



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

**NÁVRH A POSOUZENÍ ŽELEZOBETONOVÝCH
STROPŮ**

DESIGN OF REINFORCED CONCRETE SLABS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Pavličko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2019



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	Jakub Pavličko
Název	Návrh a posouzení železobetonových stropů
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – půdorysy, řezy

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: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Proveďte návrh a posouzení vybraných nosných železobetonových konstrukcí. U stropu nad 1. nadzemním podlažím. Navrhněte dvě varianty-trámový strop a rovnou železobetonovou desku. U stropu nad 2. nadzemním podlažím navrhněte vylehčený předpjatý strop. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle aktuálních směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Technická zpráva, výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je navrhnout vybrané svislé a vodorovné konstrukce vícepodlažní kancelářské budovy.

Nosná konstrukce je tvořena obvodovým zděným systémem, dvojicí železobetonových sloupů a dvojicí průvlaků v 1.NP. V 2.NP je pouze nosné obvodové zdivo a vnější sloup. Pro bakalářskou práci byl vybrán návrh sloupu, průvlaku, schodiště, základové patky a železobetonové stropní desky v nejnižším patře. V 2.NP návrh předpjatého železobetonového trámového stropu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobetonová stropní deska, kancelářské prostory, průvlak, sloup, patka, trámový strop s předpínacími lany, předpjatí.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design selected vertical and horizontal structures of a multi-storey office building.

The skeleton frame consists of a perimeter masonry system, a pair of reinforced concrete columns and a pair of girders on the first floor. There is only supporting perimeter masonry and an outer column on the second floor.

The designs of a column, a girder, a staircase, a plinth and a reinforced concrete ceiling slab on the lowest floor were chosen for this thesis. On the second floor, it was the design of a prestressed reinforced concrete beam ceiling.

KEY WORDS

Reinforced Concrete Ceiling Slab, Office Spaces, Girder, Column, Plinth, Beamed Ceiling with Prestressing Ropes, Prestressing.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jakub Pavličko *Návrh a posouzení železobetonových stropů*. Brno, 2019. 34 s., 132 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh a posouzení železobetonových stropů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Jakub Pavličko
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh a posouzení železobetonových stropů* zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Jakub Pavličko
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Michalovi Požárovi, Ph.D., za odborné vedení, ochotu a pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Technická zpráva	10
2.1	Definice objektu	10
2.2	Architektonické řešení.....	10
2.3	Konstrukční řešení.....	10
2.3.1	Postup výstavby	11
2.3.2	Ošetřování betonu	11
2.3.3	Založení objektu.....	12
2.3.4	Základová patka	12
2.4	Svislé konstrukce.....	13
2.4.1	Sloup S1	13
2.5	Vodorovné konstrukce	14
2.5.1	Deska D1	14
2.5.2	Deska D2	15
2.5.3	Schodiště	16
2.5.4	Průvlak P1	17
2.5.5	Průvlak P2	18
2.5.6	Předpjatý trám T1.....	19
2.5.7	Předpjatý trám T2.....	19
2.5.8	Technické údaje předpínací výztuže	20
2.5.9	Časový harmonogram (předpínání).....	20
2.6	Materiálové charakteristiky	21
2.7	Statické řešení.....	22
2.7.1	Vnitřní sloup	22
2.7.2	Vodorovné konstrukce	23
2.7.3	Schodišťová deska	24
2.8	Zatížení	24
2.8.1	Kombinace zatížení.....	25
3	Návrh a posouzení konstrukcí na MSÚ a MSP.....	25
3.1	Návrh a posouzení	25
3.2	MSP Průhyb	25

4	Výkresová dokumentace	26
4.1	Výkresová dokumentace	26
5	Závěr	27
6	Seznam použitých zdrojů	28
6.1	Zákony a normy.....	28
6.2	Internetové zdroje.....	28
6.3	Použitý software	29
7	Seznam zkratk	29
8	Seznam obrázků	32
9	Seznam příloh.....	33

1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je výběr a návrh nejvhodnějších způsobů řešení svislých a vodorovných nosných konstrukcí pro budovu kancelářských prostor. Navrhovanou a posuzovanou konstrukci bude železobetonová monolitická deska v prvním patře a železobetonový trámový strop s využitím předpínacích lan z důvodu velkého rozpětí v patře druhém. Dále byl pro návrh a posudek vybrán vnitřní sloup, základová patka, monolitické schodiště a průvlaky v prvním patře.

Podkladem pro návrh a výpočet bylo půdorysné schéma, základní informace o počtu podlaží, informace o konstrukční výšce jednotlivých podlaží, působící zatížení a geologické poměry v dané navržené oblasti.

V praktické části budou konkrétně popsány statické výpočty jednotlivých prvků a k nim přiložená příslušná výkresová dokumentace.

Primárním cílem práce je tedy návrh a posouzení vybraných částí konstrukce.

2 Technická zpráva

2.1 Definice objektu

Řešená budova je dvoupodlažní nepodsklepený prostor využíván pro kancelářské účely v katastru obce Blansko. V obou podlažích jsou navrženy kancelářské prostory, s možností dodatečného využití 1.NP pro obchodní účely. K budově jsou vytvořeny parkovací místa přilehlé k západní straně budovy. Budova je v obdélníkovém půdorysném tvaru s rozměry 11,00x13,50 m a výškou 6,5 m.

2.2 Architektonické řešení

Objekt je vhodně situován vzhledem ke světovým stranám s co nejlepším využitím denního světla. Obvodová konstrukce je zděná z tvarovek POROTHERM P+D 450 mm s použitím zateplovacího systému IZO4 tloušťky 50mm. Dispoziční řešení je zvoleno s ohledem na nosný systém, který se skládá z nosného obvodového zdiva a nosných sloupů v 1.NP. Na sloupech je uložený průvlak s železobetonovou monolitickou betonovou deskou. 2.NP je řešeno obvodovými zdmi a železobetonovým trámovým stropem s využitím předpínacích lan.

Součástí konstrukce je i monolitické schodiště. Jednotlivé prostory lze dispozičně upravit dle požadavků majitele dodatečnou konstrukcí příček.

2.3 Konstrukční řešení

Pro obvodové zdivo byl použitý zděný systém POROTHERM P+D 450. Konstrukce sloupů, patky, průvlaků a železobetonové stropní desky v 1.NP je monolitická konstrukce z betonu C25/30. Stropní konstrukce v 2.NP je dodatečně předpjatý trámový strop s předpínacími lany umístěnými v jednotlivých trámech. V 2.NP je použitý beton větší pevnosti C35/45 z důvodu předpjetí. Beton je vyztužen betonářskou výztuží B500B. Schodiště je navrženo jako monolitická deska z betonu C25/30.

