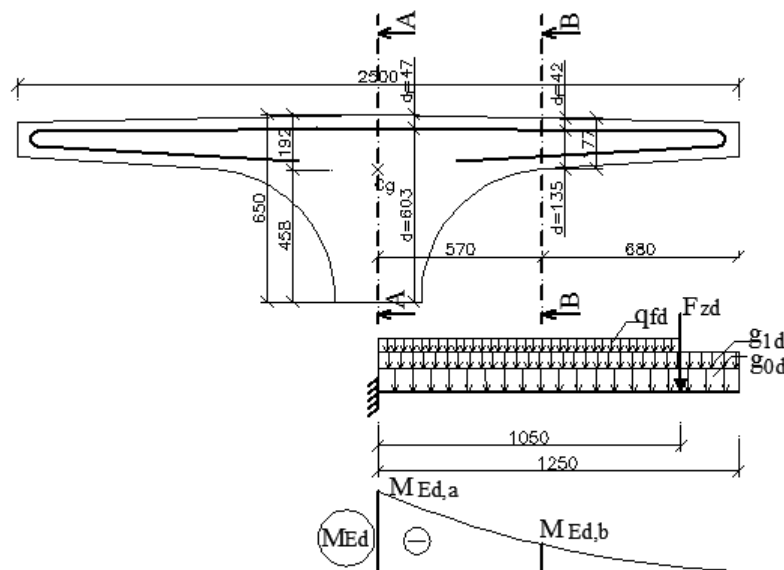


Obr. 46 Průběh kroutícího momentu v poli KP5 – KP6

Další totožný posudek je proveden v přímém úseku lávky nad vlečkou pro řez nad koncovým příčnickem a nad kyvnou stojkou KP1.

6.5 Návrh výztuže v příčném směru

Ohybová únosnost průřezu byla posouzena také v příčném směru, kdy polovina průřezu od středu trámu po okraj působí jako konzola. Je uvažováno zatížení vlastní tíhou, pochozí izolací, rovnoměrným zatížením chodce a svíslá síla na zábradlí. Zatížení je přepočítáno na příčný směr a umístěno na polovinu šířky průřezu. Na konzole jsou spočítány momenty v rozhodujících řezech A a B, a to uprostřed trámu – ve vetknutí konzoly a přibližně v polovině konzoly. Byly vytvořeny kombinace návrhových hodnot momentů, navržena výztuž dle konstrukčních zásad a posouzena mezní únosnost v rozhodujícím řezu B.



Obr. 47 Příčná výztuž a znázornění zatížení v příčném směru

7. Rozdělení materiálu

7.1 Podélné výztuže

Grafické zpracování rozdělení materiálu podélné výztuže bylo vypracováno pro pole točité rampy KP5 – KP6 uvedené v příloze B2.1 a pro pole přímého úseku lávky nad vlečkou – příloha B2.2 statického výpočtu.

Nejprve byla vynesena obálka tahových sil od návrhového momentu únosnosti a návrhové normálové síly: Obálka A: $F_{sd} = \frac{M_{Ed}}{z} + N_{Ed}$. Obálka je poté rozdělena v místě

maximálního momentu a každá část je vodorovně posunuta o hodnotu délky posunutí momentového obrazce a_1 , čímž vznikne nová obálka tahových sil s vlivem posouvajících sil:

Obálka B: $F_{td} = \frac{M_{Ed}}{z} + \Delta F_{td} \leq \frac{M_{Ed}}{z}$. Nakonec jsou k této obálce vyneseny jednotlivé

kotevní délky. V místě maximálního momentu získaného z momentové obálky kombinací

dostáváme maximální tahovou sílu $F_{td,max} = F_{sd,max} = \frac{M_{Ed,max}}{z} + N_{Ed}$, která se rozdělí na proužky odpovídající $F_{td,i}$ každého prutu výztuže.

7.2 Smykové výztuže

Jde o určení místa, které odpovídá pořadnici síly $V_{Rd,c}$ odpovídající mezní únosnosti bez smykové výztuže. Od podpory až do tohoto místa bude uvažováno konstantní rozmístění třmínků dle výpočtu smykové výztuže. Uprostřed pole budou třmínky rozmístěny po vzdálenostech dle konstrukčních zásad.

8. Mezní stav použitelnosti hlavní nosné konstrukce lávky

Mezní stav použitelnosti je posouzen v řezu uprostřed pole nad vlečkou.

