

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

CENTRUM EXTRÉMNÍCH SPORTŮ LOM HOMOLÁK, SUCHOMASTY

Statický výpočet

Kristýna Macháčová

Program: Stavební inženýrství

Obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Praha 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Macháčová Jméno: Kristýna Osobní číslo: 410058

Zadávací katedra: betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Centrum extrémních sportů, lom Homolák, Suchomasty

Název bakalářské práce anglicky: Extrem sports center, stone quarry Homolák, Suchomasty

Pokyny pro vypracování:

Předběžný návrh nosných prvků objektu - volba konstrukčního systému s ohledem na požadavky architektonické studie. V případě potřeby návrh úpravy konstrukčního systému.

Podrobný návrh vybraných prvků.

Výkresy tvaru jednotlivých podlaží.

Výkresy výztuže vybraných prvků.

Stručná technická zpráva ke statické části.

Seznam doporučené literatury:

doporučená literatura pro studium předmětů bakalářského studia

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 24.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Ing. Hany Hanzlové, CSc., a že jsem uvedla veškerou literaturu a použitý software v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 20. 5. 2016

.....
Kristýna Macháčová

Poděkování

Za cenné rady, ochotu a odborné vedení při psaní této práce bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Haně Hanzlové CSc.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu při psaní práce, ale i za jejich podporu během celého studia.

Děkuji.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá objektem Centra extrémních sportů. Podkladem pro zpracování práce byla architektonická studie. Předmětem práce byl předběžný návrh nosné konstrukce objektu, vytvoření 3D modelu v softwaru SCIA Engineer, ověření tohoto modelu a jeho další využití. Následně byly zkoumány průhyby na vykonzolované části objektu a nakonec bylo navrženo a vyztuženo železobetonové schodiště. Součástí práce jsou výkresy tvaru celého objektu, výkres vyztuže schodiště a technická zpráva.

Abstract

This bachelor thesis deals with the Centre of Extreme Sports building. The foundation for this thesis was an architectural study. The subject of this thesis was a preliminary design of bearing constructions of the building, a 3D model in software SCIA Engineer, a verification of this model and its further use. The research of deflections of the cantilevered part of the building followed. The design and the reinforcement of the staircase was made. This thesis is resolved with drawings of shape of the whole building, a reinforcement drawing of the staircase and a technical report.

Klíčová slova

Železobeton, předběžný návrh, zatížení, stropní deska, suterénní stěna, základová deska, základový pas, sloup, konzola, 3D model, průhyby, schodiště, výkres tvaru, výkres výztuže

Key words

Reinforced concrete, preliminary design, load, slab, basement wall, slab foundation, t-shaped foundation, column, cantilever, 3D model, deflections, staircase, drawing of shape, reinforcement drawing

Obsah

| | |
|--|---|
| 1. Úvod | 2 |
| 1.1 Popis objektu | 2 |
| 1.2 Změny v podkladech..... | 2 |
| 2. Zatížení a materiálové charakteristiky | 3 |
| 2.1 Zatížení příčkami | 3 |
| 2.2 Užitná zatížení | 3 |
| V objektu se objevují dvě kategorie užitného zatížení dle EN 1991-1-1 : | 3 |
| 2.3 Zatížení sněhem | 3 |
| 2.4 Materiály | 3 |
| 3. Předběžný návrh dimenzí vybraných konstrukčních prvků..... | 3 |
| 4. Prostorový model | 4 |
| 5. Studie velikosti průhybů v závislosti na velikosti okna ve vykonzolované části konstrukce | 5 |
| 6. Návrh výztuže železobetonového monolitického schodiště SCH2..... | 7 |
| 6.1 Návrh výztuže | 7 |
| 7. Závěr | 7 |
| 8. Zdroje | 8 |

1. Úvod

1.1 Popis objektu

Objekt vybraný pro zpracování bakalářské práce byl navržen studentem Fakulty architektury ČVUT v Praze Vojtěchem Pimkem v rámci bakalářské práce v akademickém roce 2013/14.

Podkladem bylo portfolio této bakalářské práce [7].

Jedná se o objekt Centra extrémních sportů v lomu Homolák v obci Suchomasty na Berounsku.

