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

MONTOVANÁ ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE VÝROBNÍ HALY S ADMINISTRATIVOU

PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES INDUSTRIAL HALL WITH ADMINISTRATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Martin Sitta
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. MARTIN ZLÁMAL, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2017

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	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Martin Sitta
Název	Montovaná železobetonová konstrukce výrobní haly s administrativou
Vedoucí práce	Ing. Martin Zlámal, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu	Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.
Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):
ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí
ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte nosnou konstrukci výrobní prefabrikované haly.
Proveďte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její vybrané části v rozsahu určeném vedoucím práce.
Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně případné kontroly zjednodušenou metodou).
Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.
Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.
Požadované výstupy:
Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)
Přílohy textové části:
P1. Použité podklady
P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)
P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)
Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).
Popisný soubor závěrečné práce (1x).
Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x 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).

Ing. Martin Zlámal, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je navrhnout a posoudit vybrané prvky montované železobetonové výrobní haly s administrativou, a to na mezní stav únosnosti dle platných norem. Specifikem výrobní haly je pojízdný mostový jeřáb s únosností, až 50 t. Konkrétně je řešen příčný rám tvořený střešním předpjatým vazníkem, sloupem vynášejícím nosník jeřábové dráhy a vrtanou pilotou přenášející účinky zatížení od horní stavby do základového podloží. Dále je zpracován posudek Gerberova nosníku v administrativní části objektu. Ostatní části konstrukce práce neřeší.

Klíčová slova:

Montovaná výrobní hala, mostový jeřáb, vazník, sloup, Gerberův nosník, vrtaná pilota, železobeton, přepjatý beton, výztuž, třmínky, zatížení, zatěžovací stavy, kombinace zatížení, vnitřní síly, ohybový moment, smyk, smyk za ohybu, posouvající síla, silová metoda, metoda mezního přetvoření, metoda mezní rovnováhy, model příhradové analogie, metoda konečných prvků, SCIA Engineer, dimenzování, interakční diagram, kotevní délky, krytí výztuže, rozdělení materiálu, mezní stav únosnosti

Abstract:

As the main topic this thesis describes the design and evaluation of selected reinforced concrete members of the prefabricated reinforced concrete industrial building with administration at ultimate limit state in accordance with applicable standards. Movable overhead crane with carrying capacity of 50 tons is the main distinction of the industrial hall. Lateral frame whit main structural parts which are roof prestressed girder, load-bearing column supporting the overhead crane and drilled pile transferring loads from the upper construction to the load bearing subsoil, is designed in particular. Furthermore, design of the Gerber beam which forms the slab construction in the administrational part of the building is elaborated. Structural design and evaluation of other structures of the building is not part of this thesis.

Key words:

Precast concrete industrial building, overhead crane, girder, load bearing column, drilled pile, reinforced concrete, prestressed concrete, reinforcement, stirrup, load, loading cases, loading combinations, internal forces, bending moment, shear, combined shear and bending, shear force, Force Method, Ultimate Strain Method, Limit Equilibrium Method, Strut and Tie Model, Finite Element Method, SCIA Engineer, design, interaction diagram, anchorage lengths, concrete cover, material envelope, ultimate limit state

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martin Sitta *Montovaná železobetonová konstrukce výrobní haly s administrativou.* Brno, 2017. 32 s., 198 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Martin Sitta
autor práce

Poděkování:

Rád bych tímto vyjádřil své poděkování Ing. Martinu Zlámalovi, Ph.D., za odborné vedení této diplomové práce, také za poskytnutí užitečných informací, rad a připomínek, a především za jeho ochotu a čas, kterými mi při tvorbě této práce věnoval.

Dále bych na tomto místě chtěl poděkovat svým rodičům, blízké rodině a slečně Šárce Kozákové za podporu a důvěru během celého mého studia.

Obsah

1 ÚVOD 1

2 POPIS OBJEKTU, LOKALITY A ŘEŠENÝCH KONSTRUKCÍ 2

2.1 Popis konstrukce výrobní haly s administrativou 2
2.2 Základové a geologické poměry v lokalitě 3
2.3 Popis a geometrie vybraných konstrukční prvků 4

3 POUŽITÉ MATERIÁLY A JEJICH PARAMETRY 6

3.1 Beton 6
3.2 Betonářská výztuž 6
3.3 Předpínací výztuž 7

4 ZATÍŽENÍ A KOMBINACE ZATÍŽENÍ 8

5 NÁVRH A POSOUZENÍ PRVKŮ 10

5.1 Vazník 10
5.2 Sloup 10
5.3 Gerberův nosník 11
5.4 Pilota 11
5.5 Spoje 12

6 MANIPULACE, PŘEPRAVA A MONTÁŽ 13

7 ZÁVĚR 15

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 16

Monografie 16
Normy, příručky a manuály 16
Použité softwary 16

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 17

Písmena latinské abecedy 17
Písmena řecké abecedy 19
Zkratky 21

SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ 22

Tabulky 22
Obrázky 22

SEZNAM PŘÍLOH 23

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem montované železobetonové konstrukce výrobní haly s administrativou, jejíž možná výstavba je předpokládána v Zábřehu na Moravě. Cílem práce je návrh konstrukčního řešení objektu s vhodným využitím jednotlivých prvků z předpjatého betonu a z železobetonu tak, aby hala splňovala svůj výrobní a administrativní účel. V práci je rovněž kladen požadavek na návrh vybraných prvků konstrukce a jejich posouzení na mezní stav únosnosti.

Práce je tedy rozdělena do tří základních částí. První z nich tvoří návrh umístění, dispozice a konstrukčního řešení objektu. Tato část práce je obsažena jak v technické zprávě v podobě popisu objektu a navrhovaných konstrukcí, tak v samotném statickém výpočtu i v přílohách výkresové dokumentace.

Druhou významnou část práce v podobě statického výpočtu tvoří návrh a posuzovaní vybraných konstrukčních prvků, kterými jsou předpjatý vazník, ŽB nosný sloup, Gerberův nosník a vrtaná pilota. Prvky jsou posouzeny na mezní stav únosnosti a zároveň jsou posouzeny vybrané detaily těchto prvků. Do této části práce lze zahrnout také modelování konstrukce v programu SCIA Engineer 16.0, výpočet zatížení nebo ověření získaných vnitřních sil z programu ručním výpočtem.

Třetí část práce tvoří výkresová dokumentace, a další přílohy s výstupy z programu SCIA Engineer 16.0 a GEO5.

Hlavním cílem této diplomové práce je tedy navrhnout a posoudit vybrané prvky montované železobetonové výrobní haly s administrativou, a to na mezní stav únosnosti dle platných norem.