2.3.1 Postup výstavby

1. Základové konstrukce – výkop pásů, patek – uložení výztuže + betonáž
2. Zhutnění podkladu pod základovou desku, vyztužení + betonáž
3. Zdivo nosných stěn 1.NP
4. Výztuž ŽB sloupů, bednění sloupů, betonáž. Odbednění sloupů po 28 dnech.
5. Bednění průvlaků, věnce, křížem vyztužené desky
6. Osazení výztuže průvlaků, věnce, desky + betonáž
7. Bednění schodišťové desky, osazení výztuže + betonáž
8. Odbednění konstrukce po 28 dnech
9. Zdivo nosných stěn 2.NP
10. Bednění trámového stropu, osazení výztuže + betonáž
11. Předepnutí konstrukce
12. Odbednění konstrukce po 28 dnech
13. Konstrukce střechy
14. Dokončující práce na stavbě

2.3.2 Ošetřování betonu

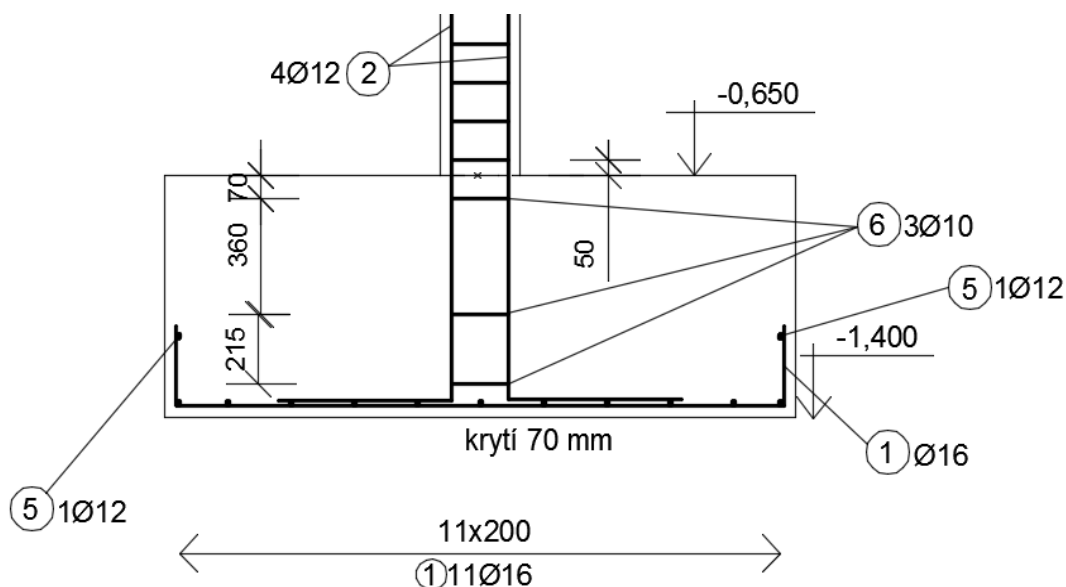
Nutnost zabránit vzniku trhlin smršťováním. Po ukončení zhutňování a konečné úpravě povrchu betonu okamžité ošetřování. Výstavba předpokládána v období jar – léto. Ošetřování závislé na vnější teplotě. Proti vysychání konstrukce beton chránit namočením. Minimální doba ošetřování betonové konstrukce navržená 3 dny. V případě betonáže v letních měsících plánovat betonáž v brzkých nebo večerních hodinách. V extrémních případech ochlazovat betonovou směs ledem.

2.3.3 Založení objektu

Konstrukce bude založena na železobetonových základových pásech a základové patce v místě nosných sloupů. Vnitřní sloup bude založen na železobetonové základové patce s rozměry 2x2x0,75 m. Základové poměry a základové konstrukce dále podrobněji v projektu řešeny nebudou.

2.3.4 Základová patka

Základová patka je navržena pod vnitřním sloupem S1 s rozměry 2x2 m a navrženou výškou 0,75 m. Patka založena na neupraveném terénu bez podkladního betonu. Vyztužení patky navrženo v obou směrech $\varnothing 16$ á 200 mm. Propojení výztuže sloupu S1 a patky zabezpečeno výztuží $4\varnothing 12$. Krytí výztuže patky navrženo 70 mm. Napětí v základové půdě uvažováno 300 kPa.



Obr. 1 Řez patkou (zdroj: vlastní zpracování)

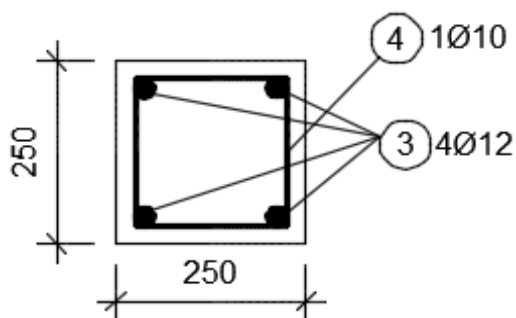
2.4 Svislé konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny nosným obvodovým zdivem a dvojicí železobetonových monolitických sloupů v 1.NP. Sloupy mají čtvercový půdorysný tvar s rozměry 0,5 x 0,5 m – S2 a 0,25 x 0,25 m – S1 (proveden návrh a posouzení). Jednotlivé sloupy jsou mezi sebou vzdálené osově 6,25 m.

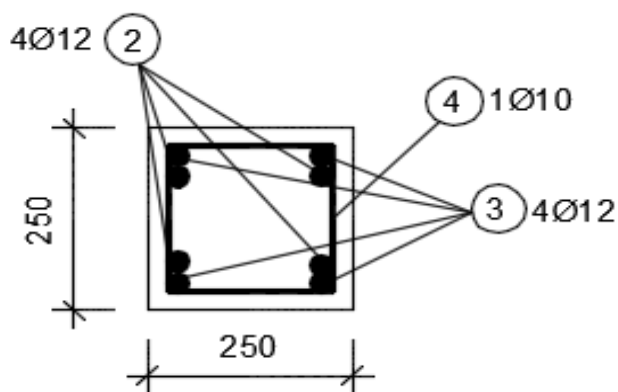
Obvodové nosné zdivo je vyžděno z tvarovek POROTHERM P+D 450, s použitím malty MVC. Tahle nosná obvodová konstrukce dále podrobněji v projektu řešena nebude.

2.4.1 Sloup S1

Sloup je vyztužen hlavní nosnou výztuží 4Ø12 v rozích, doplněný o smykovou výztuž (dvoustřížné třmínky) Ø10 á 240 mm. V místě napojení sloupu na průvlak navrženo zhuštění třmínku na á 120 mm. Propojení výztuže sloupu a základové patky zabezpečeno výztuží 4Ø12. Minimální krytí výztuže je navrženo 25 mm.