8.1 Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Byly spočítány průřezové charakteristiky plného ideálního průřezu před vznikem trhliny a ideálního průřezu porušeného trhlinou pro charakteristickou, častou a kvazi-stálou kombinaci.

8.2 Omezení napětí

Z výpočtu napětí na plném průřezu pro častou kombinaci bylo zjištěno, že vzniknou trhliny a tudíž je dále nutno počítat na potřhaném průřezu. $\sigma_{c1} > f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3,2MPa$. Byly ověřeny podmínky napětí pro beton v tlaku pro charakteristickou a kvazi-stálou kombinaci a podmínka napětí pro betonářskou výztuž v tahu.

8.3 Omezení trhlin

Pro omezení trhlin byl ověřen minimální stupeň vyztužení a následně pak byla prokázána šířka trhlin přímým výpočtem.

Na základě normy ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Navrhování a konstrukční zásady dle tabulky 7.101N - Doporučené hodnoty w_{max} pro železobetonové prvky, pro kvazistálou kombinaci zatížení a pro stupeň vlivu prostředí XD1 je maximální přípustná šířka trhliny $w_{max} = 0,3$ mm.

8.4 Omezení přetvoření

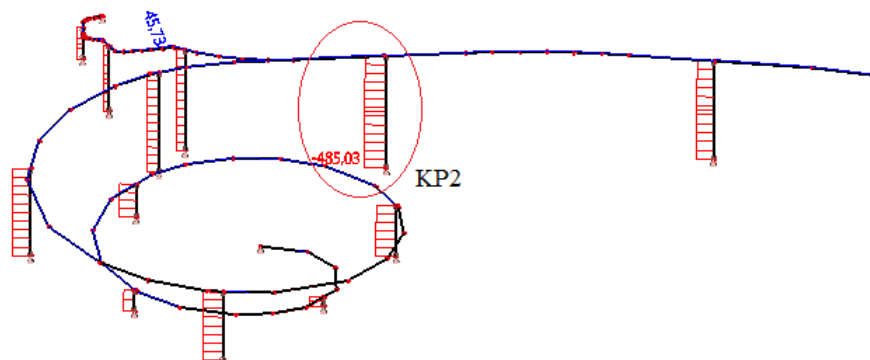
Přípustné hodnoty průhybu lávek pro chodce pro konstrukce železobetonové spojitě a rámově smí dosahovat hodnoty $v_{max} = \frac{L}{350} = \frac{15000}{350} = 42,8mm$, kde L je rozpětí pole spojitěho nosníku.

Hodnoty průhybů byly použity z programu Scia, který však nezohledňuje dotvarování, proto jeho vliv na dlouhodobý průhyb bude vyjádřen přenásobením dané hodnoty průhybu od kvazistálé kombinace, jelikož dotvarování je objemová změna betonu způsobená dlouhodobě působícím zatížením, poměrem $E_{cm} / E_{c,eff}$. Krátkodobý průhyb byl vyjádřen odečtením hodnot průhybu od časté a kvazistálé kombinace zatížení. Výsledný průhyb je pak součtem dlouhodobého a krátkodobého průhybu.

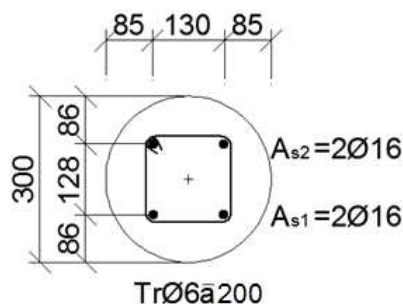
Posouzení průhybu bylo provedeno uprostřed pole nad vlečkou a dále v místě maximálního průhybu, který se vyskytuje v poli KP5-KP6 točité rampy.

9. Mezní stav únosnosti kyvných stojek

Bylo zpracováno dimenzování a posouzení kyvné stojky KP2. Byla vytvořena kombinace k dosažení maximální návrhové hodnoty normálové síly v dané podpěře.