2 Popis objektu, lokality a řešených konstrukcí

Jedná se o montovanou železobetonovou stavbu tvořenou dvěma funkčně oddělenými částmi, a to výrobní halou s jeřábovou drahou a administrativou. Objekt je navržen na pozemku nacházejícím se v průmyslové zóně Sadová II na východním okraji města Zábřeh. Okolní stavby jsou výrobního a průmyslového charakteru, stavba je tedy v souladu s urbanistickým a architektonickým řešením daného území. V okolí se nenachází chráněné památkové prvky, památné stromy ani jiné krajinné prvky, rovněž zde není navržena evropsky významná lokalita a objekt nezasahuje do žádného z ochranných pásem energetického zařízení. Předpokládaná výška upraveného terénu je 290 m n. m. Umístění budovy je zohledněno při výpočtu zatížení sněhem a větrem, viz kapitola 1 Zatížení statického výpočtu.

2.1 Popis konstrukce výrobní haly s administrativou

Půdorysné rozměry celého objektu jsou 63,2 x 19,1 m, výška budovy nad úrovní terénu je 13,3 m. Konstrukce tvoří jeden dilatační úsek.

První část objektu je navržena jako jednopodlažní jednolodní hala. Nosný systém je tvořen nosnými železobetonovými sloupy s osovými vzdálenostmi 6 m v podélném směru a 18 m ve směru příčném. V příčném směru jsou na sloupy umístěny předpjaté sedlové vazníky tvaru I, které spolu se střešním pláštěm tvoří střešní konstrukci nad výrobní části objektu. Střešní plášť je složen z nosných trapézových plechů SATJAM T 150 tl. 1,0 mm, kamenné izolace ISOVER TOP ROOF 11 tl. 0,3 m a povlakové krytiny. Trapézový plech kladený na vazníky vytváří spád střešní roviny 2,5°. V podélném směru jsou na sloupy umístěna podélné ztužidla. V čele objektu jsou navrženy mezilehlé sloupy, které vynáší obvodový plášť. Obvodový plášť je tvořen stěnovými izolačními panely Kingspan KS1150 FH upevněnými do konstrukce sloupů. Dále je v hale navržen mostový jeřáb 50/12,5 t zdvihové třídy HC1 a kategorii zdvihových účinků S_5. Mostový jeřáb pojíždí po nosníku jeřábové dráhy tvořeném svařovaným ocelovým profilem I. Jeřábová dráha je nesena sloupy, které jsou uspořádány tak, aby umožňovaly její správné spojení.

Druhou část objektu představuje část administrativní. Jedná se o konstrukci tvořenou příčnými nosnými rámy o třech nadzemních podlažích. Konstrukční výšky jednotlivých podlaží jsou 4,1 m pro 1.NP a 2.NP, a 3,5 m pro 3.NP. Podélná vzdálenost příčných rámů je 6 m a vzdálenost sloupů v jednom rámu je 6,05 m, respektive 6,30 m. Rám je tvořen svislými sloupy a vodorovnými Gerberovými nosníky. Strop tvoří předpjaté stropní panely SPIROLL, které jsou umístěny přímo na nosnících příčných rámů. V každém podlaží je podhled pro vedení instalací ve výšce 3,15 m nad úrovní podlahy, přičemž v posledním podlaží je tento pohled doplněn o tepelnou čedičovou

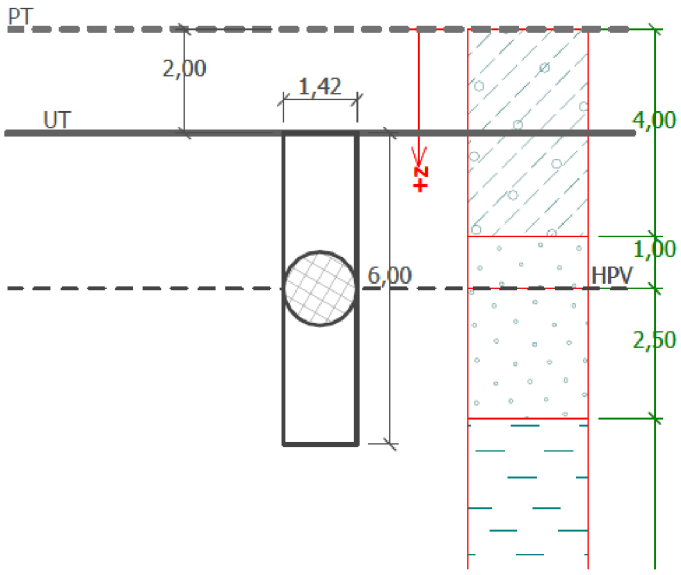
izolaci tl. 0,2 m zajišťující dobé tepelné podmínky v administrativní části objektu. V této části objektu je dále navrženo dvouramenné prefabrikované schodiště, které je v úrovni podlaží vynášené nosným rámem a v úrovni mezi podlažími mezipodestou. Mezipodesta je nesena nosnými prefabrikovanými stěnami. Obvodový plášť administrativní části objektu je tvořen zdícím systémem POROTHERM s kontaktním zateplovacím systémem ETICS umístěným na vnější stranu zdiva. Konkrétně jsou navrženy zdící bloky POROTHERM 30 P+D. Střešní plášť je v administrativní části objektu nesen střešními sedlovými spojitými vazníky z železobetonu, které jsou uloženy na nosných sloupech.

2.2 Základové a geologické poměry v lokalitě

V místě uvažované výstavby objektu jsou stanoveny jednoduché geologické podmínky. Skladba podloží je popsána v následující tabulce a zobrazena na obr. 1. Podrobná specifikace vlastností základového podloží je součástí statického výpočtu, podkapitola 6.4.1 Podloží.

Vrstva	Popis	Hloubka [m]
1	Navážka	0 – 0,5
2	Hlína jílovitá písčitá měkká šedá hnědá	0,5 – 4,0
3	Štěrk hlinitý písčitý nezvodnělý ulehlý hnědý	4,0 – 5,0
4	Štěrk hlinitý písčitý zvodnělý ulehlý šedý	5,0 – 7,5
5	Jíl vápnitý pevný zelený šedý	7,5 – 20,0

Tab.1: Skladba podloží



Obr. 1: Profil podloží s vrtanou pilotou

Založení objektu se opět dělí na založení pod administrativní částí budovy a založení pod částí výrobní haly. Pod sloupy administrativní části objektu jsou předpokládány základové patky z železobetonu. Detailní návrh patky však není obsahem této diplomové práce. Jako základy pod sloupy výrobní haly jsou navrženy vrtané piloty GEO5.

V základové spáře patek pod sloupy administrativní části objektu se předpokládá výskyt měkkých jílů nebo středně ulehlých štěrků. V základové spáře pilot pod sloupy výrobní haly se předpokládá výskyt pevných vápnitých jílů. Pokud se v základové spáře budou vyskytovat zeminy horších parametrů, bude nutné tuto skutečnost konzultovat s projektantem – statikem a dohodnout opatření, která umožní stavbu bezpečně založit. Mezi ty patří například vybrání neúnosné části podloží, zhutnění štěrkového polštáře, popřípadě provedení podbetonování až na úroveň základové spáry.

Ustálená hladina podzemní vody je určena v hloubce 5,5 m až 6,5 m. V těsné blízkosti předpokládaného umístění objektu se nevyskytují žádné vodní plochy, cca 500 m jižně protéká řeka Moravská Sázava. Podle platného územního plánu se lokalita nenachází v záplavovém území a pozemkem neprochází ochranné pásmo vodního zdroje.