Obr. 2 Řez sloupem S1 (zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 3 Propojení výztuže sloupu S1 a patky (zdroj: vlastní zpracování)

2.5 Vodorovné konstrukce

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny železobetonovými monolitickými deskami. V 1.NP je stropní deska podepřená obvodovým zdívem a průvlakem, který je uložen na sloupech bez hlavic. Stropní konstrukce v 2.NP je řešená jako železobetonový trámový strop s využitím předpínacích lan.

Nosnou konstrukci střechy je stejná konstrukce jako pro stropní konstrukci 2.NP.

2.5.1 Deska D1

Stropní konstrukce v 1.NP je navržena jako křížem vyztužená deska a má tloušťku 220 mm. Navrženo vyztužení u spodního a horního okraje.

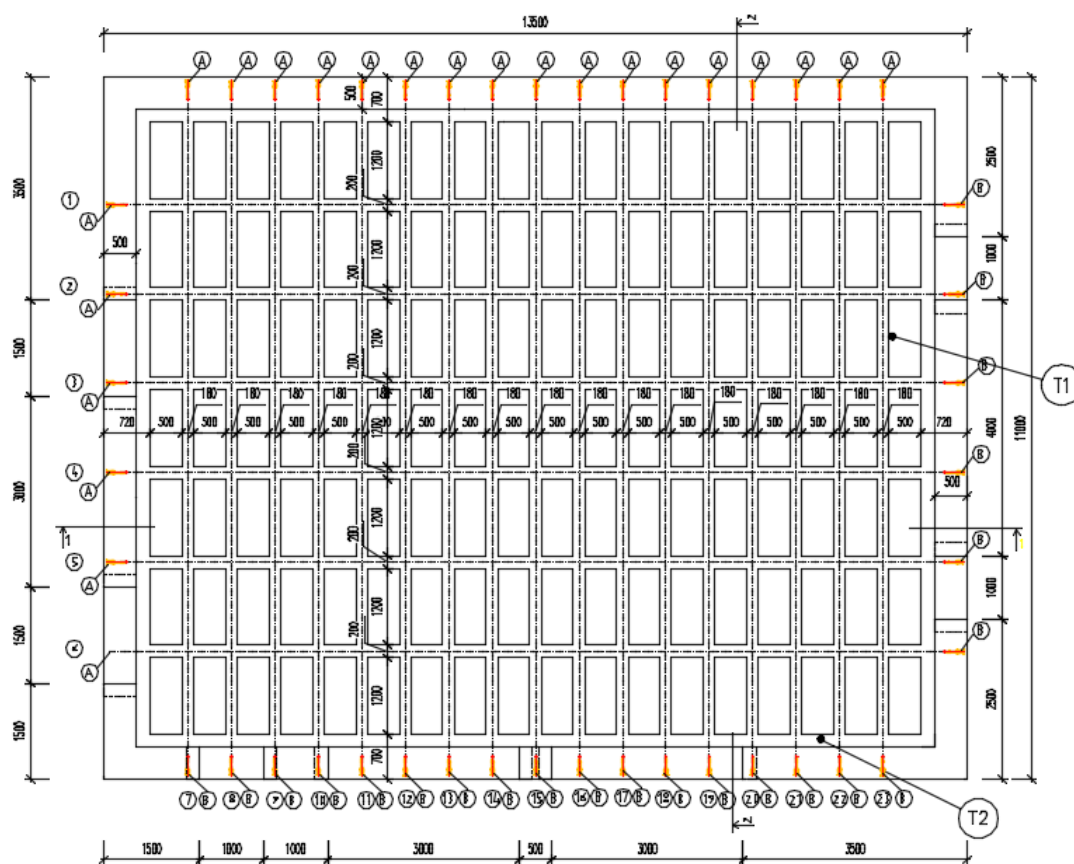
Výztuž je navržena $\varnothing 10$ po 150 mm v obou směrech – hlavní výztuž desky.

Horní výztuž navržena v místech okrajů stropní desky a v místě průvlaku.

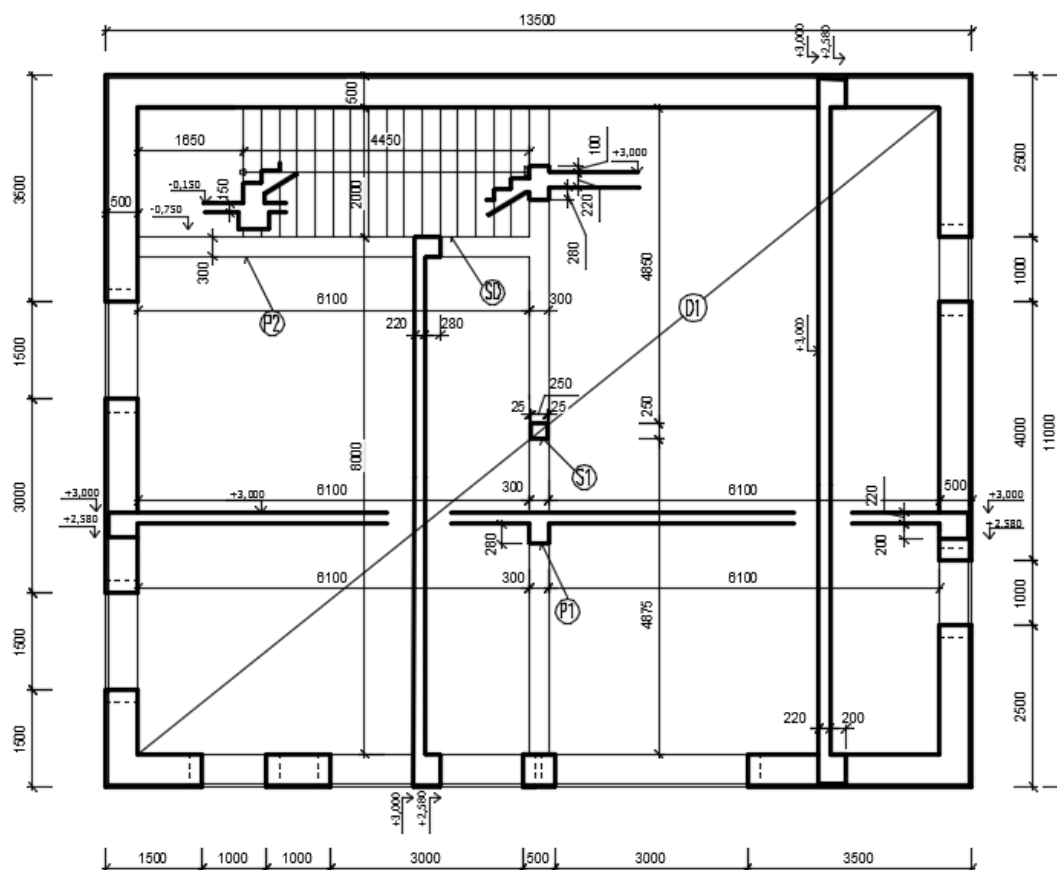
Rozdělovací výztuž navržena $\varnothing 8$ á 300 mm. V místech podepření sloupy a průvlaku je navrženo zhuštění výztuže dodatečnou výztuží $\varnothing 10$. Stykování výztuže navrženo 550 mm. Minimální krytí výztuže je navrženo 25 mm.

