



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ZESÍLENÍ NOSNÝCH ČÁSTÍ VÝROBNÍ HALY

STRENGTHENING OF THE LOAD BEARING PARTS OF THE PRODUCTION HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

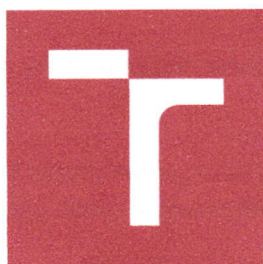
Bc. Kateřina Čížová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

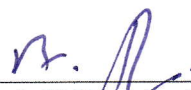
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

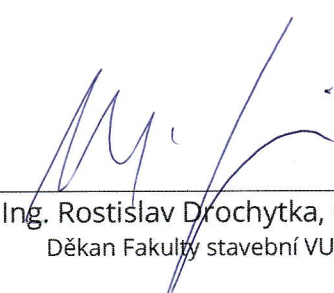
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kateřina Čížová
Název	Zesílení nosných částí výrobní haly
Vedoucí práce	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017




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


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

PODKLADY A LITERATURA

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry. Průzkum stávající konstrukce. Požadavky investora.

Základní normy:

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete více než jednu variantu zesílení nosné konstrukce výrobní haly podle požadavků investora a zhodnotíte je.

Podrobný návrh provedte podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje Průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

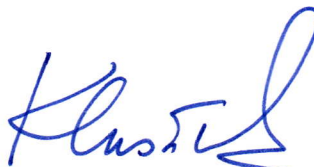
Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 1x v elektronické podobě na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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 diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá zesílením nosných částí výrobní haly v Drásově. V první části je řešena stávající únosnost konstrukce. Dalším krokem je návrh variant zesílení nevyhovujících sloupů a krátké konzoly. Sloupy a krátká konzola jsou zesíleny předpínacími lany monostrand. Závěrem práce je provedeno ověření únosnosti zesílené konstrukce.

Klíčová slova

stávající konstrukce, sloup, interakční diagram, krátká konzola, jeřábová dráha, model náhradní příhradoviny, předpětí, zesílení, předpínací lana, posouzení

Abstract

The diploma thesis deals with the strengthening of the supporting parts of the production hall in Drásov. In the first part the existing load bearing capacity of the structure is solved. The next step is to design of strengthening variants for nonconforming columns and short corbel. Columns and short corbel are strengthening with monostrand. At the end of the thesis, verification of the load bearing capacity of the strengthening structure is performed.

Keywords

Existing construction, column, interaction diagram, short corbel, crane runway, strut-and-tie model, prestress, strengthening , prestressing strands, assessment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Kateřina Čížová *Zesílení nosných částí výrobní haly*. Brno, 2018. 24 s., 275 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Kateřina Čížová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Kateřina Čížová
autor práce

Poděkování

Děkuji panu vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc., za odborné vedení a za poskytnuté rady během vypracování diplomové práce.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. POPIS OBJEKTU	10
3. POUŽITÉ MATERIÁLY	11
4. NOSNÁ KONSTRUKCE	11
4.1. Střešní vazník	11
4.2. Sloupy.....	11
4.3. Krátké konzoly	12
4.4. Hlavní nosník jeřábové dráhy	13
4.5. Kalichová patka.....	13
5. JEŘÁBOVÁ DRÁHA.....	13
6. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE	14
7. ZATÍŽENÍ A JEHO KOMBINACE.....	15
8. STÁVAJÍCÍ PRVKY KONSTRUKCE – ÚNOSNOST.....	15
8.1. Střešní vazník	16
8.2. Hlavní nosník jeřábové dráhy	16
8.3. Sloupy.....	16
8.4. Krátké konzoly	17
8.5. Kalichová patka.....	18
9. ZESÍLENÍ KONSTRUKCE	18
9.1. Zesílení sloupů – varianta A.....	18
9.2. Zesílení sloupů – varianta B.....	19
9.3. Zesílení vnitřní konzoly – varianta A.....	20
9.4. Zesílení vnitřní konzoly – varianta B.....	22
9.5. Zhodnocení variant zesílení	22
10. ZÁVĚR.....	22
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ, PŘÍLOH A PROGRAMŮ	23

1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením zesílení nosných částí výrobní haly v Drásově. Jedná se především o řešení únosnosti nevyhovujících sloupů a krátkých konzol. V diplomové práci je řešeno posouzení jednotlivých prvků stávající nosné konstrukce, návrh dvou variant zesílení nosných částí výrobní haly, konkrétně sloupů a krátké oboustranné symetrické vnitřní konzoly. Následně je provedeno ověření na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Všechny související výpočty jsou uvedeny v příloze P4 – Statický výpočet. Grafická dokumentace získaných výsledků je obsažena v příloze P5 – Přílohy statického výpočtu. V příloze P2 je zpracována výkresová dokumentace řešené konstrukce.

2. POPIS OBJEKTU

Jedná se o jednopodlažní dvoulodní výrobní halu lakovny závodu Siemens, která se nachází v Drásově. Poloha objektu je znázorněna na obr. 1. Půdorysné rozměry řešené části konstrukce výrobní haly jsou pro loď lakovny A 28,0 x 12,0 m a pro loď B 34,0 x 12,0 m. Hlavní nosné části konstrukce tvoří železobetonové sloupy s krátkými konzolami, které nesou ocelové nosníky jeřábové dráhy. Tyto prvky jsou rozhodující pro únosnost jeřábové dráhy. Osová vzdálenost jednotlivých sloupů s konzolami je v příčném směru 12,0 m a v podélném směru 6,0 m. Ocelové nosníky jsou uloženy na ocelové podkladky, které jsou pevně uloženy do betonu konzol ve výšce +6,600 m. Krátké konzoly přenáší zatížení od nosníků jeřábové dráhy do sloupů. Sklon střechy je 3°. Požadavek investora je nosnost jeřábové dráhy 25 t. Záměrem rekonstrukce objektu je zesílení stávajících nosných prvků výrobní haly tak, aby vyhovovala zatížením konstrukce a požadavkům investora.



Obr. 1 – poloha objektu na mapě

3. POUŽITÉ MATERIÁLY

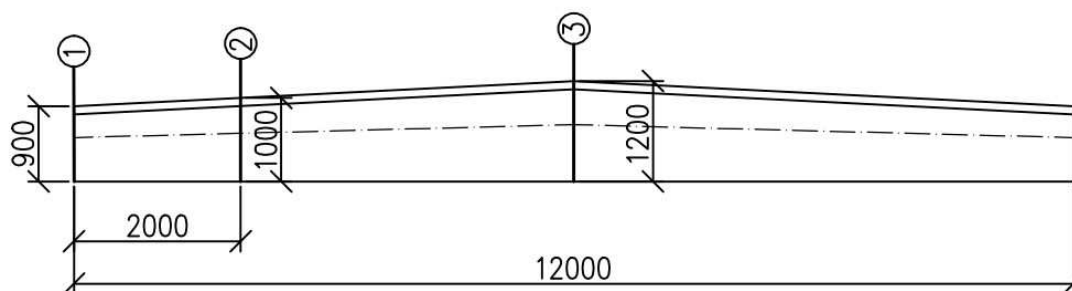
V podkladu, který je součástí diplomové práce jako příloha P1, je zpráva o diagnostickém průzkumu, který se týká výztuže a betonu sloupů jeřábové dráhy. Z podkladu byla zjištěna třída betonu B40. Do výpočtu je doporučeno uvažovat třídu betonu B35 (C30/37). Sloupy a konzoly jsou vyztuženy výztuží R-10505. Průměrné minimální krytí hlavní nosné výztuže bylo zjištěno, že je 30 mm.

4. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosnou konstrukci výrobní haly tvoří střešní vazník, sloupy, krátké konzoly, kalichová patka a nosným prvkem jeřábové dráhy je její hlavní nosník.

4.1. Střešní vazník

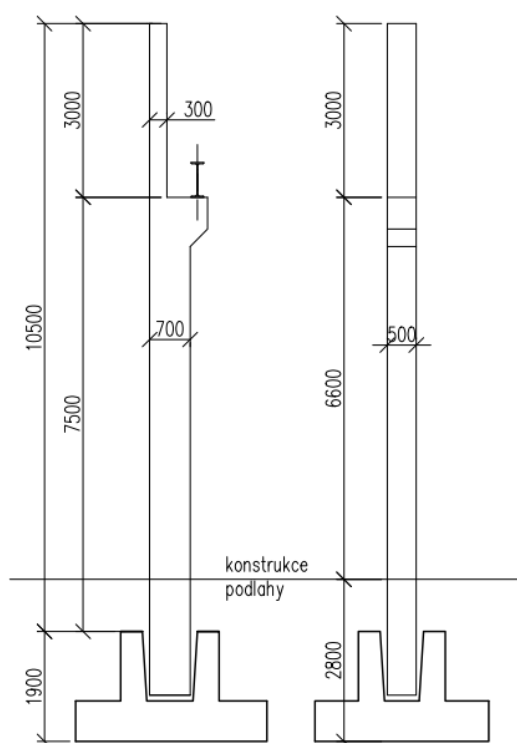
Z podkladů P1 byla převzata geometrie střešního vazníku. Podrobná geometrie a vyztužení střešního vazníku nebyla známa. Pro zpracování diplomové práce byl uvažován sedlový plnostěnný železobetonový střešní vazník průřezu T se sklonem 3° a rozpětím 12 m. Na střešní vazníky jsou uloženy střešní kazetové panely PZS 3/5-U a střešní krytina je tvořena z asfaltových pásů.



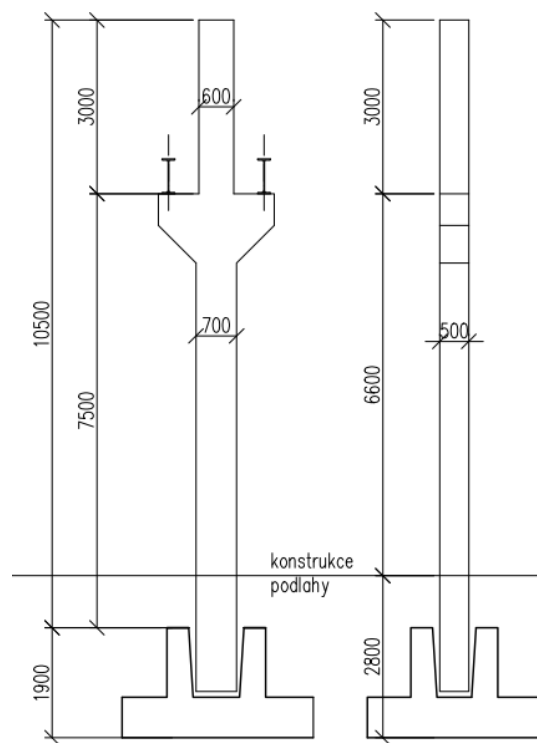
Obr. 2 – geometrie střešního vazníku

4.2. Sloupy

Geometrie sloupů je uvedena v podkladu P1. Kontrolované průřezy byly v řadě A, C a v řadě B. Rozměry spodní části sloupů jsou 500 x 700 mm, vrchní část krajního sloupu je zúžena na 300 mm a u vnitřního sloupu na 600 mm ve výšce +6,600 m. Osová vzdálenost sloupů je v příčném směru 12,0 m a v podélném 6,0 m. Sloupy jsou vetknuty v kalichové patce. Délka spodní části sloupů je 7,5 m a vrchní části sloupů je 3,0 m. (obr.3, obr.4).



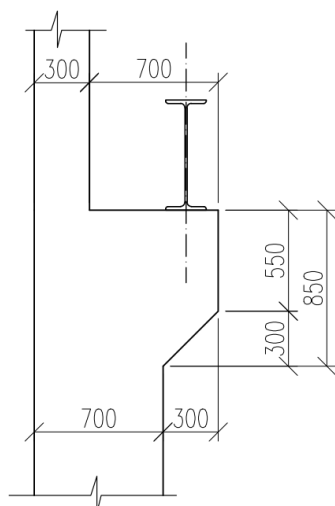
Obr. 3 – geometrie krajního sloupu



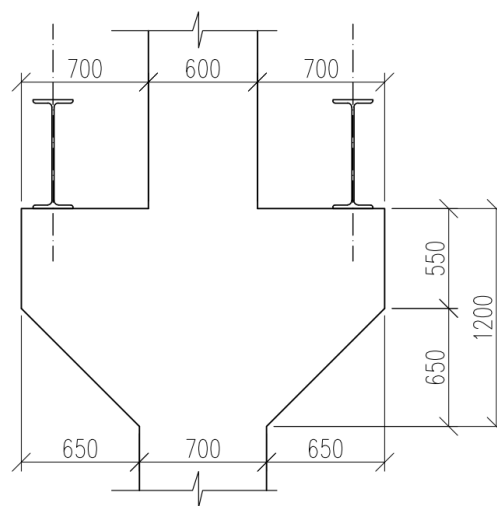
Obr. 4 – geometrie vnitřního sloupu

4.3. Krátké konzoly

Krátké konzoly jsou vyloženy ze sloupů a jsou nosnými prvky hlavních nosníků jeřábové dráhy, které jsou uloženy na ocelové podklady. Krajní krátká konzola je jednostranná a vnitřní krátká konzola je oboustranná symetrická, jak je vidět na obr. 5 a obr. 6. Krátké konzoly přenášejí účinky zatížení od mostového jeřábu do sloupů.