Podle Mapy ložiskové ochrany – Olomoucký kraj se stavba nenachází v chráněném ložiskovém území. Z mapy radonového indexu podloží je stanoveno přechodné, nízké až střední, radonové riziko.

2.3 Popis a geometrie vybraných konstrukční prvků

Předběžné dimenze jednotlivých prvků jsou získány z empirických vztahů. Dimenze vodorovných prvků závisí na překonávaném rozpětí prvku. Svislé prvky jsou předběžně dimenzovány v závislosti na uvažované maximální působící normálové síle a momentu.

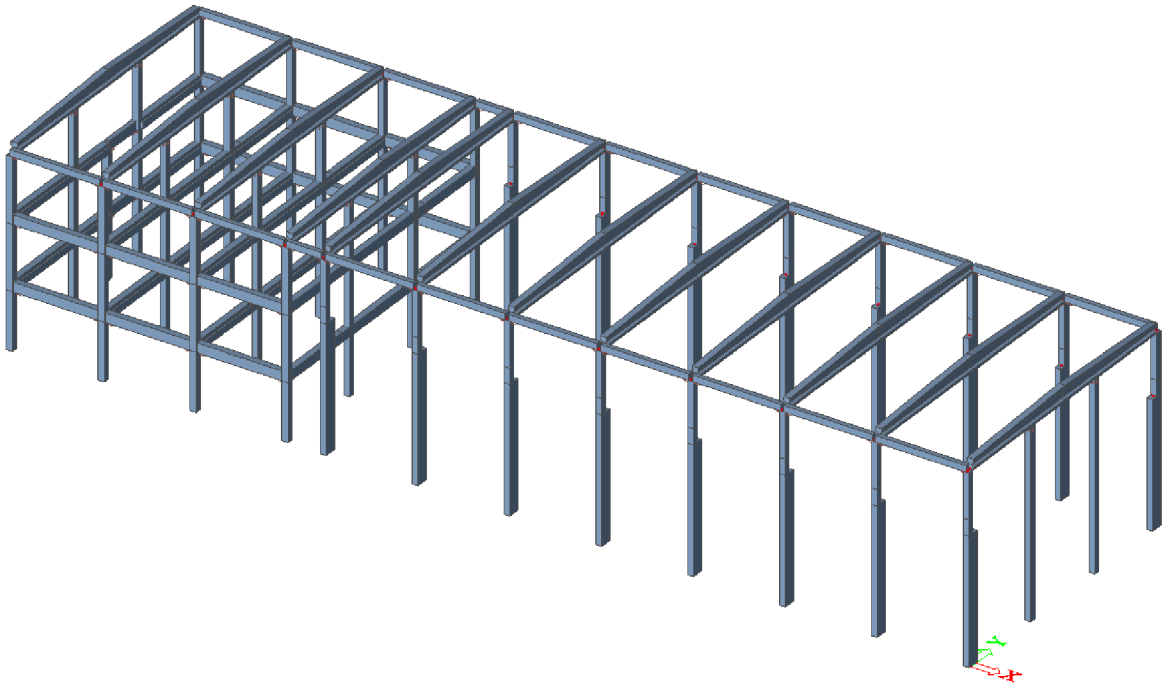
Vazník je uvažován jako sedlový předpjatý prostý nosníky tvaru I s výškou 1000 mm uprostřed rozpětí prvku a 600 mm na kraji prvku. Šířky pásnice jsou 400 mm, tloušťka spodní pásnice je 150 mm a tloušťka hodní pásnice je 200 mm. Stojina vazníku je navržena na šířku 150 mm a tloušťka přechodu mezi stojnou a pásnicí je navržena 100 mm. Délka vazníku je 18,2m. Uložení vazníku na sloup je navrženo na délku 300 mm.

Sloup je proměnného průřezu. V horní části v oblasti podpory je sloup čtvercového průřezu o rozměrech 400 x 400 mm. V dolní části sloupu je průřez navržen jako obdélník o rozměrech 800 x 400 mm, přičemž vnější hrana lícuje s horní částí průřezu. Celková výška sloupu je 11,85 m. Dolní průřez sahá do výšky 8 m a je zakončen krátkou konzolou pro upevnění nosníku jeřábové dráhy. Průřez sloupu v místě krátké konzoly má rozměry 1450 x 400 mm. Horní část sloupu je opět zakončena krátkou konzolou usnadňující připevnění vazníku a podélného ztužidla. Sloup má v tomto místě průřez o rozměrech 600 x 400 mm.

Gerberův nosník je navržen jako spojitý nosník s vnitřními klouby v místech předpokládaných nulových ohybových momentů. Průřez nosníku tvaru obráceného T má šířku spodní příruby 600 mm a horní pásnice 400 mm. Přechod mezi šířkami průřezu nosníku je proveden 400 mm od spodní hrany nosníku a je jím vytvořeno uložení pro předpjatý stropní panel

SPIROLL. Celková výška nosníku je 600 mm. Nosník je 18,8 m dlouhý a je rozdělen na tři části. Okrajové části nosníku jsou dlouhé 5,3 m, prostřední část je dlouhá 8,2 m. Spojení těchto částí nosníku je provedeno ozubem délky 100 mm.

Pilota je navržena jako vrtaná odstupňovaná pilota o délce 6,0 m. Horní průměr piloty je 1820 mm a zasahuje až do hloubky 2,5 m. Tento průměr je navržen s ohledem na konstrukční zásady pro vytvoření kalichu sloupu. Dolní průměr piloty je 1420 mm a je navržen s ohledem na únosnost piloty.



Obr. 2: Axonometrický pohled na model navrhovaného objektu

3 Použité materiály a jejich parametry

Navrhované prvky se nachází především v prostorách výrobní haly a kanceláří řešeného objektu. Jelikož se jedná se o uzavřený, dobře odvětrávaný objekt, ve kterém je předpokládá provedení nuceného odvětrávání a není nutné předpokládat zvýšenou vlhkost při výrobě, stupeň vlivu prostředí z hlediska karbonatace je určen jako XC1 – suché prostředí.

Vzhledem ke stanovenému stupni vlivu prostředí je pro návrh vybraných konstrukčních prvků vazníku, sloupu a Gerberova nosníku zvolen beton třídy C35/45. Pro vyztužení vazníku je zvolena předpínací výztuž – lana S1770 S7 – 15,3 mm a betonářská výztuž B550B. Pro vyztužení ostatních navrhovaných prvků je zvolena betonářská výztuž B500B různých průměrů a délek dle návrhu. Mechanické vlastnosti jednotlivých materiálů jsou uvedeny v následujícím výčtu.