2.5.2 Deska D2

Stropní konstrukce v 2.NP je tvořena železobetonovou deskou tloušťky 80 mm s použitím výztuže $\varnothing 6$ po 150 mm ve směru x a $\varnothing 8$ po 240 mm ve směru y. Desku tvoří trámy s rozměry 0,18x0,42 mm ve směru x a trámy 0,2x0,42 mm ve směru y. Trámy vyztuženy výztuží $4\varnothing 12$. Výztuž doplněna smykovou výztuží – dvoustřížné třmínky $\varnothing 8$ á 300 mm. Součástí trémové konstrukce jsou předpínací lana Y1860 – S7- 15,3 bez soudržnosti od společnosti Freyssinet. Krytí betonářské výztuže navrženo 30 mm. Krytí předpínací výztuže navrženo 35 mm.



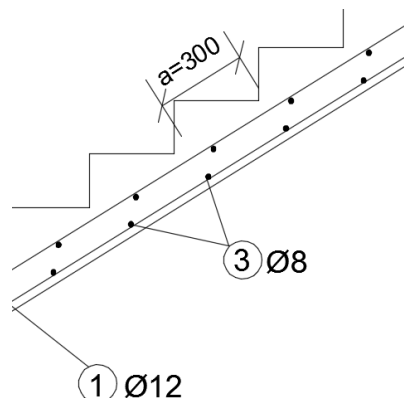
Obr. 4 Tvar 2.NP (zdroj: vlastní zpracování)



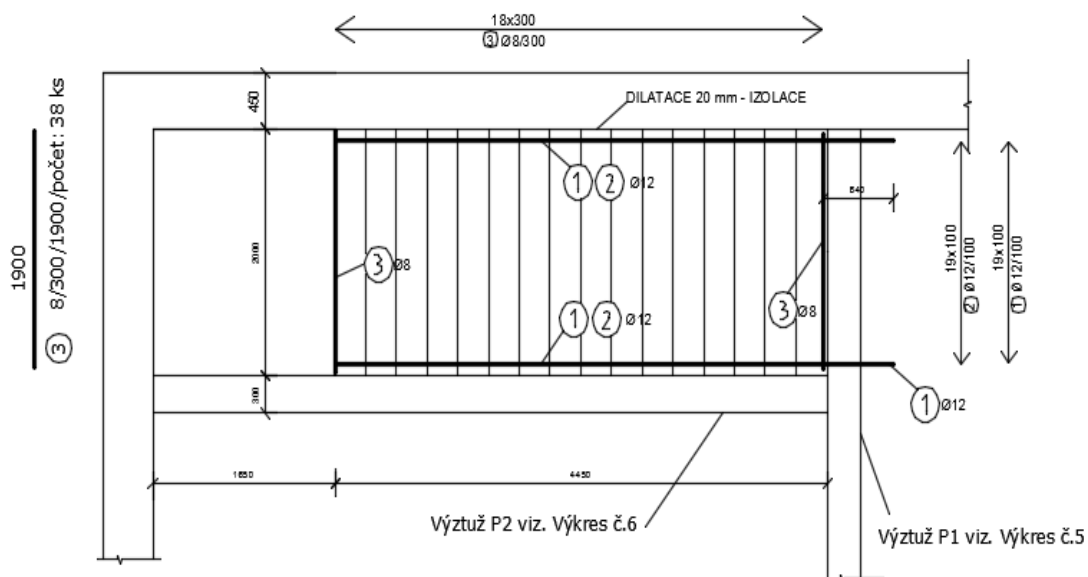
Obr. 5 Tvar 1.NP (zdroj: vlastní zpracování)

2.5.3 Schodiště

Schodiště je navrženo jako železobetonová monolitická konstrukce. Schodiště jednoramenné je tvořeno 17 stupni o šířce 176 mm a výšce 278 mm. Tloušťka schodišťové desky navržena 140 mm. Výztuž schodišťové desky navržena $\varnothing 12$ po 100 mm. Rozdělovací výztuž $\varnothing 8$ po 300 mm. Krytí výztuže 25 mm. Zřízená dilatační mezera mezi zdívem a konstrukcí schodišťového ramena o tloušťce 2 cm.



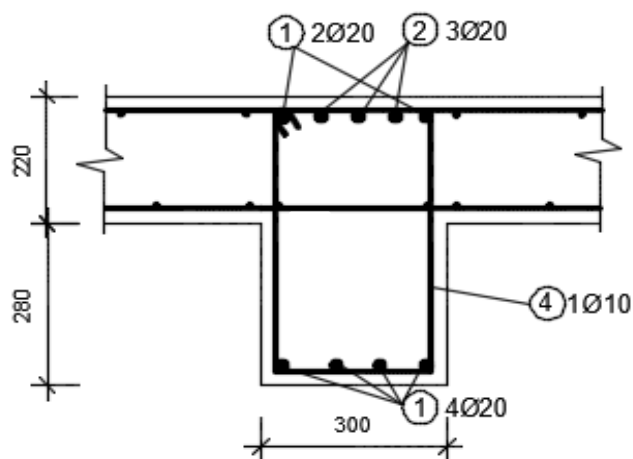
Obr. 6 Řez schodišťovou deskou (zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 7 Půdorys výztuže schodišťové desky (zdroj: vlastní zpracování)

2.5.4 Průvlak P1

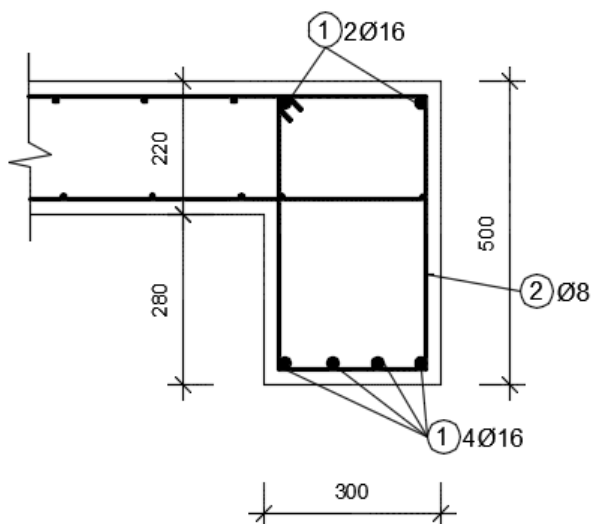
Průvlak je navržen jako monolitická železobetonová konstrukce. Rozměry průvlaku navržené 0,3x0,5 m. V průvlaku byla navržena spodní výztuž 4Ø20 a horní výztuž 2Ø20 v celé délce. V místě nad vnitřní podporou a u okraje navržena horní výztuž 5Ø20. Smyková únosnost zabezpečena dvoustřížnými třmínky Ø8. Třmínky navrženy á 250 mm. V místě krajní a vnitřní podpory zhuštění třmínku á 90 mm. Krytí výztuže navrženo 25 mm.