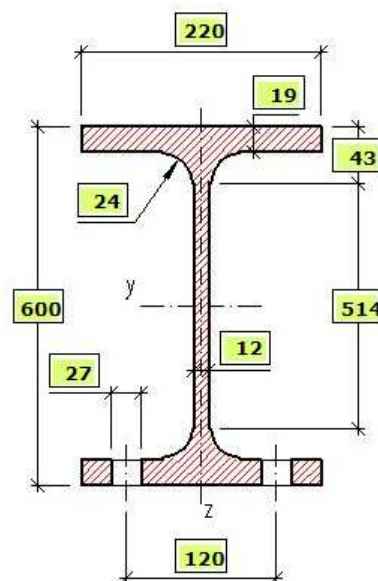
Obr. 5 – geometrie krajní konzoly



Obr. 6 – geometrie vnitřní konzoly

4.4. Hlavní nosník jeřábové dráhy

Hlavní nosníky jeřábové dráhy jsou uloženy na ocelových podkladcích, které jsou pevně uloženy do betonu krátkých konzol železobetonových sloupů. Profil hlavních nosníků jeřábové dráhy je IPE 600 a materiál S355. Profil hlavního nosníku jeřábové dráhy je znázorněn na obr. 7. Na hlavních nosnících je uložena kolejnice jeřábové dráhy.



Obr. 7 - profil IPE 600

4.5. Kalichová patka

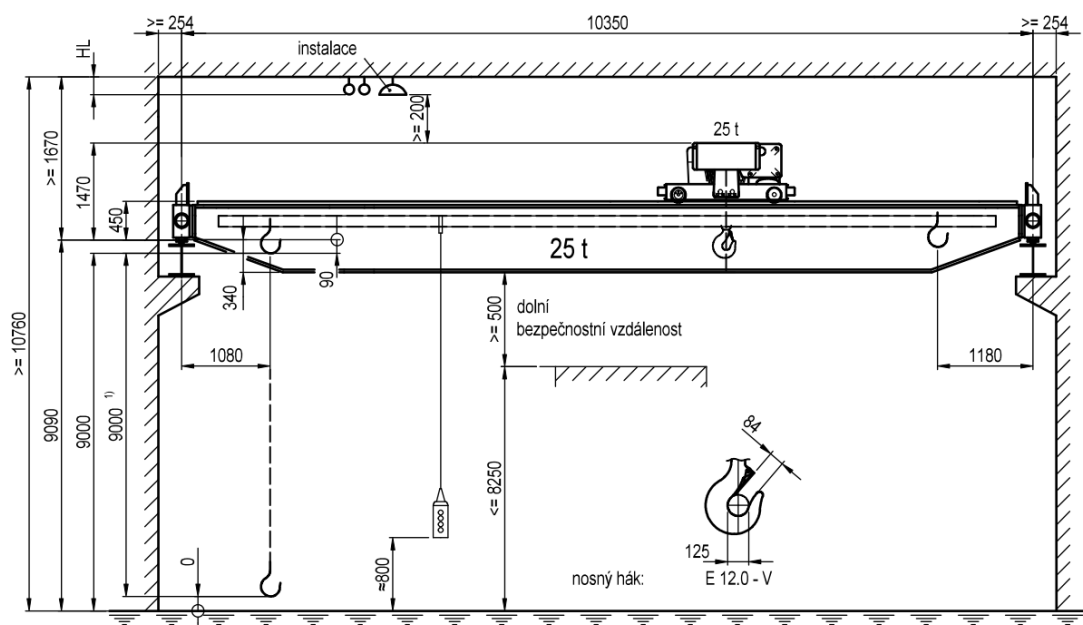
Sloupy jsou uloženy do kalichové patky. Z podkladu P1 byla známá pouze geometrie základové patky, další informace týkající se vyztužení nejsou známy. Pro účel diplomové práce je proveden návrh a posouzení kalichové patky. Jako základová půda je uvažován štěrk hlinitý GM třídy G4. Související parametry základové půdy byly zjištěny z tabulky pro klasifikaci štěrkovitých zemin a jsou uvedeny v příloze P4 – Statický výpočet.

5. JEŘÁBOVÁ DRÁHA

Požadavkem investora je únosnost jeřábové dráhy 25 tun, proto je navržen dvounosníkový jeřáb ABUS ZLK o nosnosti 25 tun. Celková hmotnost jeřábu je 7930 kg, z toho hmotnost kočky je 2921 kg. Rozpětí hlavních nosníků jeřábové dráhy je 10350 mm. Hodnoty zatížení a parametrů byly převzaty od výrobce mostových jeřábů, společnosti ITECO. Podklady zaslané společností ITECO jsou uvedeny v příloze P1. Podrobněji jsou uvažované hodnoty uvedeny v příloze P4 – Statický výpočet.



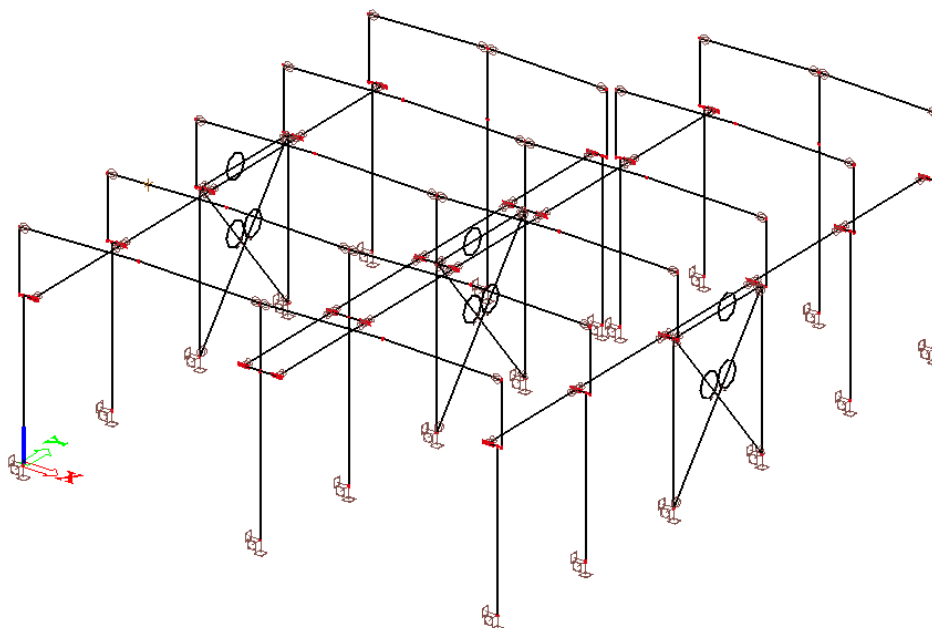
Obr. 8 – dvounosníkový jeřáb ABUS ZLK 25 tun