3.1 Beton

Třída betonu C 35/45

Pevnost v tlaku

$f_{ck} = 35\ MPa$ $f_{cm} = 43\ MPa$

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1{,}5} = 23{,}33\ MPa$

$f_{ck,cube} = 45\ MPa$

Pevnost v tahu

$f_{ctm} = 3{,}2\ MPa$ $f_{ctm,0{,}95} = 4{,}2\ MPa$

$f_{ctk,0{,}05} = 2{,}2\ MPa$

Modul pružnosti

$E_{cm} = 34\ GPa$

Přetvoření betonu

$\varepsilon_{c3} = 1{,}75\ ‰$

$\varepsilon_{cu3} = 3{,}50\ ‰$

3.2 Betonářská výztuž

Třída oceli B500B

Pevnost v tahu

$f_{yk} = 500\ MPa$ $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1{,}15} = 434{,}78\ MPa$

Modul pružnosti

$E_s = 200\ GPa$

Mezní přetvoření

$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434{,}78 .10^3}{200} = 2{,}17\ ‰$

Třída oceli B550B

Pevnost v tahu

$$f_{yk} = 550\ MPa \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1{,}15} = 478{,}26\ MPa$$

Modul pružnosti

$$E_s = 200\ GPa$$

Mezní přetvoření

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{478{,}26 \cdot 10^3}{200} = 2{,}39\ ‰$$

3.3 Předpínací výztuž

Předpínací lana S1770 S7 – 15,3 mm

Pevnost v tahu

$$f_{pk} = 1770\ MPa \qquad f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s} = \frac{1770}{1{,}15} = 1539{,}13\ MPa$$

Maximální síla při předpínání

$$\sigma_{p,max} = min\{k_1 * f_{pk};\ k_2 * f_{p0,1k}\} = min\ \{0{,}8 * 1770;\ 0{,}9 * 1539{,}13\} = 1385{,}2\ MPa$$

$$k_1 = 0{,}8$$

$$k_2 = 0{,}9$$

$$f_{p0,1k} = f_{pd}$$

Počáteční předpínací síla v okamžiku t = t_0

$$P_{m,0,1} = A_{p,1} * \sigma_{pm0} = 0{,}00014 * 1308{,}26 = 0{,}1832\ MN = 183{,}2\ kN$$

$A_{p,1}$ plocha jednoho lana – $140\ mm^2$

σ_{pm0} napětí v době zavedení předpětí do betonu u předem předpjatých prvků

$$\sigma_{pm0} = \sigma_{p,max} = 1385{,}2\ MPa < \sigma_{pm0,\max} = 1308{,}26\ MPa$$

$\sigma_{pm0,max}$ maximální napětí v době zavedení předpětí do betonu

$$\sigma_{pm0,max} = min\{k_7 * f_{pk};\ k_8 * f_{p0,1k}\} =$$

$$= min\ \{0{,}75 * 1770;\ 0{,}85 * 1539{,}13\} = 1308{,}26\ MPa$$

4 Zatížení a kombinace zatížení

Na konstrukci je uvažováno zatížení trojího typu, a to zatížení stále, proměnné a mimořádné.

Stálé zatížení tvoří vlastní tíha prefabrikovaných konstrukcí a ostatní stálá zatížení, mezi která patří vlastní tíha střešního pláště, podhledů, podlah, příček, panelů SPIROLL, obvodového pláště a nosníků jeřábové dráhy. V modelu konstrukce je provedeno zjednodušení v podobě zahrnutí vlastní tíhy podlah, příček a panelů SPIROLL do jednoho zatěžovacího stavu.

Mezi zatížení proměnná jsou zařazena jak zatížení užitná, tak klimatická. Hodnoty užitných zatížení jsou stanoveny dle kategorií zatížených ploch. Kanceláře a zasedací místnosti, tedy plochy v administrativní části objektu se řadí do kategorie B – kancelářské plochy. Zjednodušením je zařazení užitného zatížení na chodbách a v prostorách schodiště rovněž do skupiny B. Střecha je nepochůzí, a řadí se tak do kategorie H – střechy nepochůzí s výjimkou běžné údržby, oprav, nátěrů a menších oprav.

Zatížení jeřábovou drahou se dle druhu jeřábu řadí do kategorie únavových účinků S_5 – jeřáb určený pro velké zatížení s nepravidelným provozem, a je rozděleno na zatížení od vlastní tíhy mostu jeřábové dráhy, zatížení od kladkostroje, zatížení zrychlením a příčením mostu jeřábu, zatížení zrychlením kočky jeřábu. Dále je do zatížení jeřábovou drahou zahrnuto mimořádné zatížení způsobené nárazem mostu jeřábu do krajních nárazníků jeřábové dráhy.

Mezi klimatická zatížení jsou zařazena zatížení sněhem a větrem. Klimatické zatížení odpovídají uvažovanému umístění objektu a jsou dále popsána ve statickém výpočtu v podkapitole 1.1.1 Zatížení sněhem a 1.1.2 Zatížení větrem.

V modelu zatížení jsou mimo výše uvedené uvažována některá další zjednodušení. Nepředpokládá se zatížení vlivem provozní teploty, jelikož rozdíly teplot mezi podlažími jsou zanedbatelné. Dále do modelu není zahrnut vliv poklesu podpor, jelikož je konstrukce montovaná a pokles podpor by tedy neměl vliv na vnitřní síly v posuzovaných prvních. Vliv dotvarování je zahrnut pouze v návrhu předpjatého vazníku, a to k zjištění dlouhodobých ztrát předpětím.

Celkem je vytvořeno 69 zatěžovacích stavů, které jsou blíže popsány a znázorněny v příloze P3.1 Výstup z programu SCIA Engineer 16.0.

Kombinace zatížení jsou vytvořeny v rámci softwaru SCIA Egineer 16.0 dle platných EC. Dílčí součinitele spolehlivosti pro mezní stav únosnosti γ, redukční součinitel ξ a kombinační součinitele pro pozemní stavby ψ jsou softwarem přiřazeny automaticky dle doporučených hodnot ČSN EN. Při vytváření zatěžovacích obálek je zapotřebí do softwaru zadat skupiny zatížení,

které jsou vypsány v tabulce č. 2. Program pak generuje obálky zatížení s ohledem na dosažení maximálních hodnot vnitřních sil.

Skupina	Obsah	Druh zatížení
SZ1	Vlastní tíha konstrukcí a ostatní stálé zatížení	Stálé
SZ2	Sníh so 1000 m n. m.	Klimatické
SZ3	Vítr	Klimatické
SZ4	Zatížení jeřábovou drahou_A	Užitné
SZ5	Zatížení jeřábovou drahou_B	Mimořádné
SZ6	Administrativní a kancelářské plochy 2.NP	Užitné
SZ7	Administrativní a kancelářské plochy 3.NP	Užitné
SZ8	Nepochůzí střechy	Užitné

Tab.2: Rozdělení zatížení sněhem na střeše dle zatěžovacích šířek

5 Návrh a posouzení prvků

Návrh a posouzení projektovaných konstrukcí je proveden dle mezního stavu únosnosti. To znamená, že tyto konstrukce jsou navrženy tak, aby po celou dobu svojí životnosti plnily podmínky spolehlivosti, tedy aby odolaly vnějším vlivům a zatížením, jež na ně působí.