Popis nosné konstrukce

Objekt má jedno podzemní a dvě nadzemní podlaží. Svislou nosnou konstrukci tvoří železobetonové stěny a vodorovnou konstrukci tvoří plné železobetonové desky.

Základovou konstrukcí je základová deska a základový pas, tyto konstrukce jsou vzájemně propojeny. Schodiště je železobetonové deskové uložené mezi obvodovou a schodišťovou stěnou.

Nosná konstrukce objektu byla v rámci bakalářské práce upravena tak, aby bylo možné konstrukce zefektivnit a aniž by se významně zasáhlo do návrhu architekta.

Předpokládá se, že problémovou částí konstrukce bude vykonzolovaná část objektu ve 2. NP.

Popis využití prostor v objektu

V 1. PP se nachází šatny pro zaměstnance, technická místnost, hygienické zařízení, sklad a úklidová místnost. V 1. NP se nachází recepce, hygienické zařízení, ošetřovna, kancelář, sklad potravin a bufet a ve 2. NP se nachází pokoje pro hosty s hygienickým zařízením a společenská místnost.

Příčky v objektu jsou řešeny jako sádkartonové s výplňovou izolací a všechny střechy objektu jsou nepochůzné.

1.2 Změny v podkladech

Před započítáním výpočtu byl prostudován návrh architekta včetně provedení detailů, skladeb konstrukcí a řešení technických instalací v objektu.

Skladby konstrukcí, které byly k dispozici, byly převzaty, zbytek byl zvolen.

Po prozkoumání výkresové dokumentace byly upraveny některé konstrukce v objektu.

Úprava základové konstrukce

Základová vana byla rozšířena o 1200 mm, tím se tedy změnila i dispozice v 1. PP. Byla vytvořena suterénní stěna jako základ pod střední nosnou zdí. Založení krajní nosné zdi v 1.NP bylo provedeno na původní terén a byla tedy snížena hloubka základové spáry.

Změna nosných konstrukcí

Nosná schodišťová stěna byla zkrácena o její zalomení v 1. PP i v 1. NP.

Dále byly do 1. PP a 1. NP vloženy nosné sloupy, které vytváří podpory pro stropní desku.

V 1. NP byla nahrazena jedna ze středních nosných stěn příčkou, v důsledku toho byly posunuty vstupní dveře na úroveň vnější stěny.

Úpravy schodišť

U schodiště v 1. PP, byla změněna šířka stupně z 285 mm na 270 mm. K rozšíření stupňů došlo v 1. NP u krátkého schodiště ve střední části objektu, kde byla šířka stupně změněna z 280 mm na 300 mm.

U schodiště z 1. NP do 2. NP byla zkrácena mezipodesta z 950 mm na 910 mm.

Tyto změny byly provedeny z důvodu vytvoření pohodlnějších schodišť pro uživatele.

2. Zatížení a materiálové charakteristiky

Skladby konstrukcí byly převzaty z návrhu architekta. Skladby, které nebyly k dispozici, byly zvoleny.

2.1 Zatížení příčkami

Příčky, které se v objektu nacházejí, jsou sádkartonové s výplňovou izolací. Plošná hmotnost těchto příček je 65 kg/m^2 . Protože se nejedná o vysokou hodnotu, byly příčky přepočítány na náhradní plošné zatížení. V 1. NP je toto zatížení $0,75 \text{ kN/m}^2$ a ve 2. NP je $1,0 \text{ kN/m}^2$.

2.2 Užitná zatížení

V objektu se objevují dvě kategorie užitného zatížení dle EN 1991-1-1 :

- Kategorie A – $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ (1. PP a 2. NP)
- Kategorie C – $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ (1. NP)

2.3 Zatížení sněhem

Objekt se nachází v Suchomastech (Beroun) – sněhová oblast II → charakteristické zatížení $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

2.4 Materiály

Beton

Stupeň vlivu prostředí je stanoven:

- XC1 – pro konstrukce uvnitř budovy a obvodové konstrukce, které jsou chráněny proti povětrnosti (riziko koroze karbonatací, prostředí suché nebo stále mokré)
- XC4 – pro základové konstrukce a konstrukce, které se nachází pod úrovní terénu (riziko koroze karbonatací, prostředí střídavě suché a mokré)

Pevnostní třída betonu je zvolena C 30/37. Tato třída je použita pro výpočet všech konstrukcí.