Obr. 8 Řez průvlakem P1 (zdroj: vlastní zpracování)

2.5.5 Průvlak P2

Průvlak je navržen jako monolitická železobetonová konstrukce. Rozměry průvlaku navržené 0,3x0,5 m. V průvlaku byla navržena spodní výztuž 4Ø16 a horní výztuž 2Ø16 v celé délce. V místě nad vnitřní podporou a u okraje navržena výztuž 5Ø16. Smyková únosnost zabezpečena dvoustřížnými třmínky Ø8 á 250 mm. Krytí výztuže navrženo 25 mm.



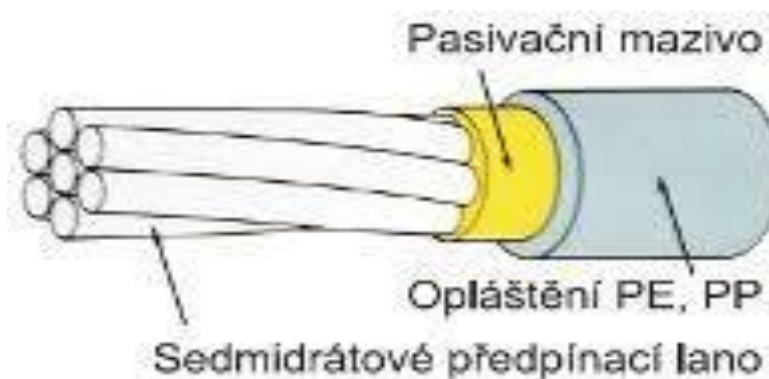
Obr. 9 Řez průvlakem P2 (zdroj: vlastní zpracování)

2.5.6 Předpjatý trám T1

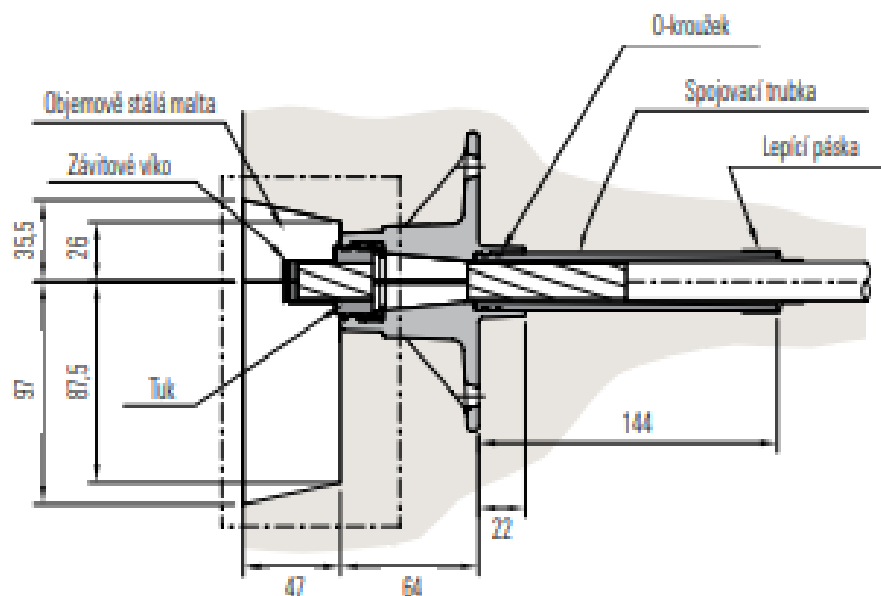
Z důvodu velkého rozpětí stropní desky v 2.NP, je stropní konstrukce navržena jako trámový strop s využitím dodatečně předpínacích lan bez soudržnosti (MONOSTRAND). Rozměry trámu navržené s ohledem na co nejefektivnější využití předpětí. Rozměry trámu 0,18x0,42 m v osově vzdálenosti 0,5 m. Byla použité předpínací lana Freyssinet Y1860 – S7 -15,3 napínané z jedné strany. Jako kotevní materiál použité aktivní kotvy Freyssinet 1F15, a pasivní kotvy Freyssinet. Předpínací lana v plastových chráničkách PLYDUCT s pasivačním mazivem. Trasování lan viz výkres tvaru a trasování předpínací výztuže. Trám bude konstrukčně vyztužen betonářskou výztuží 4Ø12 v celé délce. Smyková výztuž navržená konstrukčně jako dvoustřížný třmínek Ø8 á 300 mm. Krytí spodní výztuže navrženo 25 mm a horní výztuže 30 mm.

2.5.7 Předpjatý trám T2

Předpjatý trám T2 bude předepnutý předpínacím lanem v těžišti průřezu v celé délce trámu. Rozměry trámů jsou 0,2x0,42 m v osově vzdálenosti 1,2 m. Předepnutí trámů ve směru y hlavně z důvodu zabezpečení ztužení v daném směru. Trám bude vyztužen betonářskou a smykovou výztuží pouze konstrukčně. Vyztužení betonářskou výztuží 4Ø12 v rozích trámu a třmínky Ø8 á 250 mm. Krytí dolní vrstvy výztuže 35 mm, horní výztuže 50 mm. Podrobně trám T2 dále řešen nebude.