Na základě předpokládaných maximálních průměrů výztuže, třídy konstrukce S3 snížené o jednu třídu při použití betonu pevnostní třídy C30/37, a stupně vlivu prostředí je navrženo krytí výztuže pro předpjatý vazník a Gerberův nosník c_{nom} = 30 mm pro betonářskou výztuž a c_{nom} = 50 mm pro výztuž předpínací. Krytí je uvažováno pro sloup c_{nom} = 35 mm a pro pilotu c_{nom} = 70 mm.

5.1 Vazník

Vazník je navržen jako prostý nosník o efektivním rozpětí 17,9 m. Tento prvek je z předpjatého betonu s kabely Y1770S7. V kabelech je uvažováno maximální předpínací napětí ve výrobě 1380 MPa. Vazník je tedy namodelován v programu SCIA Engineer 16.0 jako prutový prvek na systémové ose J. Předpětí je v programu vymodelováno s využitím funkcionality předpětí a TDA fáze výstavby. Pomocí funkcionality předpětí jsou zadány hodnoty pro výpočet předpětí bez dlouhodobých ztrát. Funkcionalita TDA fáze výstavby umožňuje výpočet dlouhodobých ztrát od smršťování a dotvarování vlivem stálého nebo dlouhodobého zatížení. Z programu jsou pak získány vnitřní síly a napětí v určitých fázích prvku, které jsou dále použity při posouzení vazníku.

Je navrženo 6 ϕ Y1770S7 – 15,3 mm. Návrh předpětí je posouzen ověřením mezního stavu omezení napětí a mezního stavu dekomprese. Dále je prvek posouzen na mezní stav únosnosti, respektive na mezní stav porušení ohybovým momentem a posouvající silou. Pro posouzení porušení ohybovým momentem je zvolena metoda mezního přetvoření. Ve výpočtu jsou uvažovány výztuže 4 ϕ 10mm v dolní části průřezu, 2 ϕ 20mm a 2 ϕ 10mm v horní části průřezu. Pro posouzení porušení posouvající silou je zvolena metoda příhradové analogie pro smyk. Pomocí této metody jsou navrženy dvoustřižné třmínky ϕ 8mm. Závěrem jsou posouzeny detaily uložení a vrcholu vazníku SaT modelem a je navrženo přídavné vyztužení těchto částí prvku.

5.2 Sloup

Je navržen v patě vetknutý sloup, jehož efektivní výška je dvojnásobkem výšky sloupu. V programu SCIA Engineer 16.0 je sloup namodelován jako prutový prvek na průniku systémových os J a 1. Výpočtem v programu jsou pak získány vnitřní síly ve vybraných průřezech sloupu. Těmito průřezy jsou pata sloupu, oblast uložení jeřábové dráhy a hlava sloupu. Dále jsou z kombinací vnitřních sil vybrány ty nejnepříznivější, mezi které patří maximální a minimální normálová síla,

ohybový moment a posouvající síla s odpovídajícími vnitřními silami. Vnitřní síly musí být dle teorie I. řádu zvětšeny o účinky imperfekcí. Rovněž je nutné je zvětšit o účinky II. řádu, jelikož prvek nevyhoví posouzení na vzpěr.

Sloup je posouzen na mezní stav porušení normálovou silou a ohybovým momentem pomocí metody mezního přetvoření s využitím interakčního diagramu. Není však použita metoda zvolení výšky tlačené oblasti x podle významných bodů interakčního diagramu. Výšky interakčního diagramu jsou voleny tak, aby byly normálové síly na straně únosnosti odstupňovány po 500 kN počínaje 0 kN pro spodní část sloupu a po 150 kN počínaje 0 kN pro horní část sloupu. Dle výsledků interakčního diagramu je ve spodní části sloupu navrženo 6 ϕ 25 mm u každého povrchu sloupu. V horní části sloupu je navrženo 6 ϕ 25 mm jen pro povrchy kolmé k rovinně rámu. Sloup je rovněž posouzen na smyk a jsou navrženy třmínky ϕ 8mm. Pomocí modelu příhradové analogie jsou posouzeny obě krátké konzoly sloupu a je v nich navržena potřebná výztuž.

5.3 Gerberův nosník

Nosník je navržen jako Gerberův nosník využívající vložených vnitřních kloubů v krajních polích nosníku. Tyto klouby jsou vloženy 900 mm od vnitřních podpor. Model nosníku v programu SCIA Engineer 16.0 leží na systémové ose C v 1.NP. Vnitřní síly jsou opět vypočteny tímto programem.

Posudek pro namáhání ohybovým momentem je proveden metodou mezní rovnováhy. V krajním poli u dolního líce průřezu jsou navrženy 4 ϕ 20 mm. Ve středním poli Gerberova nosníku jsou nad podporou navrženy 4 ϕ 22 mm u horního líce průřezu a 4 ϕ 14 mm u dolního líce podpory. Posudek na namáhání smykovou silou je proveden zjednodušenou metodou příhradové analogie pro výpočet smyku. Pro omezení působení posouvající síly jsou navrženy dvoustřižné třmínky ϕ 8 mm. Detail vnitřního kloubu nosníku je posouzen metodou SaT a je nutné jej vyztužit potřebnou přídavnou výztuží.

5.4 Pilota

Jedná se o vrtanou odstupňovanou pilotu s kalichem v hlavě piloty připraveném na osazení sloupu. Pilota má průměr 1820 mm ve své horní části, která zasahuje až do hloubky 2,5 m pod úroveň hlavy piloty. Ve spodní části má pilota průměr 1420 mm a pata piloty se nachází v hloubce 6 m. V modelu konstrukce se posuzovaná pilota nachází pod sloupem na průniku systémových os J a 1. Zatížení na pilotu je bráno jako reakce sloupu nad pilotou. Výpočet vnitřních sil piloty je proveden programem GEO5. Pilota je posouzena na svislou únosnost, vodorovnou únosnost a sedání. V pilotě je navrženo 14 ϕ 20 mm rovnoměrně, jež jsou rovnoměrně rozděleny

po obvodě piloty. V místě spoje piloty se sloupem je navržen kalich vyztužený výztuží proti odtržení a rozštěpení kalichu piloty.

5.5 Spoje

Mezi vybranými posuzovanými prvky jsou navrženy spoje z trnů z žebírkové oceli. Spoje jsou vždy navrženy na maximální vodorovnou sílu působící na styk prvků. Pro vytvoření kloubového spoje je každému trnu přiřazeno elastomerové ložisko.