- Charakteristická pevnost betonu $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost betonu $f_{cd} = f_{ck}/1,5 = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$

Ocel

Železobetonové prvky budou vyztuženy výztuží s žebříkovým povrchem B500B.

- Charakteristická pevnost oceli $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost oceli $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 500/1,15 = 434,8 \text{ MPa}$

Pro zajištění spolupůsobení betonu a výztuže, pro zajištění ochrany výztuže proti korozi a požáru jsou výpočtem stanoveny potřebné krycí vrstvy výztuže.

3. Předběžný návrh dimenzí vybraných konstrukčních prvků

V rámci předběžného návrhu byly vypočteny příslušné krycí vrstvy, a byly navrženy tyto konstrukce:

- stropní desky

- železobetonové stěny
- železobetonové sloupy
- základová deska – návrh s ohledem na protlačení
- základový pas
- suterénní železobetonová stěna
- železobetonová schodiště

Po návrhu železobetonových sloupů byly stropní desky ověřeny na protlačení.

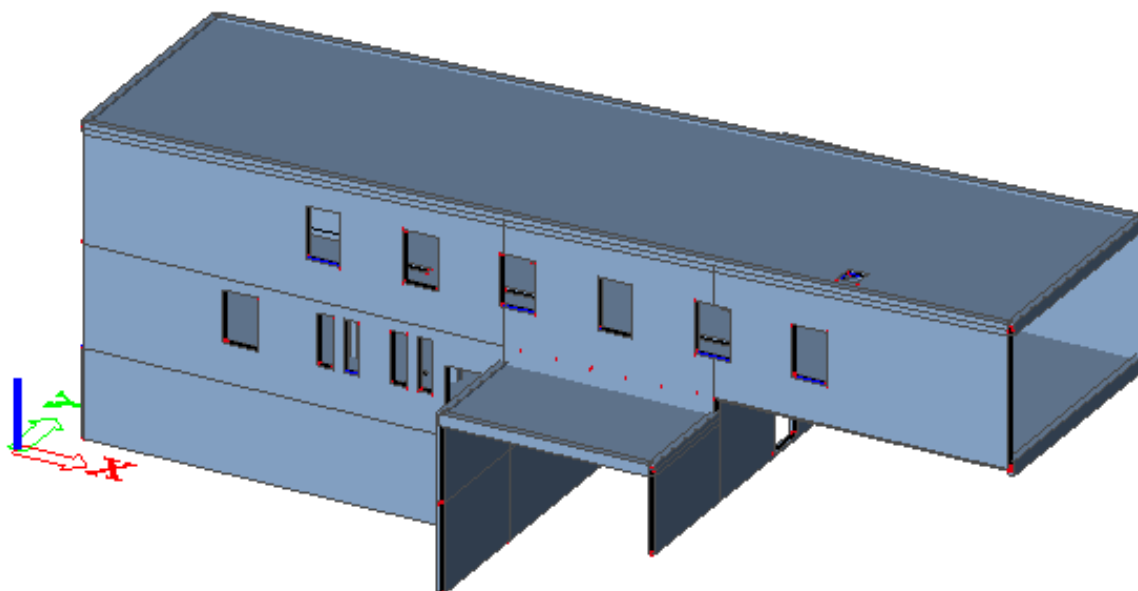
4. Prostorový model

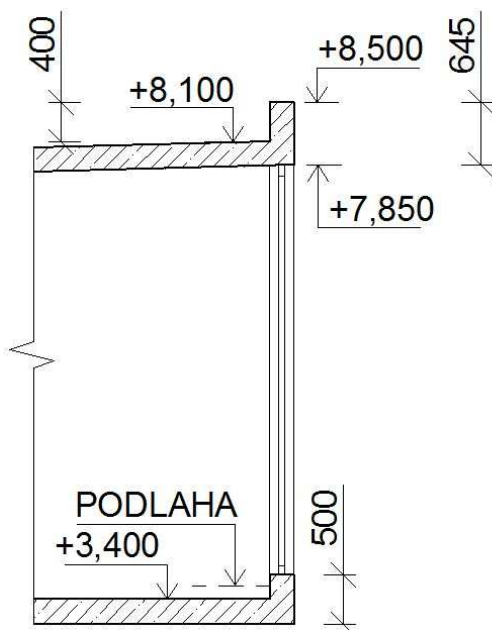
Po provedení předběžného návrhu všech konstrukcí byl vytvořen model objektu v softwaru SCIA Engineer 15.3. Cílem bylo zjistit skutečné působení vykonzolované části objektu.