Obr. 10 Řez předpínacím lanem (zdroj: [12])



Obr. 11 Detail aktivní kotvy Freyssinet (zdroj: [12])

2.5.8 Technické údaje předpínací výztuže

Aktivní kotva: Jednolanová kotva (1F13/1F15) - Freyssinet

Předpínací lano: Y1860 – S7 – 15,3

Napětí: 1467 MPa

Pokluz v kotvě: 4 mm (dán výrobcem)

$\mu = 0,10$ (dodatečně předpjatá vložka)

$\theta = 0,007$ (dáno výrobcem Freyssinet)

RH = 80%

Podržení napětí: 5 minut

Předpokládané ztráty: $t_{\infty} = 20\%$

Vypočítané ztráty: $t_{\infty} = 16\%$

2.5.9 Časový harmonogram (předpínání)

Čas $t_0 = 0$ dní = betonáž konstrukce

Čas $t_p = 28$ dní = předepnutí lan

Čas $t_{p1} = 28,1$ dní = uvedení do provozu

Čas $t_1 = 90$ dní = aplikace ostatního stálého zatížení

2.6 Materiálové charakteristiky

Beton C25/30 – XC1 – Dmax16 S4 (1.NP)

$$f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = \frac{25,00}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0,05} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \frac{f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{1,80}{1,50} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 31,00 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$$

Beton C35/45 – XC1 – Dmax16 S4 (2.NP)

$$f_{ck} = 35,00 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = \frac{35,00}{1,5} = 23,33 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0,05} = 2,20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \frac{f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{2,20}{1,50} = 1,46 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 34,00 \text{ GPa}$$

Betonářská žebírková ocel B500B

$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} = \frac{500,00}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200,00 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_s = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \cdot 10^3} = 2,17 \text{ ‰}$$

Předpínací výztuž

Y1860 – S7 – 15,3 – MONOSTRAND

$$A_{p1} = 140 \text{ mm}^2$$

$$f_{pk} = 1860,00 \text{ MPa}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$f_{p0,1k} = 1640 \text{ MPa}$$

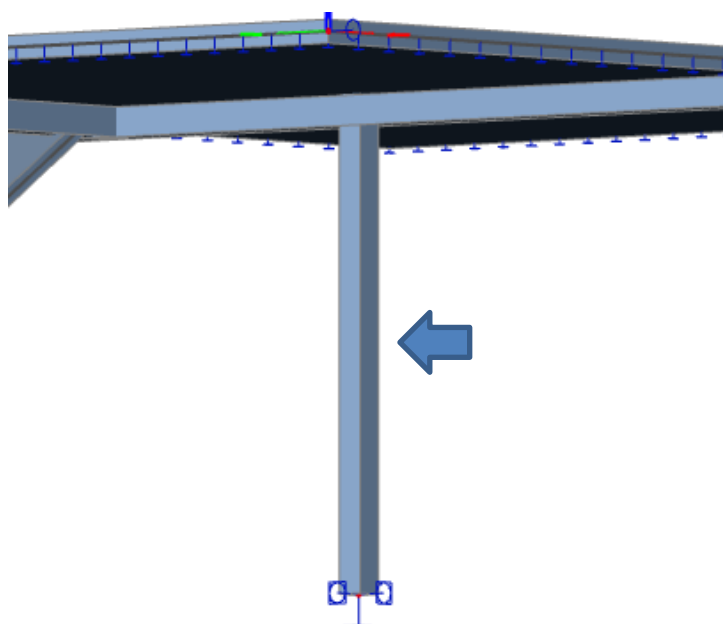
$$f_{pd} = f_{p0,1k}/\gamma_s = 1640/1,15 = 1426,086 \text{ MPa}$$

2.7 Statické řešení

Výpočet všech konstrukcí byl zpracován dle platných evropských norem ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201.

2.7.1 Vnitřní sloup

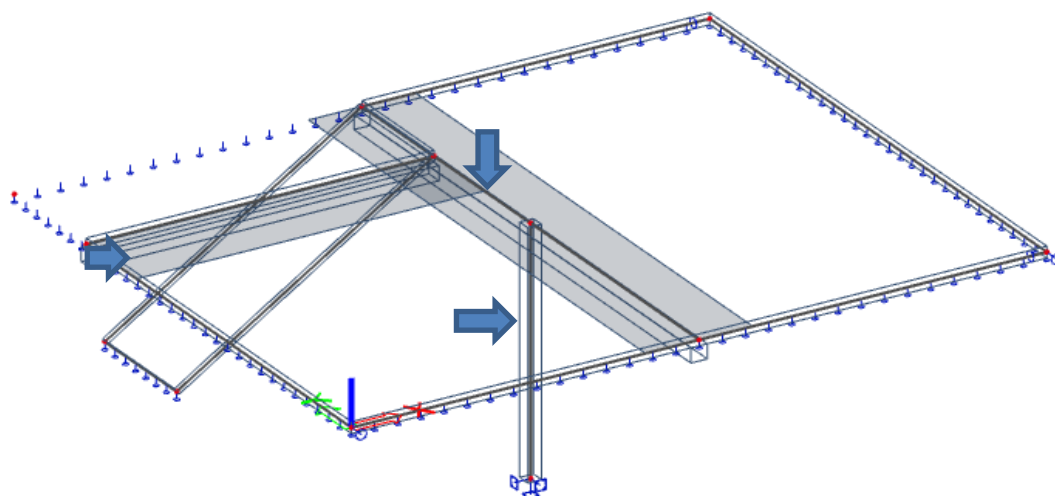
Pro výpočet vnitřního sloupu, který podepírá železobetonovou desku v 1.NP byl použit model vytvořen v programu SCIA Engineer 18.1. Model byl vytvořen v obecné rovině XYZ. Model vetknutý v spodní části.



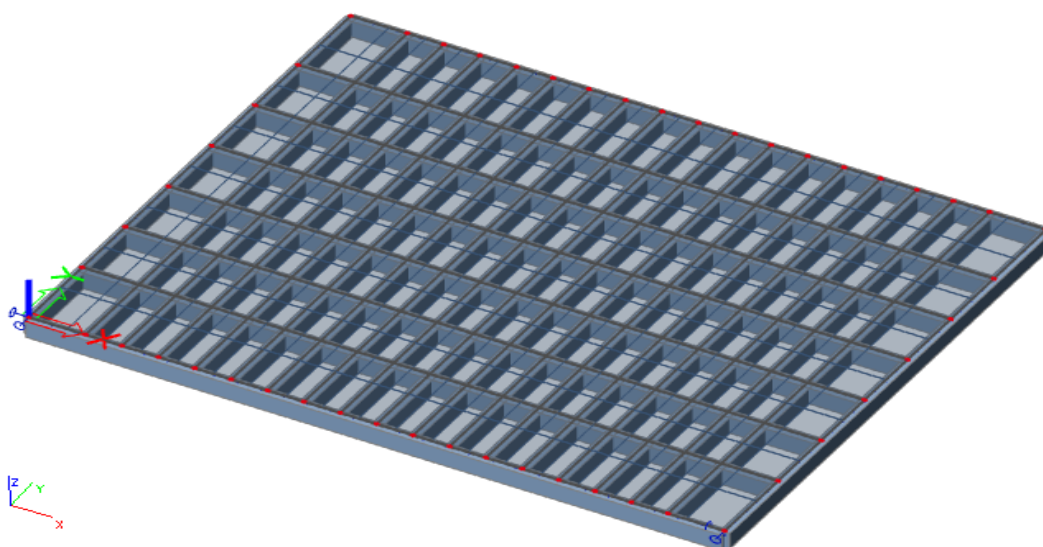
Obr. 12 Model sloupu S1 SCIA (zdroj: vlastní zpracování)

2.7.2 Vodorovné konstrukce

Pro výpočet vodorovných konstrukcí byla použita metoda konečných prvků. Všechny výpočty z programu byly ověřené ručním výpočtem. Stropní desky modelované v obecné rovině XYZ. Průvlak P1 a P2 modelován v obecné rovině XYZ.