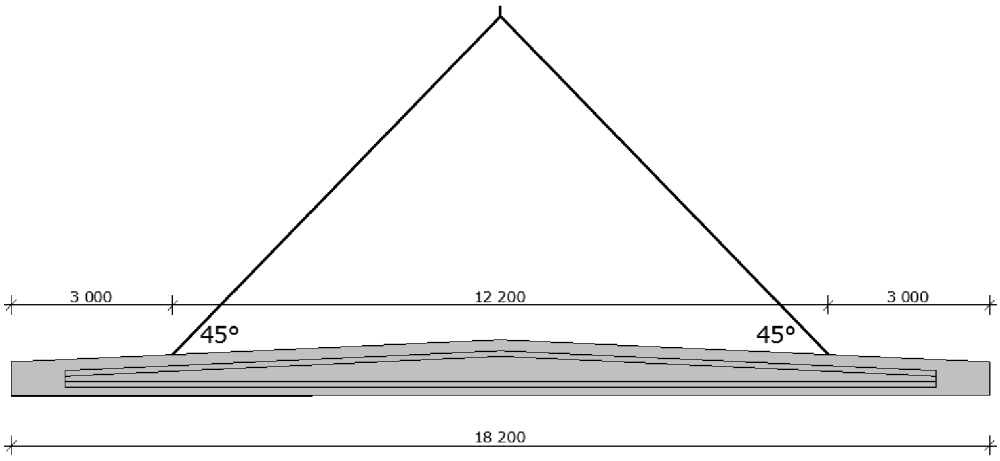
6 Manipulace, přeprava a montáž

Pro manipulaci s prvky při výrobě a osazovaní do konstrukce jsou navrženy montážní úchyty s kulovou hlavou firmy HALFEN. Návrh a posouzení vychází z velikosti a úhlu síly působící na úchyt. Při osazování úchytů do prvku musí být navrženo přídavné vyztužení v oblasti předepsané výrobcem. Při osazování prvků do konstrukce musí být dodrženy pokyny výrobce a na staveništi se musí nacházet katalog firmy HALFEN s bezpečnostními pokyny pro manipulaci s prvky. Je důležité striktně dodržovat sklon všech úvazů, na který jsou navrženy manipulační úchyty.

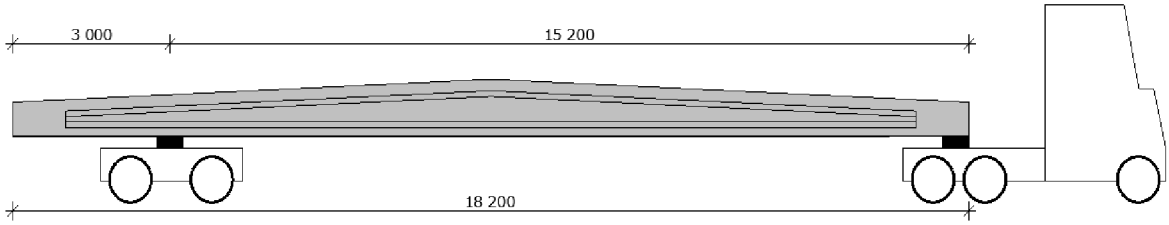
Všechny prvky jsou posouzeny na ohyb ve výrobním, skladovacím, přepravním i montážním stádiu. U výrobního stádia při vytahování prvku z formy nebo bednění je uvažováno s pevností betonu v 7 den po vybetonování prvku. K další manipulaci se využívají shodné úchyty s těmi, které jsou použity pro vytažení prvku z formy. Při skladování výrobku na skládce nebo na staveništi je nutné podkládat prvek prokladkami, a to přímo v místě pod manipulačními úchyty tak, aby bylo dodrženo statické schéma konstrukce a aby prvky neležely přímo na sobě. V přepravním stádiu prvku je nutné dodržet stejné statické schéma jako při stádiu výrobním a skladovacím, pokud však prvek není přímo navrženo jiné statické schéma při přepravě.

Při výrobě a manipulaci se sloupem je nutné dodržet některá další opatření. Výroba sloupu musí být provedena na překlápěcím stole. Pro osazení sloupu do kalichu piloty je navržena bezešvá ocelová trubka o ϕ 80 mm sloužící k postavení sloupu do vertikální polohy a k osazení sloupu. Sloup je tedy osazován do konstrukce ve vertikální poloze, a k tomu je nutno použít jediného úvazu připevněného k bezešvé trubce.

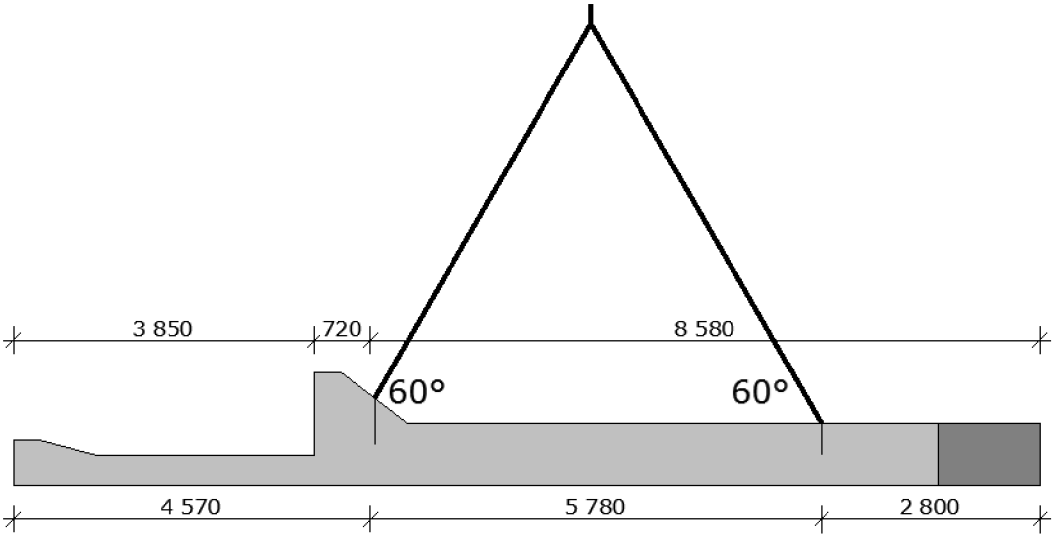
Příklady sklonů manipulačních úvazů, rozmístění manipulačních úchytů a rozmístění podpor pro přepravu jsou uvedeny na následujících obrázcích.



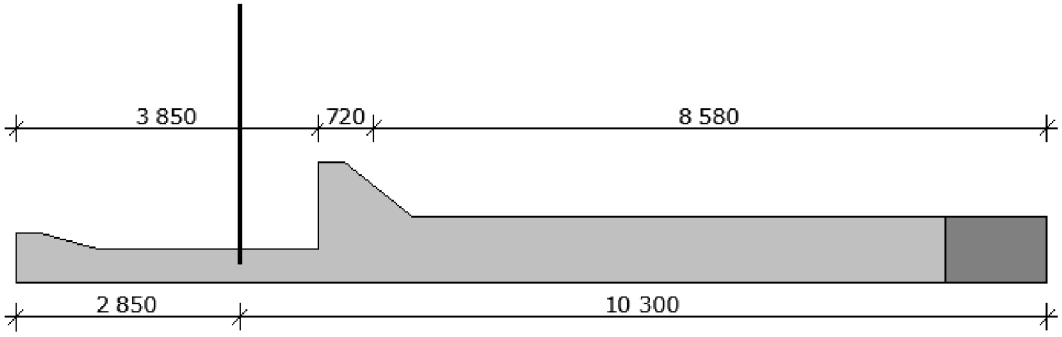
Obr. 3: Rozmístění manipulačních úchytů na vazníku