Bylo provedeno několik modelů, především proto, aby bylo dokázáno, že na průhyb vykonzolované části objektu má vliv především tuhé spojení a spolupůsobení spodní desky konzoly, obvodových stěn a horní desky konzoly.

V modelu bylo také zvětšeno ztužující žebro spodní desky konzoly, protože průhyb stropní desky mezi vykonzolovanými stěnami byl velký.

Obr. 1 – Konečný model ze softwaru SCIA Engineer 15.3





Obr.2 – Ztužující žebro na kozole

Po vytvoření konečného modelu bylo nutné ověřit jeho věrohodnost.

Ověření bylo provedeno pomocí srovnání normálové síly v nejvíce zatíženém sloupu z modelu se silou z ručního výpočtu. Dále byly také porovnány ohybové momenty z modelu na desce 1. NP s ohybovými momenty stanovenými zjednodušenou metodou náhradního rámu.

Po provedení ověření byl model prohlášen za věrohodný a mohl být využit pro další výpočty.

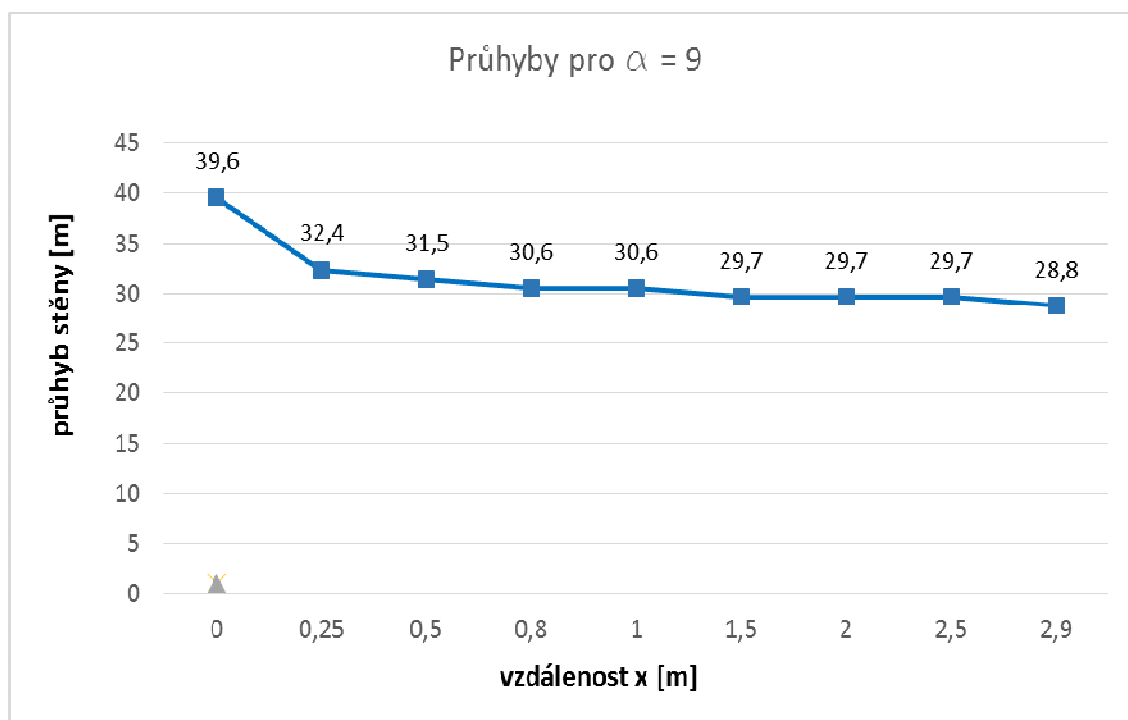
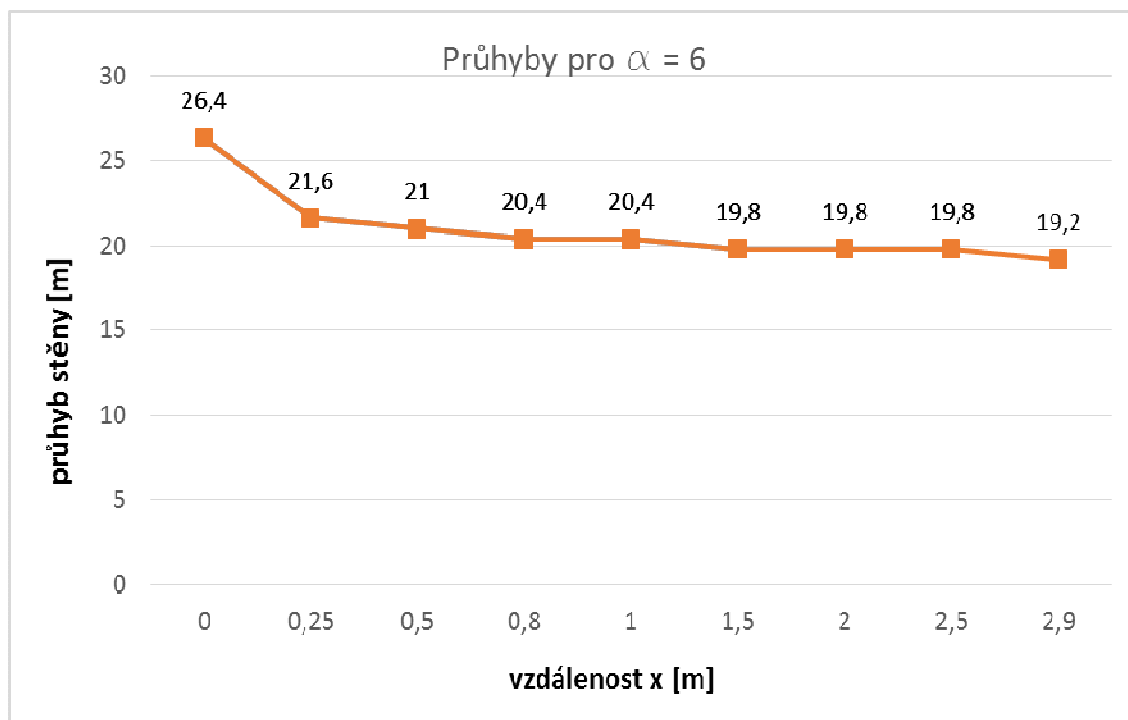
5. Studie velikosti průhybů v závislosti na velikosti okna ve vykonzolované části konstrukce