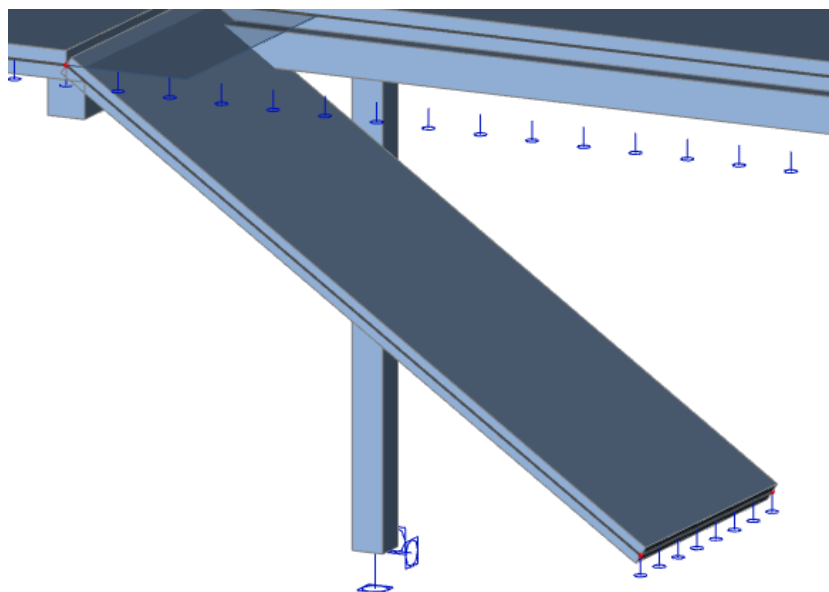
Obr. 13 Model 1.NP SCIA (zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 14 Model 2.NP SCIA (zdroj: vlastní zpracování)

2.7.3 Schodišťová deska

Model schodišťové desky vytvořen společně s modelem 1.NP v programu SCIA Engineer. Model na jedné straně podepřený podporou zamezující pohyb ve směru osy z a v místě napojení na průvlak vetknutý.



Obr. 15 Model schodišťové desky SCIA (zdroj: vlastní zpracování)

2.8 Zatížení

Zatížení vypočítané dle normy [2].

Konstrukce zatížená vlastní tíhou. Vlastní tíha vypočtená s objemovou tíhou betonu 25 kN/m^3 . Hodnoty zatížení uvedené v charakteristických hodnotách.

Ostatní stálé zatížení – 1.NP: vrstvy podlahy $3,3 \text{ kN/m}^2$

2.NP: vrstvy střešního pláště $1,1 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení – Kategorie budovy B – kancelářské plochy

- 1.NP – schodiště – dle [2] = $3,0 \text{ kN/m}^2$

- příčky – dle [2] = $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$

- zábradlí – dle [2] = $0,5 \text{ kN/m}$

- kancelářské prostory – dle [2] = $2,5 \text{ kN/m}^2$
- 2.NP – střecha – dle [2] = kategorie H = $0,75 \text{ kN/m}^2$
- sníh – dle [3] = sněhová oblast = II.
- zatížení sněhem = $0,8 \text{ kN/m}^2$

2.8.1 Kombinace zatížení

Použité kombinace zatížení dle [1].

Pro oba podlaží použita kombinace 6.10.

3 Návrh a posouzení konstrukcí na MSÚ a MSP

3.1 Návrh a posouzení

Všechny konstrukce byly navrženy a posouzeny dle platné normy [1]; [7].

Konstrukce vyhověly na MSÚ a MSP s bezpečnostní rezervou.

3.2 MSP Průhyb

Průhyb konstrukce 1.NP $w = - 14,5 \text{ mm}$ (dlouhodobý průhyb desky D1)

Průhyb konstrukce 2.NP $w = - 1,1 \text{ mm}$ (dlouhodobý průhyb trámu T1)

Průhyb předpjatého trámu T1 rozdělen do jednotlivých fází. V první fázi procesu betonáže trámu T1 nedochází k průhybu konstrukce z důvodu zabezpečení konstrukce podstojkováním. Následně aplikací předpjetí dochází k mírnému nadzvednutí celé konstrukce o $1,2 \text{ mm}$ (možné uvolnění stojek). Aplikací ostatního stálého zatížení se průhyb konstrukce rovná $w = 0 \text{ mm}$, což je stav, kterého jsme chtěli dosáhnout. Působením sněhu a proměnného zatížení vzniká průhyb $w = - 0,3 \text{ mm}$.

Oba průhyby vyhověly na mezní hodnoty průhybů viz odpovídající norma [4].

4 Výkresová dokumentace

4.1 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace byla provedená dle požadovaných norem [10]; [11].

Plná výkresová dokumentace přiložena v přílohách.

5 Závěr

V této bakalářské práci jsem se věnoval návrhu a posouzení jednotlivých svislých a vodorovných nosných konstrukcí v budově určené pro kancelářské prostory. Navrhoval jsem vnitřní nosný sloup, průvlak, patku a železobetonovou stropní desku v 1.NP. V 2.NP jsem se věnoval návrhu stropní konstrukce s využitím předpínacích lan z důvodu velkého rozpětí stropu bez využití nosných prvků. Model konstrukce jsem posoudil ručním výpočtem a následně jsem vymodeloval celkový model konstrukce v programu SCIA Engineer 18.1 pro porovnání jednotlivých výsledků.

Výsledky se odlišovaly pouze odchylkami vzniklými nepřesnostmi při ručním výpočtu, zejména přesností výpočtu softwarem a přibližným ručním výpočtem.

Postupně jsem takhle posoudil všechny navrhované konstrukce. Při výpočtech jednotlivých částí jsem použil různé softwares, které jsou k tomu určené.

Celkové zpracování téhle bakalářské práce bylo pro mne velikým přínosem hlavně v oblasti samostatnosti práce, řešení jednotlivých problémů a používání softwares. Zpracováním projektu jsem získal mnoho zkušeností s prací v programech SCIA Engineer, CaDCON RCD, AUTOCAD, Rhinoceros.