Obr. 48 Průběh normálové síly na kyvném prutu KP2

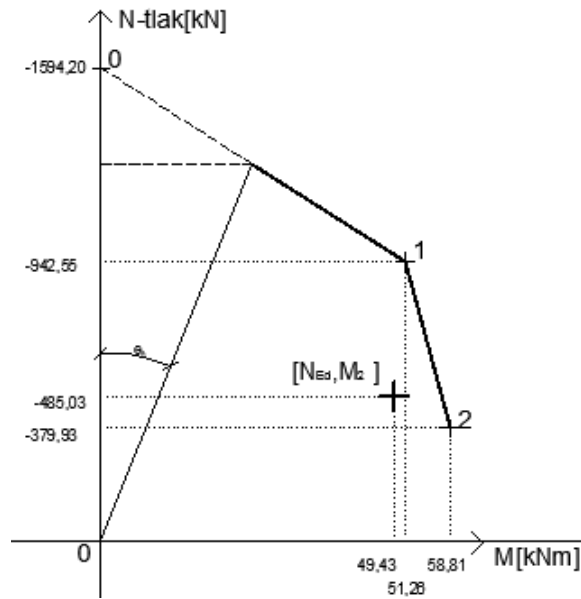


Obr. 49 Posuzovaný průřez a jeho vyztužení

Při návrhu kyvné stojky byly zohledněny účinky 1. a 2. řádu. Účinky 1. řádu zahrnují vnitřní síly na nezdeformované konstrukci – tlaková normálová síla N_{Ed} a geometrické imperfekce, které jsou ve výpočtu zahrnuty pomocí přidavné výstřednosti $e_i = \frac{l_0}{400}$, kde l_0 je účinná délka sloupu. Účinky 2. řádu vznikají od deformací a nemohou být ignorovány, jelikož z podmínky poměrné štíhlosti $\lambda > \lambda_{lim}$ se jedná o sloup štíhlý. Štíhlost je vyjádřena pomocí vzpěrné délky, kdy pro oboustranně kloubově připojený prut platí $l_0 = l$. Na základě metody jmenovité křivosti je potřeba určit návrhový moment $M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$, který je součtem ohybového momentu od účinků 1. řádu včetně vlivu imperfekcí a jmenovitého momentu 2. řádu.

Sloup může vybočit jak ve směru rámu, tj. ve směru podélné osy lávky, tak i ve směru kolmém. Jelikož se jedná o symetrický průřez symetricky vyztužený, má stejné průřezové charakteristiky v obou směrech, posudek bude totožný pro oba směry.

Posouzení bylo zpracováno početně i graficky pomocí rozhodujících bodů 0, 1, 2 interakčního diagramu při působení kladného ohybového momentu a tlakové normálové síly. Rovněž bylo provedeno omezení interakčního diagramu v oblasti dostředného tlaku uvažováním minimální výstřednosti tlakové normálové síly hodnotou $e_0 = 21,7$ mm.

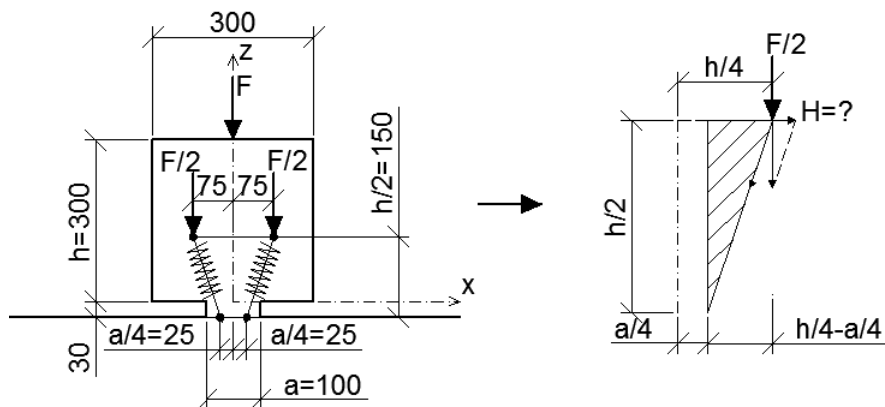


Obr. 50 Rozhodující body interakčního diagramu pro posuzovaný průřez

10. Vrubový kloub

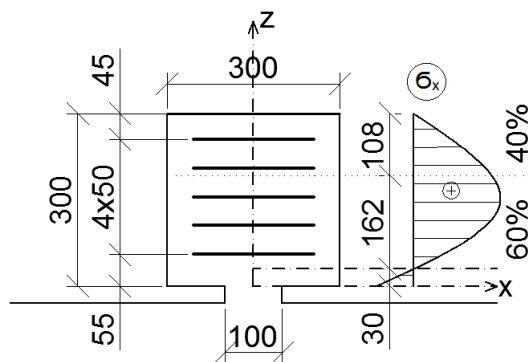
Vrubový kloub představuje betonářské řešení kloubového uložení. Provede se zeslabením betonového průřezu dvěma úzkými zářezy v místě teoreticky předpokládaného kloubu. V kloubu vzniká příhradová analogie (tzv. model vzpěra – táhlo), která se řeší zhuštěním třmínků.