Problematickým místem objektu je jednoznačně vykonzolovaná část.

Protože tato část objektu působí prostorově jako tubus a ve stěnách jsou okenní otvory, byl zkoumán průhyb konstrukce v závislosti na zvětšování krajního okenního otvoru v jedné stěně. Otvor byl zvětšován v různých intervalech. Výchozí polohou okna je vzdálenost ke kraji stěny 2,9 m a šířka okna 1,2 m. Konečnou polohou je vzdálenost okna ke kraji stěny 0 m a velikost okna 4,1 m. Nakonec tedy dojde k úplnému přerušení obvodové stěny.

Průhyby z prostorových modelů jsou odhadem zvětšeny součinitelem α , který zahrnuje součinitel vlivu dotvarování φ a dále zohledňuje vznik trhlin a smršťování betonu. ($\alpha = K_\varphi * K_{cr} * K_{sh}$). Součinitel α byl volen ve dvou variantách – 6 a 9.

Výstupy ze studie jsou grafy, ve kterých je znázorněna závislost průhybů na zbývající šířce propojení stěny na kraji konzoly.



Z grafů je patrné, že pokud je stěna na kraji tuze propojena alespoň nějakou hmotou průhyby se výrazně nemění. Jakmile však dojde k rozdělení stěny otvorem a stěna není tuze spojena, dojde k prudkému zvýšení hodnoty průhybu vykonzolované části.