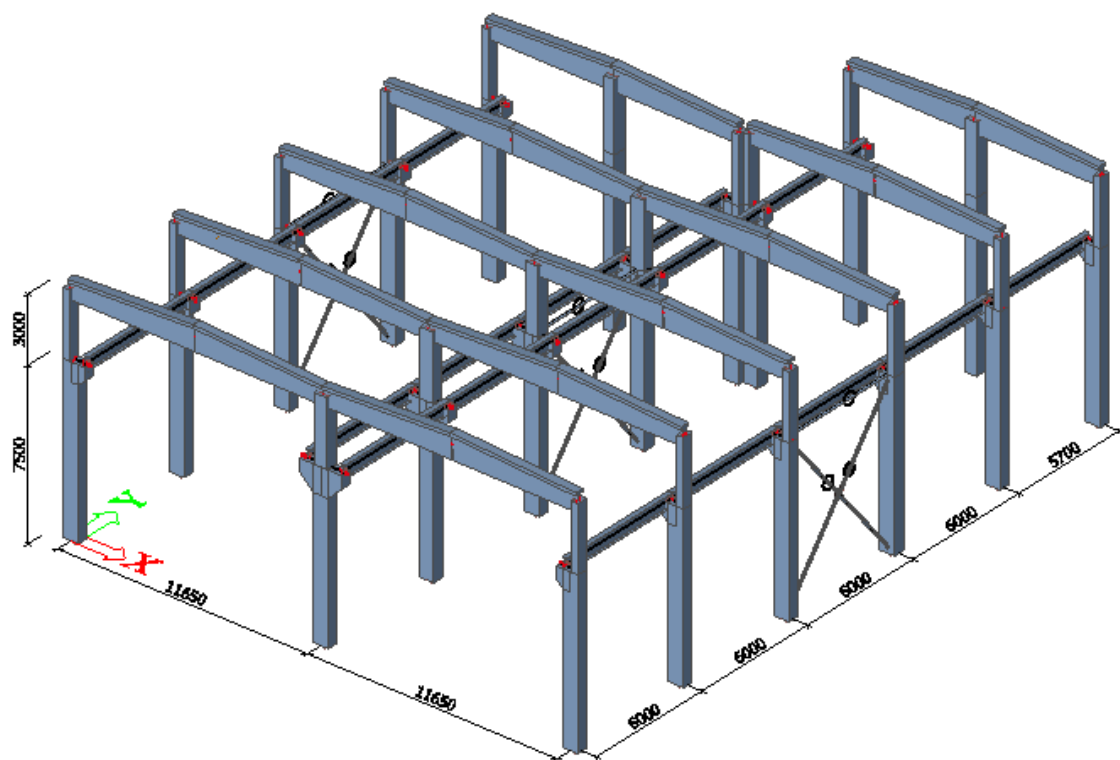
Obr. 9 – příčný řez dvounosníkovým jeřábem

6. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE

Konstrukce výrobní haly je modelována jako 3D model pomocí prutových prvků ve výpočetním programu SCIA Engineer 2016. Sloupy jsou vetknuty a jsou uvažovány se zalomenou střednicí. Zalomení střednice je modelováno tak, že osa sloupu spodní části a vrchní části je spojena pomocí tuhého ramena. Střešní vazník je uložen na sloupy kloubově. Hlavní nosník jeřábové dráhy je modelován jako soustava prostých nosníků uložených na krátké konzoly. Pevná podpora je uvažována na třetím sloupu, kde se ve třetím poli nachází brzdné ztužidlo, které přenáší podélné (vodorovné) zatížení od jeřábové dráhy do paty sloupu.



Obr. 10 – výpočtový model konstrukce



Obr. 11 – výpočtový model konstrukce 3D

7. ZATÍŽENÍ A JEHO KOMBINACE

Na objekt působí zatížení stálá, proměnná, klimatická a zatížení od jeřábové dráhy. Zatížení je napočítáno na jednotlivé prutové prvky konstrukce pomocí zatěžovacích šířek a je tedy modelováno jako liniové zatížení. Podrobný popis zatížení a výpočet působících zatížení je uveden v přílohách P3 a P4. Grafické znázornění jednotlivých zatěžovacích stavů je uvedeno v příloze P5 diplomové práce.

Rozhodující kombinace pro mezní stav únosnosti jsou sestavovány podle rovnice 6.10a a 6.10b dle ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. [1] V diplomové práci jsou kombinace zatížení provedeny pomocí studentské verze programu SCIA Engineer 2016. Rovnice kombinací a příslušné dílčí součinitele jsou uvedeny v příloze P3, výsledky jsou poté zobrazeny v příloze P5.

8. STÁVAJÍCÍ PRVKY KONSTRUKCE – ÚNOSNOST

V následujících částech byly stanoveny únosnosti jednotlivých prvků výrobní haly. Stanovení potřebných únosností bylo provedeno dle ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. [2] Základní předpoklady výpočtu meze únosnosti, zjednodušené předpoklady výpočtu a jeho postup je rozebrán v příloze P3. Konkrétní výpočty řešených nosných částí výrobní haly jsou obsaženy v příloze P4.

8.1. Střešní vazník

Z důvodu neznámého vyztužení střešního vazníku bylo v rámci diplomové práce navrženo jeho vyztužení. Byla použita výztuž B500B a beton C30/37. Vazník je řešen ve třech průřezích, uprostřed pole, v podpoře a ve vzdálenosti 2 m od podpory. Střešní vazník je řešen jako prostý nosník o rozpětí 12 m. Posuzován je na ohyb a smyk. Podrobné výpočty jsou uvedeny v příloze P4 a grafické zobrazení vnitřních sil v příloze P5 diplomové práce. Střešní vazník na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti vyhovuje.

8.2. Hlavní nosník jeřábové dráhy

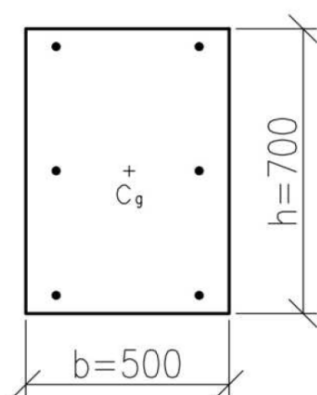
Hlavní nosník jeřábové dráhy tvoří profil IPE 600 a je modelován jako soustava prostých nosníků o stejném rozpětí $L = 6,0$ m. Pro stanovení únosnosti hlavního nosníku jeřábové dráhy je postupováno dle publikace Kovové konstrukce [7]. Posouzení nosníku je zaměřeno na jeho nejdůležitější části. Podrobné posouzení není provedeno, jelikož není hlavní náplní této diplomové práce. Pro účel práce je hlavní nosník jeřábové dráhy považován za vyhovující. Jednotlivé posudky nosníku jsou uvedeny ve statickém výpočtu, příloze P4.

8.3. Sloupy

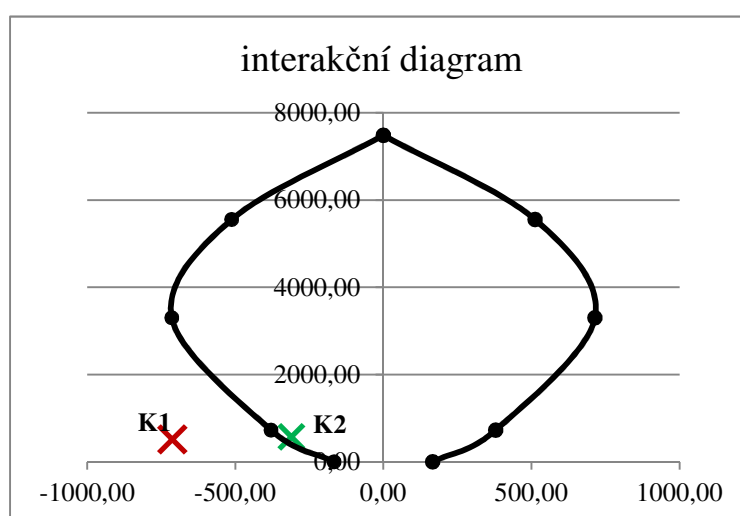
Železobetonové sloupy obdélníkového průřezu jsou namáhány normálovou silou a ohybovým momentem. Pro zjištění únosnosti stávajících sloupů byly sestaveny interakční diagramy pro řešené průřezy. Účinná délka sloupů je uvažována $l_0 = 2L$, jelikož sloupy jsou modelovány jako konzola vetknutá do kalichové patky. Posouzení je provedeno pro spodní část sloupů, která je rozhodující částí pro stanovení jejich únosnosti. Výpočet únosnosti stávajících sloupů je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. [2]

• Krajiní sloup

Stávající krajiní sloupy jsou vyztuženy hlavní nosnou výztuží 6ØR16 a třmínky ØR6 po 220 mm. Krajiní sloup na mezní stav únosnosti ve směru Y nevyhovuje, zobrazeno na obr. 13. Je třeba navrhnout jeho zesílení.