Kyvňé stojky jsou namáhány pouze normálovou silou, proto bude vrubový kloub dimenzován pouze na přenos této síly. Je dimenzována dvojice vrubových kloubů kyvňé stojky KP2.



Obr. 51 Působení a rozklad normálové síly ve vrubovém kloubu

Ve vrubovém kloubu dochází ke vzniku příčné napjatosti, přičemž správným rozmístěním třmínků se zajistí vykrytí štěpných sil. Proti usmyknutí je pak konstrukčně vložen svislý železový trn.



Obr. 52 Rozmístění třmíneků vrubového kloubu

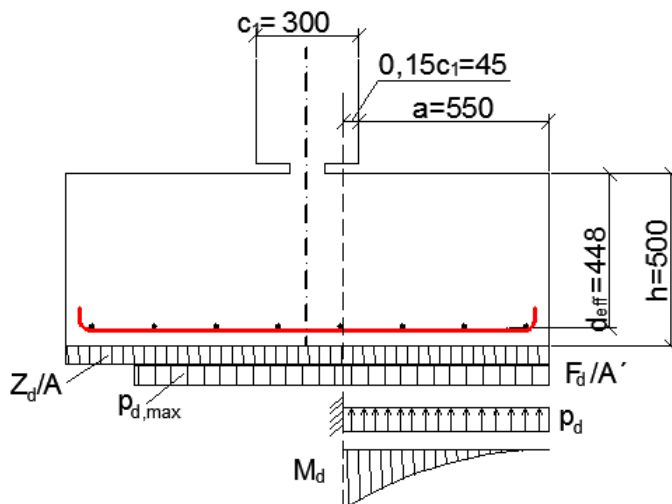
11. Základová patka pod kyvnou stojkou

11.1 Posouzení únosnosti základové půdy

Z výpočtu kyvné stojky jsou stanoveny kombinace pro minimální a maximální normálovou sílu N_{Ed} a příslušný návrhový moment. Pro účely bakalářské práce jsou parametry základové půdy odhadnuty. Na základě předpokládané únosnosti základové půdy je stanoven návrh rozměrů patky. Je stanoveno přetížení základové půdy na patku Z_d . Únosnost základové půdy je posouzena na základě sil působících na účinné ploše $A' = B(L - 2e)$:
 $F_d/A' [kN/m^2] \leq R_d/A' [kN/m^2]$.

11.2 Dimenzování na ohyb

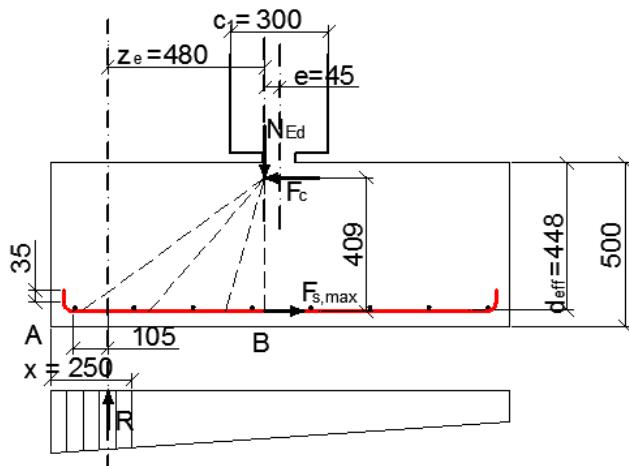
Návrhový moment je stanoven na konzole přetížené odporem zeminy p_d , jak je naznačeno na následujícím obrázku. Na základě minimální požadované míry vyztužení byla navržena výztuž na ohyb dle konstrukčních zásad se stejným vyložením ve směru délky a šířky.



Obr. 53 Dimenzování základové patky na ohyb

11.3 Kotvení prutů

Tahová síla ve výztuži je určena z podmínky rovnováhy, bere se v úvahu sklon šikmých trhlin. Tahové síly F_s v poloze „x“ musí být zakotvena v betonu uvnitř stejné vzdálenosti „x“ od okraje základu.