6. Návrh výztuže železobetonového monolitického schodiště SCH2

Schodiště je monolitické železobetonové deskové přímé s mezipodestou. Na desce 1. NP a 2. NP je uloženo kloubově přes akustický prvek Schock tronsole typ T-V4-H. Desky ramen jsou vetknuty do mezipodesty. Mezipodesta je vetknuta do schodišťové a obvodové stěny pomocí vylamovací výztuže typu Halfen HBT 85-10/15-1-800.

Pro návrh výztuže schodiště SCH2 bylo provedeno několik modelů, dva prutové a jeden prostorový. Tyto modely byly zatíženy příslušným zatížením a výstupy ze všech modelů byly vzájemně porovnány.

Po srovnání modelů bylo usouzeno, že prostorový model je správný a lze podle ohybových momentů navrhnout výztuž.

Před návrhem výztuže ještě byly ověřeny akustické prvky na hodnotu maximální posouvající síly v místě uložení prvku. Reakce v místě uložení byla menší než maximální síla na mezi únosnosti určená výrobcem a tak bylo usouzeno, že akustické prvky je možné použít pro konstrukci schodiště.

6.1 Návrh výztuže

Po provedení návrhu výztuže schodiště na MSÚ byl tento návrh ověřen s ohledem na MSP. Ověření bylo provedeno pro krátkodobé zatížení tedy pro charakteristickou kombinaci zatížení. Při tomto ověřeni bylo zjištěno, že v jedné ze zkoumaných oblastí vzniknou při charakteristické kombinaci zatížení trhliny. Bylo spočítáno napětí ve výztuži a v betonu. Toto napětí bylo porovnáno s limitními hodnotami a vyhovělo ($\sigma_{s,ek} < 0,8 f_{yk}$, $\sigma_{c,ek} < 0,6 f_{ck}$).

Dále bylo provedeno ověření výztuže s ohledem na MSP při dlouhodobém působení zatížení, tedy při kvazistálé kombinaci.

Vliv oslabení trhlínami pro výpočet průhybu konstrukce byl uvažován podle oblasti, ve které vznikly trhliny při krátkodobém působení zatížení.

Byl proveden výpočet šířky trhliny a průhybu konstrukce. Obě tyto hodnoty byly porovnány s limitními hodnotami a vyhověly.

7. Závěr

Objekt, který byl předmětem této práce je dle mého názoru zajímavý nejen z hlediska architektonického, ale i statického. Vykonzolaná část objektu, je mírně problémová, a proto byly zkoumány průhyby této konstrukce. Z práce plyne, že spolupůsobení stropních desek a obvodových stěn je důležité a že významně přispívá k redukci průhybů na konzole. Dále je patrné, že ani okenní otvory ve vykonzolaném tubusu nejsou velkým problémem. Důležité je však zajistit spolupůsobení konstrukcí, k tomu přispěje podepření vykonzolané části po dobu 28 dní od betonáže horní stropní desky konzoly.

Součástí práce jsou výkresy tvaru všech podlaží a výkres výztuže schodiště.

8. Zdroje

Normy:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ÚNMZ, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ÚNMZ, 2004
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ÚNMZ, 2006
- [4] ČSN EN 206 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: ÚNMZ, 2014
- [5] ČSN 73 1201 – Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: ÚNMZ, 2010
- [6] ČSN EN 10080 - Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná, žebírková, betonářská ocel B 500 - Technické dodací podmínky pro tyče, svitky a svařované sítě, Praha: ÚNMZ, 1997

Podklad práce:

- [7] PIMEK, Vojtěch. Centrum extrémních sportů, Homolák. Praha: ČVUT 2014. Bakalářská práce, ČVUT, Fakulta architektury, Ústav navrhování II

Literatura:

- [8] SCHÖCK-WITTEK S.R.O. Technické informace Schöck Tronsole [online]. 2010 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.schoeck-wittek.cz/cs/download--cz/tronsole--14>
- [9] HALFEN. STYKOVACÍ VÝZTUŽ [online]. 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.halfen.com/cz/2150/produkty/vyztuze/hbt-stykovaci-vyztuz/informace-o-produktech/?category=4>

Software:

- [10] Nemetschek SCIA Engineer 15.3
- [11] AutoCAD 2012
- [12] Microsoft Office 2013 – Excel, Word
- [13] WEINER, Michal. Protlačení základu