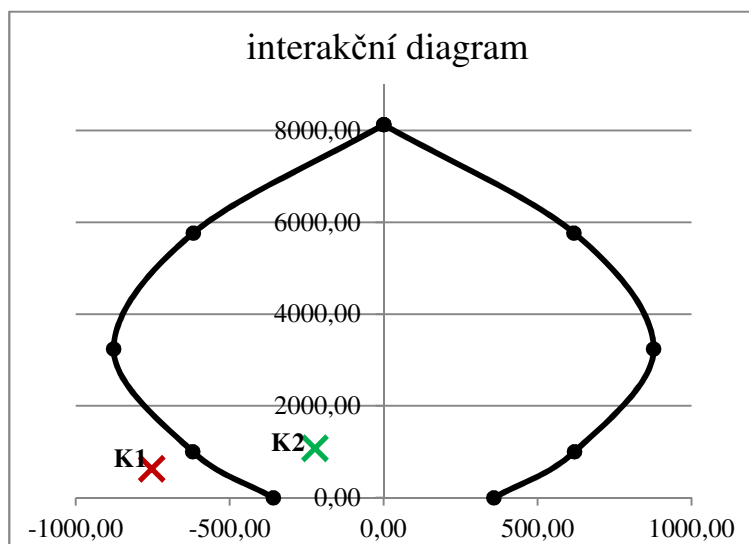
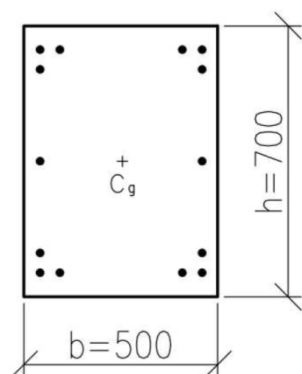
Obr. 12 – průřez krajního sloupu



Obr. 13 – interakční diagram krajního sloupu ve směru Y

• Vnitřní sloup

Vnitřní sloupy jsou vyztuženy hlavní nosnou výztuží 14ØR16 a třímínky ØR6 po 220 mm. Vnitřní sloup nevyhověl na mezní stav únosnosti ve směru Y, proto je třeba navrhnout jeho zesílení.

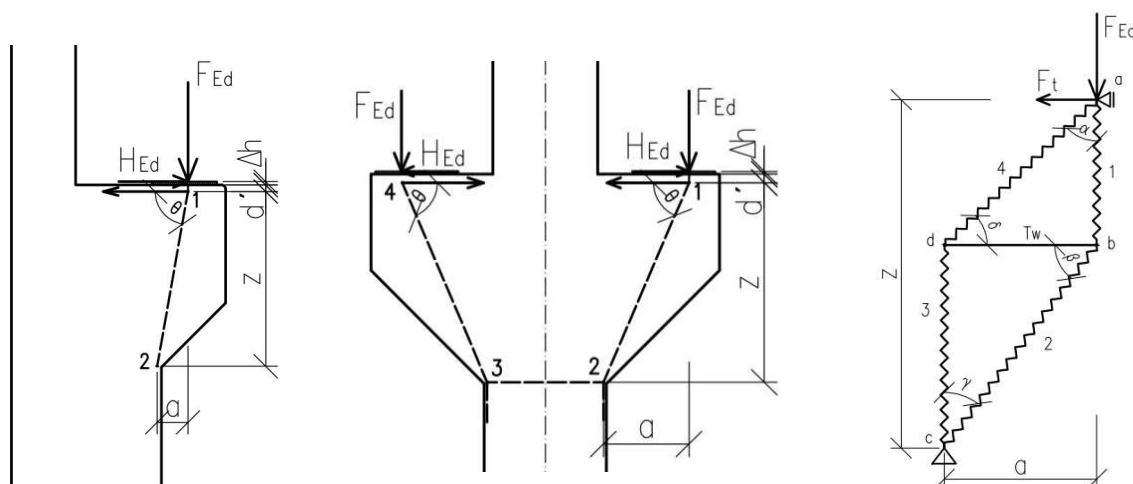


Obr. 14 – průřez vnitřního sloupu

Obr. 15 – interakční diagram vnitřního sloupu ve směru Y

8.4. Krátké konzoly

Krátké konzoly přenášejí zatížení od jeřábové dráhy do sloupů. Jedná se o přímo uložené krátké konzoly. Výpočet krátkých konzol je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 [2] a dalším výchozím podkladem byla publikace Navrhování betonových konstrukcí: Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a k ČSN EN 1992-1-2. [6] K posouzení krátkých konzol byla použita metoda příhradové analogie vzpěra - táhlo.



Obr. 16 – modely příhradové analogie pro stanovení maximální tahové síly F_t a T_w

Posuzována byla hlavní ohybová výztuž a vodorovné třmínky. Jednostranná krajní krátká konzola na mezní stav únosnosti vyhověla. Vnitřní oboustranná symetrická konzola na mezní stav únosnosti taktéž vyhověla, ale ohybová výztuž vyhověla jen těsně. Z toho důvodu a také s ohledem ke stáří konstrukce a možného vzniku nepřesností ve výpočtech je v diplomové práci navrženo její zesílení.