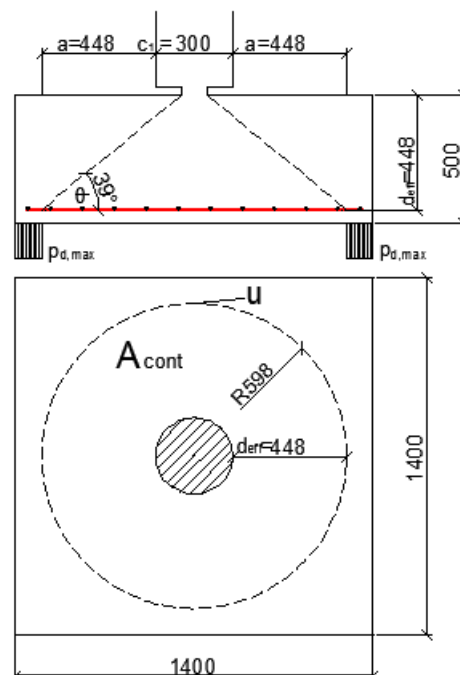


R... výslednice zemního tlaku uvnitř vzdálenosti „x“
 z_e ... vnější rameno vnitřních sil – vzdálenost R a N_{Ed}
 N_{Ed} ... svislá síla odpovídající zemnímu tlaku mezi řezem A a B

Obr. 54 Kotvení prutů

11.4 Posouzení na smyk – protlačení

V patce dochází ke vzniku kuželové plochy. Pro posouzení patky na protlačení je stanoven kontrolní obvod, vymežující plochu kritického průřezu A_{cont} , ve vzdálenosti rovné účinné výšce výztuže „d“ od zatížené plochy – průřezu sloupu. Zatížení od sloupu působí excentricky, maximální smykové napětí je pak stanoveno dle vzorce $v_{Ed,i} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$, kde β vyjadřuje vliv momentů. Posouzení je pak provedeno v obvodu sloupu – zatížené plochy a platí, že $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$. Smyková výztuž na protlačení není nutná, jelikož hodnota maximálního smykového napětí je menší než návrhová hodnota smykové únosnosti v protlačení bez smykové výztuže $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$.



Obr. 55 Základní kontrolní obvod

Seznam obrázků:

Obr. 1	Pohled na prostorový model konstrukce lávky.....	4
Obr. 2	Výsledný prutový model.....	4
Obr. 3	Prostorový prutový model. Označení prutů.....	5
Obr. 4	Detail označení prutů schodiště.....	5
Obr. 5	Detail označení prutů rampy.....	5
Obr. 6	Průřez hlavní nosné konstrukce.....	6
Obr. 7	Průřez kyvných stojek.....	6
Obr. 8	Detail modelu kyvné stojky.....	7
Obr. 9	Detail modelu koncového příčnicku.....	7
Obr. 10	Rozmístění a označení podpěr spojitě mostní konstrukce.....	7
Obr. 11	Převedení plochy schodišťových stupňů do konstantní tloušťky.....	8
Obr. 12	Působení větru na hlavní nosnou konstrukci.....	9
Obr. 13	Referenční plocha.....	9
Obr. 14	Statické schéma části lávky se schodištěm převedené do roviny.....	10
Obr. 15	Příčinková čára momentu M_y pro 1.pole.....	10
Obr. 16	Příčinková čára momentu M_y pro 3.pole.....	10
Obr. 17	Příčinková čára momentu M_y pro 5.pole.....	10
Obr. 18	Zatěžovací stav LC3 – Rovnoměrné zatížení chodci – lichá pole.....	10
Obr. 19	Příčinková čára momentu M_y pro 2.pole.....	11
Obr. 20	Příčinková čára momentu M_y pro 4.pole.....	11
Obr. 21	Příčinková čára momentu M_y pro 6.pole.....	11
Obr. 22	Zatěžovací stav LC4 – Rovnoměrné zatížení chodci – sudá pole.....	11
Obr. 23	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KP1.....	12
Obr. 24	Příčinková čára posouvající síly V_z nad podporou KP1.....	12
Obr. 25	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KP2.....	12
Obr. 26	Příčinková čára posouvající síly V_z nad podporou KP2.....	12
Obr. 27	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPA.....	12
Obr. 28	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPB.....	12
Obr. 29	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPC.....	12
Obr. 29	Příčinková čára momentu M_y nad podporou KPC.....	13
Obr. 30	Zatěžovací stav LC5 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad podporou KP1...13	13
Obr. 31	Zatěžovací stav LC6 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KP2.....13	13
Obr. 32	Zatěžovací stav LC7 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPA.....13	13
Obr. 33	Zatěžovací stav LC8 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPB.....13	13
Obr. 34	Zatěžovací stav LC9 – Rovnoměrné zatížení chodci – max M_y nad KPC.....14	14
Obr. 35	Ekvivalentní zatížení.....	14
Obr. 36	Převedení zatížení chodci na střednici prutového modelu.....	14
Obr. 37	Převedení zatížení na zábradlí na střednici prutového modelu.....	15
Obr. 38	Průběh normálové síly na kyvných stojkách.....	16
Obr. 39	Posouzení ohýbaného průřezu nad podpěrou KP2 na mezní únosnost.....	17
Obr. 40	Posouzení ohýbaného průřezu v poli nad vlečkou na mezní únosnost.....	17