6 Seznam použitých zdrojů

6.1 Zákony a normy:

- | | |
|------------------------------|---|
| [1]ČSN EN 1990 | Zásady navrhování konstrukcí |
| [2]ČSN EN 1991 – 1- 1 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb |
| [3]ČSN EN 1991 – 1-3 | Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem |
| [4]ČSN EN 1992 – 1-1 | Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby |
| [5]ČSN EN 1997 – 1-1 | Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla |
| [6]ČSN EN 206-1 | Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti výroby a shoda |
| [7]ČSN ISO 2394 | Obecné zásady spolehlivosti |
| [8]ČSN EN 13670(73 2400) | Provádění betonových konstrukcí |
| [9]ČSN EN 10080(42 1390) | Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel |
| [10]ČSN (013481) | Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy betonových konstrukcí |
| [11]ČSN EN ISO 3766 (013481) | Výkresy stavebních konstrukcí. Kreslení výztuže do betonu. |

6.2 Internetové zdroje:

- [12] <http://www.freyssinet.cz/>

6.3 Použitý software

- Microsoft Excel
- Microsoft Word
- AutoCad AutoDesk 2017
- CadCon RCD 2019
- SCIA Engineer 18.1.
- Rhinoceros 5

7 Seznam zkratek

Seznam použitých symbolů a zkratek není úplný, některé zkratky a symboly vysvětlené v textu.

f_{ck}	krychelná pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota válcové pevnosti v tlaku
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
ϵ_{cu3}	mezní poměrné přetvoření betonu
f_{yk}	mez kluzu oceli
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské výztuže
h	výška
b	šířka
l	délka
t	tloušťka
k	součinitel
x,y,z	souřadnice
ρ	objemová hmotnost vysušeného betonu v kg/m^3
N_{ED}	návrhová hodnota působící normálové síly

M_{ED}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
l_{eff}	efektivní délka
a_1	uložení
c_{nom}	nominální hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy
c_{dev}	návrhová odchylka od nominální hodnoty krytí
c_{min}	minimální tloušťka betonové krycí vrstvy
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
A_{smin}	minimální plocha výztuže
A_{smax}	maximální plocha výztuže
A_s	plocha výztuže
z_c	poloha neutrálné osy
A_{sreq}	požadovaná plocha výztuže
s_{min}	minimální vzdálenost výztuží
s_{max}	maximální vzdálenost výztuží
f_{bd}	návrhové mezní napětí v soudržnosti
l_{brqd}	základní kotevní délka
l_{bmin}	minimální kotevní délka
l_{bd}	návrhová kotevní délka
V_{ED}	návrhová hodnota posouvající síly
$V_{ED,RED}$	redukováná posouvající síla
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
l_0	vzpěrná délka
e_i	excentricita
A_c	plocha betonu
F_s	síla
e_{dz}	výstřednost patky
A_{eff}	efektivní plocha
h_{deska}	výška schodišťové desky
$\bar{s}_{deska}$	šířka schodišťové desky
P	předpínací síla
A_{p1}	průřezová plocha předpínacích vložek
f_{pk}	charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu

E_p	návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
f_{p01k}	charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli
b_{eff}	efektivní šířka
M_{ch}	ohybový moment charakteristická kombinace
M_{ξ}	ohybový moment častá kombinace
M_k	ohybový moment kvazistalá kombinace
e_p	excentricita kabelu
f	vzepětí
M_{pk}	ohybový moment od předpětí
P_{m0}	počáteční síla na aktivním konci okamžitě po napnutí
I_y	moment setrvačnosti v ose y
I_z	moment setrvačnosti v ose z
$\sigma_{p0(x)}$	ztráty třením
σ_{pwgraf}	ztráta pokluzem odečtená z grafu
t_{cor}	čas podržení napětí
$\sigma_{pr(5min)}$	napětí v čase 5 minut
σ_{ps}	ztráta smršťováním
I_c	moment setrvačnosti průřez
$w_{(l/2)}$	průhyb v polovině nosníku
w_{g0}	průhyb od vlastní tíhy
w_{g1}	průhyb od ostatního stálého zatížení
w_q	průhyb od užitého zatížení
w_{stp}	průhyb od předpětí (krátkodobý)
w_{ltp}	průhyb od předpětí (dlouhodobý)
r	poloměr
$1/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
t	uvažovaný časový okamžik
λ	štíhlostní poměr
μ	součinitel tření předpínací vložky o stěny kanálku
ν	Poissonův součinitel
ρ_{1000}	hodnota ztráty relaxací 1000 hodin po napnutí
ρ_w	stupeň vyztužení smykovou výztuží

σ_c	tlakové napětí v betonu
σ_{cp}	tlakové napětí v betonu vyvozené osovým zatížením nebo předpětím
$\sigma_{p\infty}$	napětí v předpínací výztuži od všech stálých zatížení včetně předpětí v čase blížícímu se nekonečnu
θ	úhel
α	úhel, poměr
$\varphi(t;t_0)$	součinitel dotvarování
$\varphi(\infty;t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování
$\emptyset$	průměr prutu
EI	ohybová tuhost
F	zatížení
ULS	mezní stav únosnosti
SLS	mezní stav použitelnosti
Ψ	součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení

8 Seznam obrázků

Obr. 1 Řez patkou	12
Obr. 2 Řez sloupem S1	13
Obr. 3 Propojení výztuže sloupu S1 a patky	14
Obr. 4 Tvar 2.NP	15
Obr. 5 Tvar 1.NP	16
Obr. 6 Řez schodišťovou deskou	17
Obr. 7 Půdorys výztuže schodišťové desky	17
Obr. 8 Řez průvlakem P1	18
Obr. 9 Řez průvlakem P2	18
Obr. 10 Řez předpínacím lanem	19
Obr. 11 Detail aktivní kotvy Freyssinet	20
Obr. 12 Model sloupu S1 SCIA	22

Obr. 13 Model 1.NP SCIA	23
Obr. 14 Model 2.NP SCIA	23
Obr. 15 Model schodišťové desky SCIA	24

9 Seznam příloh

P1 Použité podklady

- Půdorys 1.NP

P2 Výkresová dokumentace

- Tvar stropní konstrukce 1.NP
- Dolní výztuž desky 1.NP
- Horní výztuž desky 1.NP
- Výztuž průvlaku P1
- Výztuž průvlaku P2
- Výztuž sloupu a patky
- Výztuž schodišťové desky
- Výkres tvaru a předpínacích kabelů
- Výztuž stropní desky D2 a trámů T1/T2 2.NP

P3 Statický výpočet

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)