8.5. Kalichová patka

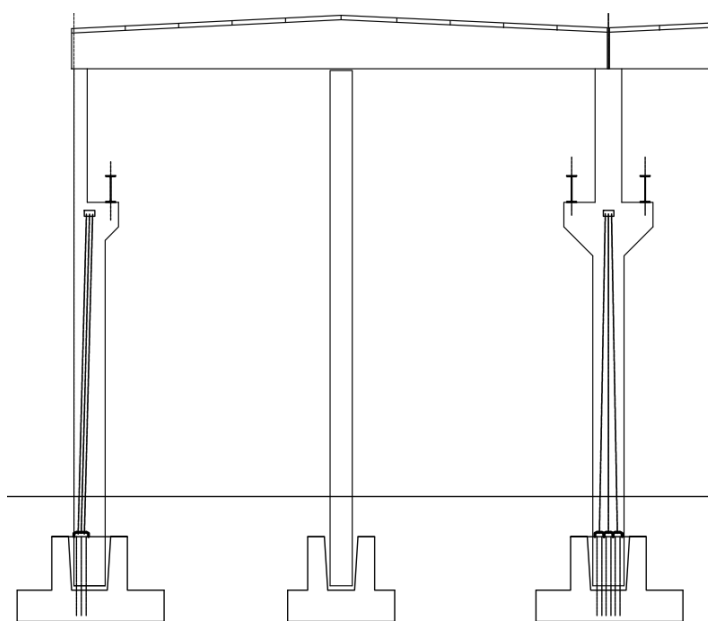
Z dostupných podkladů (příloha P1) byla známá pouze geometrie základové patky. V rámci diplomové práce a pro její úplnost je navrženo vyztužení základové kalichové patky. Pro posouzení a výpočty byly použity studijní opory [8]. Základovou půdu tvoří štěrk hlinitý GM třídy 4. Pro výpočet únosnosti plošného základu a kontaktního napětí bylo vycházeno z podkladu - Únosnost plošného základu a kontaktní napětí. [9]

9. ZESÍLENÍ KONSTRUKCE

Pro nevyhovující sloupy jsou navrženy dvě varianty zesílení. Jako varianta A je navrženo zesílení pomocí předpínacích lan a jako varianta B je navržena obetonávka ze stříkaného betonu. Pro vnitřní konzolu jsou také navrženy dvě varianty, jako varianta A zesílení pomocí předpínacích lan a jako varianta B je navrženo zesílení pomocí lepených uhlíkových lamel.

9.1. Zesílení sloupů – varianta A

Železobetonové sloupy, především u halových konstrukcí, jsou namáhány vodorovnou silou od brždění a přičení mostového jeřábu a od účinků větru, tyto silové účinky vyvolávají značný ohybový moment v patě sloupu. Do sloupu pomocí předpětí vneseme svislou tlakovou sílu a tím dojde ke zvýšení jeho únosnosti. [10] Zesílení sloupů předpětím je provedeno pomocí předpínacích lan monostrand Y1860-S7-15,7, které budou vedeny podél bočních stran sloupů a budou napínány z jedné strany.



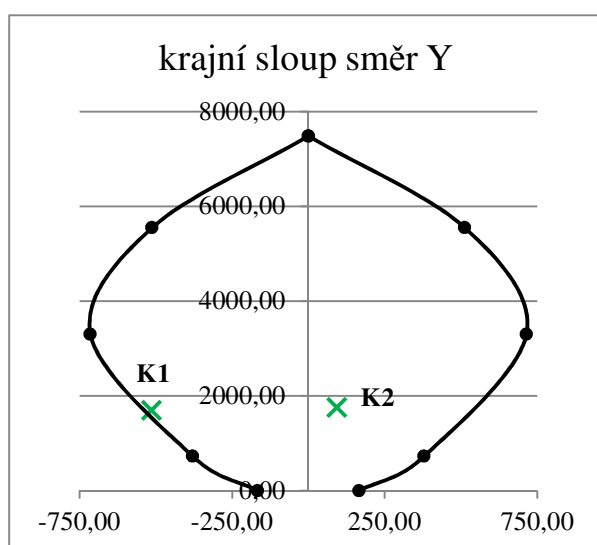
Obr. 17 – geometrie předpínacích lan

U krajního sloupu jsou předpínací lana vedena šikmo pod sklonem $1,5^\circ$, jelikož namáhání ohybovým momentem je značné a šikmost lan má na jeho zmenšení pozitivní vliv. U vnitřního sloupu je střední lano vedeno přímo svisle dolů a vedlejší lana jsou vedena pod odklonem $1,1^\circ$.

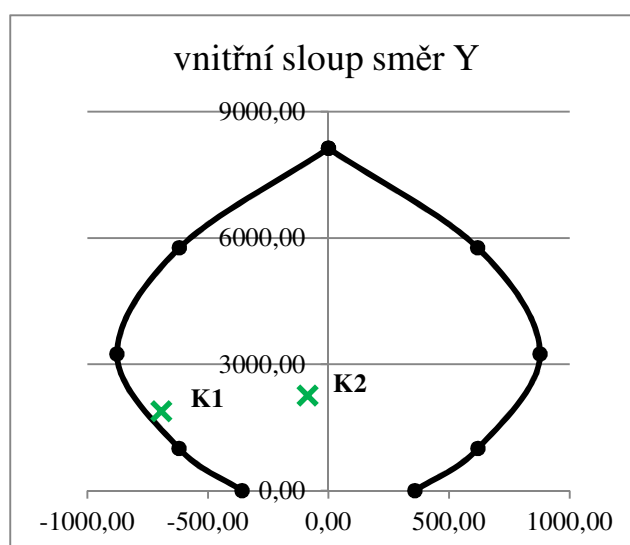
Kombinace pro mezní stav únosnosti jsou sestavovány dle ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. [1]

Zesílené sloupy předpětím jsou na mezní stav únosnosti posuzované stejně jako stávající železobetonové sloupy, pomocí interakčních diagramů. Podrobné informace a výpočty jsou uvedeny v přílohách diplomové práce.

Zesílené železobetonové sloupy pomocí předpínacích lan monostrand již na mezní stav únosnosti vyhovují (obr. 18, obr. 19).



Obr. 18 – interakční diagram zesíleného krajního sloupu směr Y



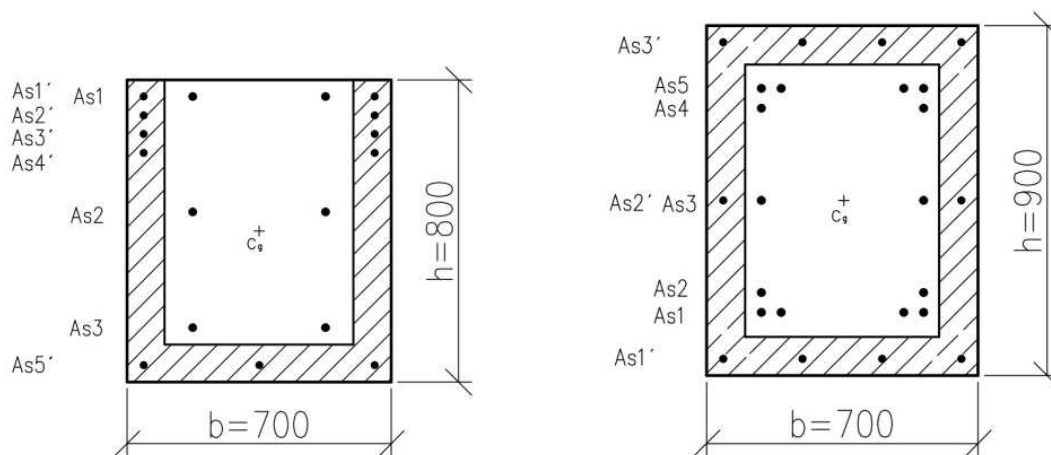
Obr. 19 – interakční diagram zesíleného vnitřního sloupu směr Y

Mezní stav použitelnosti

Na zesílených sloupech pomocí předpětí je v mezním stavu použitelnosti řešeno omezení napětí a omezení šířky trhlin. Jednotlivé potřebné kombinace a výpočty jsou uvedeny v příloze P4, graficky znázorněny v příloze P5. Kombinace byly vytvořeny pomocí studentské verze programu SCIA Engineer 2016. Krajní i vnitřní zesílený sloup na mezní stav použitelnosti vyhovují.