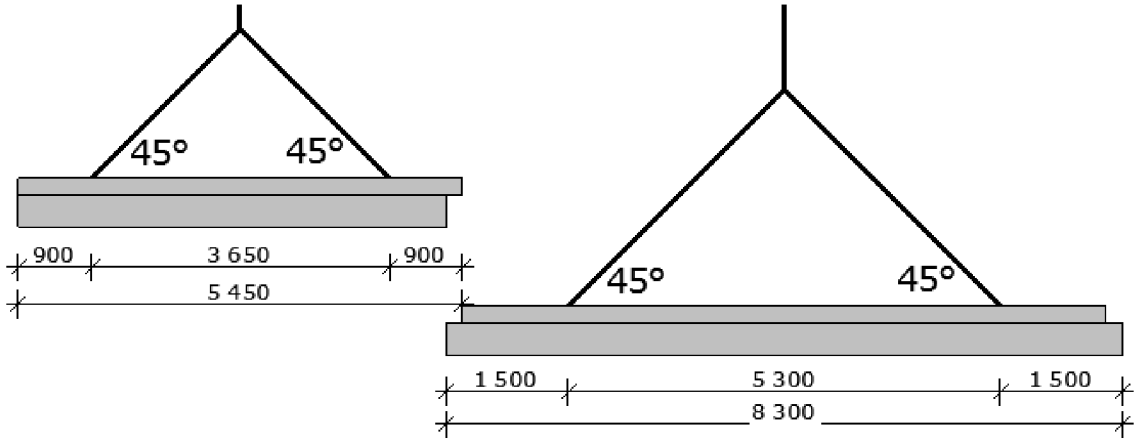
Obr. 4: Rozmístění podpor pro přepravu vazníku



Obr. 5: Rozmístění úchytů pro manipulaci se sloupem ve vertikální poloze



Obr. 6: Rozmístění úchytů pro stavění sloupu



Obr. 7: Rozmístění úchytů pro Gerberův nosník

7 Závěr

V této diplomové práci byly v rámci statického výpočtu navrženy a posouzeny vybrané prvky nosné konstrukce železobetonové montované výrobní haly s administrativou. Při návrhu prvků byl použit celistvý pohled na jejich skutečnou funkci a osazení v konstrukci, čemuž odpovídá 3D model konstrukce vymodelovaný ve výpočetním programu SCIA Engineer 16.0. Ke statickému výpočtu byla vypracována výkresová dokumentace zaručující správnou výrobu prvků v betonárně i jejich následné osazení do konstrukce.

Konkrétně byl navržen předpjatý střešní vazník tvořící hlavní nosnou konstrukci střechy nad výrobní halou. Navržení vazníku sedlového tvaru s předpětím se při posouzení prvku ukázalo být velmi výhodným řešením. Díky tomuto návrhu byl efektivně využit beton v průřezech po celé délce vazníku, čímž se významně snížil stupeň dovyztužení betonářskou ocelí.

Dále byl navržen a posouzen nosný sloup proměnného průřezu nesoucí mostový jeřáb. Návrh tohoto sloupu není zcela bez chyby, jelikož lze soudit, že proveditelnost sloupu, a zejména jeho vyztužení, nebude příliš dobrá. Pro lepší provázání výztuží především v oblasti konzoly pro umístění jeřábové dráhy by proto bylo lepší zvětšení rozměrů sloupu.

Návrh Gerberova nosníku se dle posouzení jeví jako vhodné řešení pro danou konstrukci.

Pilota pod sloupem byla navržena na maximální průměr pažení vrtací soupravy, a to z důvodu nutnosti dodržení konstrukčních zásad při návrhu kalichu sloupu. Toto řešení není zcela vhodné. Založení sloupu by proto bylo vhodnější řešit například s využitím tří mikropilot na jedné převázce s kalichem.

Obecně z posudku vyplývá, že navržená konstrukce výrobní haly s administrativou je proveditelná v praxi.

Seznam použitých zdrojů

Monografie

[1] FINK, M., ŘEZNÍČEK, L., FEM/MKP – Základy použití metody konečných prvků pro technické výpočty v programu Autodesk Inventor Professional, SPŠ Trutnov, 2006

[2] KADLČÁK, J., KYTÝR, J., Statika stavebních konstrukcí II, VUTIUM, 2009, ISBN 978-80-214-3428-8

[3] PILGR, M., Kovové konstrukce. Výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. 1. 1., Brno: CERM, 2012, ISBN 978-80-7204-807-6

[4] ZICH, M., a kol., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu, Dashofer Holding, Ltd. &Verlag Dashofer s.r.o., 2010, ISBN 978-80-86897-68-7

Normy, příručky a manuály

[5] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, Český národní institut, 2011

[6] ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí, Český národní institut, 2011

[7] ČSN EN 1991 – 3 Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení, Český národní institut, 2008

[8] ČSN EN 1992 – 1 – 1 Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český národní institut, 2011

[9] Manuál programu SCIA Engineer 2016.0, SCIA Group, 2016

Použité softwary

Fine GEO5 2015

Graphisoft ARCHICAD 2016

Misrosoft Word 2010

Misrosoft Excel 2010

SCIA Engineer 2016

Seznam použitých zkratek a symbolů

Písmena latinské abecedy

a_i	umístění teoretické podpory desky
A	plocha průřezu
A_{cc}	plocha tlačené části betonu
A_{st}	plocha betonářské výztuže
$A_{s,max}$	maximální hodnota plochy tažené betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální hodnota plochy tažené betonářské výztuže
$A_{s,prov}$	navržená plocha výztuže v extrémně namáhaném průřezu
$A_{s,req}$	staticky nutná plocha tažené betonářské výztuže
A_{st}	plocha tažené betonářské výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
b	šířka prvku, zatěžovací šířka
c	návrhová hodnota krycí vrstvy výztuže
c_{nom}	nominální hodnota krycí vrstvy výztuže
c_{min}	minimální hodnota krycí vrstvy výztuže
C_d	přípustné návrhové hodnoty účinků zatížení stanovených pro MSP
C_e	součinitel expozice
C_t	součinitel tepla
c_{st}	krycí vrstva třmínků
C_x	dílčí součinitel obousměrně vyztužené desky
d	účinná výška průřezu
d_g	rozměr největšího zrna kameniva
d_1	poloha těžiště betonářské výztuže od taženého okraje
E	účinky zatížení, modul pružnosti materiálu
E_d	návrhové hodnoty účinků zatížení
e_i	výstřednost
E_{cm}	střední modul pružnosti betonu
E_s	střední modul pružnosti betonářské výztuže
f_{bd}	návrhová hodnota mezního napětí
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku

f_{cm}	střední pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu
$f_{ctk,0,05}$	0,05 kvantil charakteristické pevnosti betonu v tahu
f_{ctm}	střední pevnost betonu v tahu
F_d	návrhové hodnoty zatížení
F_k	charakteristické hodnoty zatížení
F_{rep}	reprezentativní hodnoty zatížení
f_{yd}	návrhová pevnost betonářské výztuže v tahu
f_{yk}	mez kluzu betonářské výztuže
G	stálá zatížení
g_d	návrhové stálé zatížení plošné/liniové
g_k	charakteristické stálé zatížení plošné/liniové
h	výška prvku
h_c	výška sloupu
h_s	tloušťka stropní desky
I	moment setrvačnosti průřezu
k	součinitel vyjadřující vliv kroutících momentů
k_1	součinitel omezení napětí při charakteristické kombinaci zatížení
k_2	součinitel omezení napětí při kvazi-stálé kombinaci zatížení
k_3	součinitel omezení napětí ve výztuži při charakteristické kombinaci zatížení
l	rozpětí, zatěžovací šířka
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka výztuže
l_{eff}	účinné rozpětí
l_{nx}	světlé rozpětí jednotlivých polí desky ve směru osy x
l_{ny}	světlé rozpětí jednotlivých polí desky ve směru osy y
l_x	účinné rozpětí jednotlivých polí desky ve směru osy x
l_y	účinné rozpětí jednotlivých polí desky ve směru osy y
l_0	návrhová délka přesahu, vzpěrná délka prutu
$l_{0,min}$	minimální délka přesahu
M	ohybový moment
mD	dimenzační moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu

M_{Rd}	návrhová hodnota ohybového momentu na mezi únosnosti
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly
n_s	počet polí spojitého nosníku
p	plošné zatížení
p_x	složka plošného zatížení přenášeného ohybem ve směru osy x
p_{xy}	složka plošného zatížení přenášeného kroutícími momenty
p_y	složka plošného zatížení přenášeného ohybem ve směru osy y
Q	proměnná zatížení
q_d	návrhové proměnné zatížení plošné/liniové
q_k	charakteristické proměnné zatížení plošné/liniové
R	odolnost konstrukce, reakce v podpoře
R_d	přípustné návrhové hodnoty účinků zatížení stanovených pro MSÚ
s	charakteristické zatížení sněhem, osová vzdálenost výztuže v podélném směru
s_k	normové zatížení sněhem
s_{max}	maximální osová vzdálenost výztuže
s_{min}	minimální osová vzdálenost výztuže
s_t	osová vzdálenost výztuže v příčném směru
t	tloušťka podpory
V	posouvající síla
V_{Ed}	návrhová hodnota působící posouvající síly
v_k	počet vetknutí
$V_{Rd,c}$	návrhová únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže
$V_{Rd,c,min}$	minimální návrhová únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže
$V_{Rd,max}$	maximální návrhová únosnost ve smyku prvku se smykovou výztuží
$V_{Rd,s}$	návrhová únosnost ve smyku prvku se smykovou výztuží
w	průhyb
x	poloha neutrální osy, poloha největšího kladného momentu v poli
x, y, z	souřednice
z	rameno vnitřních sil

Písmena řecké abecedy

$\propto$	součinitel zatížení, deformační úhel, úhel, poměr
α_{ct}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tahu a nepříznivé účinky vyplívající ze způsobu zatížení

$\propto_{cw}$	součinitel, kterým se zohledňuje stav napětí v tlačeném pásu
α_1	součinitel vyjadřující vliv tvaru prutu
α_2	součinitel vyjadřující vliv minimální betonové krycí vrstvy
α_3	součinitel vyjadřující vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	součinitel vyjadřující vliv přivařených prutů
α_5	součinitel vyjadřující vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu
α_6	součinitel návrhové délky přesahu
β	deformační úhel
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_F	dílčí součinitel zatížení
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_M	dílčí součinitel materiálu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
γ_s	dílčí součinitel betonářské výztuže
Δc_{dev}	návrhový přídavek krytí
ε_{c3}	mezní poměrné přetvoření rovnoměrně tlačeného betonového průřezu
ε_{cu3}	mezní přetvoření betonu dle MSÚ
ε_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
ε_t	mezní přetvoření betonářské výztuže
ε_{yd}	přetvoření betonářské výztuže na mezi kluzu
η_1	součinitel závislý na kvalitě podmínek soudržnosti
η_2	součinitel závislý na průměru prutu
θ	roznášecí úhel zatížení betonu, sklon tlačené diagonály
κ_{c1}	součinitel závislí na tvaru průřezu sloupu
κ_{c2}	součinitel závislí na rozpětí
κ_{c3}	součinitel napětí tahové výztuže
λ	součinitel, ohybová štíhlost
λ_d	vymezující ohybová štíhlost
$\lambda_{d,tab}$	tabulková hodnota vymezující průhybové štíhlosti
λ_{lim}	maximální štíhlost
μ	součinitel tvaru střechy
ν	redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem
ξ	redukční součinitel
ρ_w	geometrický stupeň smykového vyztužení

$\rho_{w,min}$	minimální geometrický stupeň smykového vyztužení
ρ_1	geometrický stupeň vyztužení započitatelnou podélnou výztuží
σ_c	napětí betonu v tlaku
σ_s	napětí v prutu betonářské výztuže
σ_{sd}	návrhové napětí v prutu v místě, od kterého se měří kotevní délka
$\emptyset$	úhel mezi tečnou ohybové čáry spojitého nosníku a nosníku v místě podpory, průměr prutu betonářské výztuže
ψ	kombinační součinitel
ω	přetvoření, průhyb pro MSP
φ	úhel značící pootočení podporových průřezů od zatížení

Zkratky

EC	Eurokód
MSÚ	mezní stav únosnosti
NA	národní příloha
NP	nadzemní podlaží
TDA	metoda časové analýzy
TI	tepelná izolace
SaT	model příhradové analogie
SZ	skupina zatížení
ZS	zatěžovací stav
ŽB	železobeton
3D	prostorový

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulky

TAB.1: SKLADBA PODLOŽÍ

TAB.2: ROZDĚLENÍ ZATÍŽENÍ SNĚHEM NA STŘEŠE DLE ZATĚŽOVACÍCH ŠÍŘEK

Obrázky

OBR. 1: PROFIL PODLOŽÍ S VRTANOU PILOTOU

OBR. 2: AXONOMETRICKÝ POHLED NA MODEL NAVRHOVANÉHO OBJEKTU

OBR. 3: ROZMÍSTĚNÍ MANIPULAČNÍCH ÚCHYTŮ NA VAZNÍKU

OBR. 4: ROZMÍSTĚNÍ PODPOR PRO PŘEPRAVU VAZNÍKU

OBR. 5: ROZMÍSTĚNÍ ÚCHYTŮ PRO MANIPULACI SE SLOUPEM VE VERTIKÁLNÍ POLOZE

OBR. 6: ROZMÍSTĚNÍ ÚCHYTŮ PRO STAVĚNÍ SLOUPU

OBR. 7: ROZMÍSTĚNÍ ÚCHYTŮ PRO GERBERŮV NOSNÍK

Seznam příloh

Příloha P.1 – Podklady

Příloha P.2 – Výkresová dokumentace

Příloha P.3 – Statický výpočet

Příloha P.3.1 – Výstup z programu SCIA Engineer 16.0

Příloha P.3.2 – Výstup z programu GEO5