Obr. 41 Rozhodující úsečka 3'4' interakčního diagramu v řezu nad podporou KPB a nad podporou KPC.....	18
Obr. 42 Rozhodující úsečka 3'Z' interakčního diagramu v řezu nad podporou KP8.....	19
Obr. 43 Obecné působení vnitřních sil na příčném řezu lávky.....	19
Obr. 44 Dutý průřez.....	19
Obr. 45 Schéma výztuže nad podporou KP5.....	20
Obr. 46 Průběh kroutícího momentu v poli KP5 – KP6.....	20
Obr. 47 Příčná výztuž a znázornění zatížení v příčném směru.....	21
Obr. 48 Průběh normálové síly na kyvném prutu KP2.....	23
Obr. 49 Posuzovaný průřez a jeho vyztužení.....	23
Obr. 50 Rozhodující body interakčního diagramu pro posuzovaný průřez.....	24
Obr. 51 Působení a rozklad normálové síly ve vrubovém kloubu.....	25
Obr. 52 Rozmístění třmínků vrubového kloubu.....	25
Obr. 53 Dimenzování základové patky na ohyb.....	26
Obr. 54 Kotvení prutů.....	26
Obr. 55 Základní kontrolní obvod.....	26

Závěr:

Na základě zjednodušeného průzkumu situace byl vypracován návrh lávky pro pěší, jejíž hlavním významem je přemostění vlečky projíždějící areálem cementárny a zajištění bezpečného převedení chodců přes tuto překážku. Dle analýzy vnitřních sil na prostorovém prutovém modelu konstrukce lávky zpracovaném ve výpočetním programu Scia Engineer 2013.0 byl proveden posudek ULS a SLS dle teorie mezních stavů v souladu s normou ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí -Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady. Na dané účinky zatížení byla navržena výztuž pouze vybraných částí nosné konstrukce mostu v rámci zjednodušení pro potřeby bakalářské práce. Rovněž rozsah výkresové dokumentace byl upraven pro tyto účely.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] ČSN EN 1991-2 (736203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [3] ČSN EN 1992-2 (736208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [4] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN 73 6320 (736320) Průjezdny průřezy na dráhách celostátních, dráhách regionálních a vlečkách normálního rozchodu
- [6] ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky

- [7] *TKP kapitola 11: Svodidla, zábradlí a tlumiče nárazů*. Praha: MD ČR, 2010.
- [8] Vyhláška 398/2009 ministerstva pro místní rozvoj o obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace.
- [9] NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. *Betonové mosty I.: Zásady navrhování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4979-4.
- [10] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových dle eurokódů*. Brno: Dashofer Holding, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [11] *BETON: Technologie - Konstrukce – Sanace: Mosty*. Praha: BETON TKS, 2005. č.4/2005. ISSN 1213311608.
- [12] *BETON: Technologie - Konstrukce - Sanace: Mosty a dopravní stavby*. Praha: BETON TKS, 2013.č.4/2013. ISSN 1213311608.
- [13] *Silnice Železnice*. Ostrava: Konstrukce Media, 2014. ISSN 1803-8441.

Seznam příloh textové části:

B1. Použité podklady

B2. Statický výpočet

Přílohy statického výpočtu

B2.1. Rozdělení materiálu v poli točité rampy KP5 – KP6

B2.2. Rozdělení materiálu v přímém úseku nad vlečkou

B3. Přehledná grafická dokumentace získaných výsledků

B4. Výkresová dokumentace

Výkres č.1 – Situace

Výkres č.2 – Podélný řez

Výkres č.3 – Příčné řezy

Výkres č.4 – Výkres výztuže – podélný řez pole KP5 – KP6

Výkres č.5 – Výkres výztuže – půdorys pole KP5 –KP6

Výkres č.6 – Výkres výztuže – podélný řez přímého úseku nad vlečkou

Výkres č.7 – Výkres výztuže kyvné stojky KP2 a základové patky