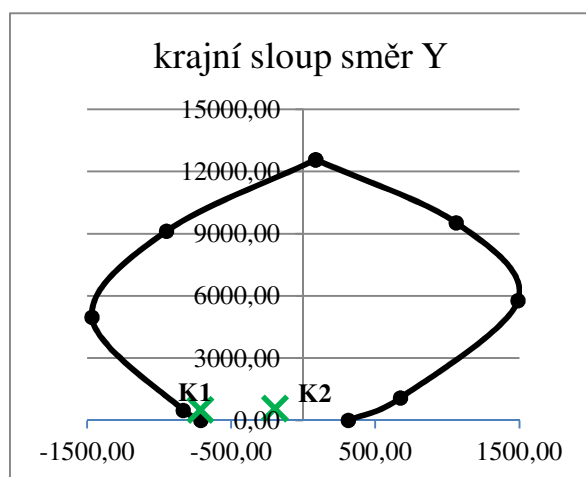
9.2. Zesílení sloupů – varianta B

Jako druhá varianta je navrženo zesílení obetonávkou ze stříkaného betonu C30/37 tloušťky 100 mm a přídatnou výztuží B500B. U krajního sloupu je navržena přídatná hlavní nosná výztuž $11\text{Ø}16$ a třmínky $\text{Ø}6$ po 200 mm. Hlavní nosná přídatná výztuž vnitřního sloupu je $10\text{Ø}12$ a třmínky $\text{Ø}6$ po 200 mm. Posouzení je provedeno opět pomocí interakčních diagramů.

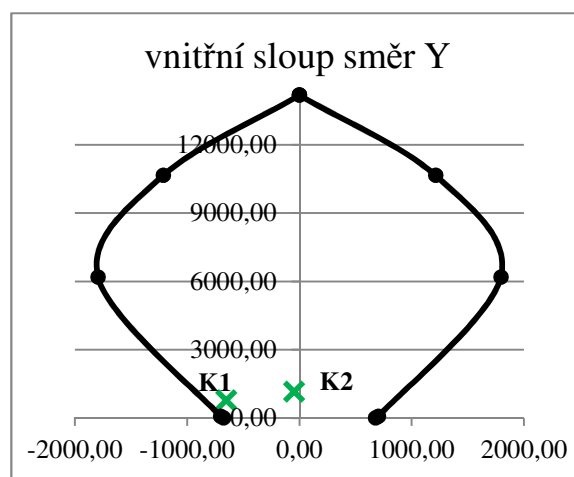


Obr. 20 – zesílené průřezy obetonávkou, vlevo krajní sloup, vpravo vnitřní sloup

Oba železobetonové sloupy zesílené pomocí obetonávky a přidavné výztuže na mezní stav únosnosti vyhovují.



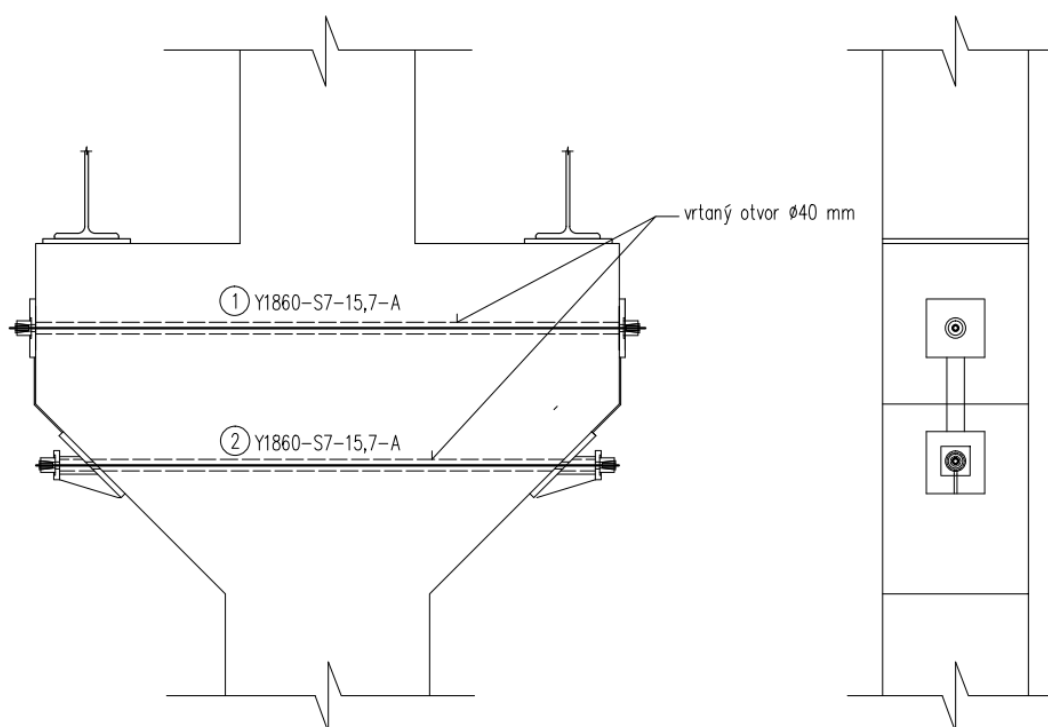
Obr. 21 – interakční diagram obetonovaného krajního sloupu směr Y



Obr. 22 – interakční diagram obetonovaného vnitřního sloupu směr Y

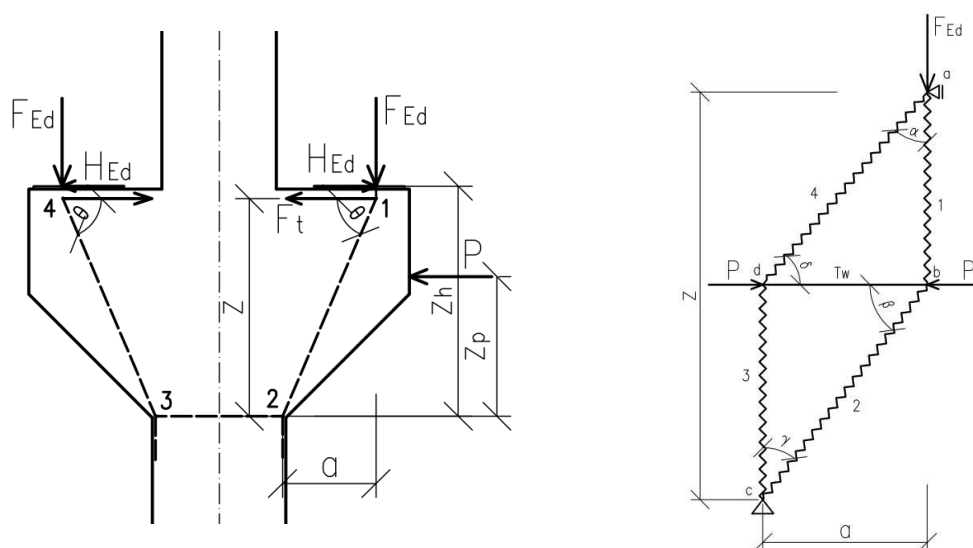
9.3. Zesílení vnitřní konzoly – varianta A

Pro zvýšení únosnosti vnitřní konzoly bylo navrženo zesílení pomocí předpínacích lan monostrand Y1860-S7-15,7. Navržena jsou dvě předpínací lana a jejich předpínací síla je 150 kN. Lana budou napínána z obou konců. Předpínací síla jednoho lana je 75 kN. Pomocí příčně vedených předpínacích lan vneseme do konzoly tlakové napětí, které vyrovnává účinky vnějšího zatížení a tím zvyšuje únosnost krátké konzoly.



Obr. 23 – schéma předpínacích lan

Stávající vyztužení, geometrie a postup výpočtu je popsán v příloze P3 diplomové práce. Postup výpočtu je stejný jako u stávající nezesílené vnitřní konzoly. Působíště předpínací síly je uvažováno v těžišti předpínacích lan a je modelováno do styčnicku b v modelu příhradové analogie vzpěra-táhlo obr. 24.

Obr. 24 – modely příhradové analogie pro stanovení tahových sil F_t , T_w

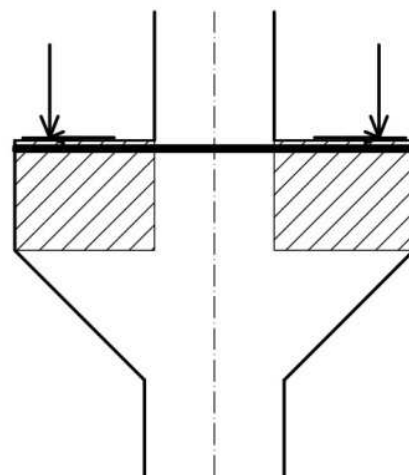
Zesílená krátká konzola systémem předpínacích lan na mezní stav únosnosti vyhovuje.

9.4. Zesílení vnitřní konzoly – varianta B

Další možnost zesílení je pomocí lepených uhlíkových lamel Sika CarboDur S2,025 pro zvýšení únosnosti krátké symetrické konzoly v ohybu. Navrženy jsou dvě uhlíkové lamely, které jsou umístěny na bočních stranách konzoly, jedna na každé straně. Sika CarboDur jsou lamely z tažených uhlíkových vláken (CFRC) vyztužených polymery pro zesilování konstrukcí. Lamely se lepí na konstrukci pomocí epoxidového lepidla Sikadur -30. [11]



Obr. 25 – uhlíková lamela Sika CarboDur



Obr. 26 – schéma uhlíkových lamel

Zesílená vnitřní krátká symetrická konzola pomocí lepených uhlíkových lamel Sika CarboDur S2,025 na mezní stav únosnosti vyhovuje.

9.5. Zhodnocení variant zesílení

Pro zesílení nevyhovujících prvků (sloupů, vnitřní konzoly) byla vybrána varianta A, zesílení pomocí předpínacích lan monostrand Y1860-S7-15,7. U sloupů je varianta B, obetonávka stříkaným betonem je více pracná, složitější na provedení, špinavější a navíc rozměry sloupů by byly zvětšeny. Stříkaný beton by se nanášel ve dvou vrstvách. Zesílení systémem předpínacích lan je vhodnější, efektivnější a elegantnější volba provedení. Jelikož u sloupů byla zvolena varianta zesílení systémem předpětí, stejná varianta je vybrána i u vnitřní konzoly. Lepení uhlíkových lamel vyžaduje čistý betonový podklad, který musí být zbaven veškerých nečistot, nesoudržných a prachových částic, aby bylo provedeno správné lepení a nehrozila tak špatná soudržnost mezi betonem, epoxidovým lepidlem a uhlíkovými lamelami. Zesílení nevyhovujících nosných částí výrobní haly je tak v diplomové práci uvažováno a provedeno stejným systémem.

10. ZÁVĚR

Zesílení nevyhovujících nosných částí výrobní haly je provedeno pomocí předpínacích lan monostrand Y1860-S7-15,7, které jsou uloženy v HDPE chrániče s mazivem. U sloupů budou lana napínána z jednoho konce a jsou vedena podél bočních stran sloupů. Při zesilování vnitřní konzoly budou napínána z obou konců a jsou vedena ve vyvrtaných kabelových kanálcích Ø40 mm. Postup provádění je uveden v příloze P3. Zesílená konstrukce vyhovuje požadavkům investora a na všechny uvažované působící zatížení.

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ, PŘÍLOH A PROGRAMŮ

• SEZNAM LITERATURY, NORMY, KATALOGY

- [1] ČSN EN 1990 ed.2 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut, Praha, 2015
- [2] ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, Praha, 2011
- [3] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, Praha, 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed.2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Český normalizační institut, Praha, 2013
- [5] ČSN EN 1991-1-4 ed.2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Český normalizační institut, Praha, 2013
- [6] Procházka Jaroslav, Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2, ČKAIT, Praha, 2010
- [7] Pilgr Milan, Kovové konstrukce: výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1993-6, CERM s.r.o., Brno, 2012
- [8] Studijní opory, Panáček Josef, Prvky betonových konstrukcí, Modul MO2
- [9] VUT FAST, Ústav geotechniky, http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/mech_zemin/pod10.pdf
- [10] portfolio firmy PEEM, spol. s r.o., <http://www.peem.cz>
- [11] Technický list Sika CarboDur S, <https://cze.sika.com/>
- [12] stavebniny DEK, www.dek.cz
- [13] Studijní opory, Zich Miloš, Vybrané statě z nosných konstrukcí, M01, Betonové základy 1. část, Brno, 2006
- [14] Klusáček Ladislav, Chalabala Jiří, PEEM s r.o., prezentace Zesilování průmyslových budov dodatečným předpínáním
- [15] Monostrand STADO, www.stado.cz/statika-monostrand
- [16] Feron a.s., sortiment Ferony, www.ferona.cz
- [17] web OCELÁŘ.CZ, www.steelcalc.com/cs/

• **SEZNAM PŘÍLOH**

P1 – POUŽITÉ PODKLADY

P2 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

01 SCHÉMA STÁVAJÍCÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

02 SCHÉMA PŘEDPĚTÍ VNITŘNÍ SLOUP

03 SCHÉMA PŘEDPĚTÍ KRAJNÍ SLOUP

04 SCHÉMA PŘEDPĚTÍ KRÁTKÉ KONZOLY

P3 – TECHNICKÁ ZPRÁVA

P4 – STATICKÝ VÝPOČET

P5 – PŘÍLOHY STATICKÉHO VÝPOČTU

• **SEZNAM POUŽITÝCH ROGRAMŮ**

Microsoft Office Word 2010

Microsoft Office Excel 2010

AutoCad 2014 – studenstká verze program

SCIA Engineer 2016 – studentská verze program

FIN EC 2018 – demoverze programu