



Fakulta aplikovaných věd
Katedra mechaniky
Studijní obor: Stavitelství
Akademecký rok: 2019/2020

DIPLOMOVÁ PRÁCE

ANALÝZA BEZ PRŮVLAKOVÉHO PREFABRIKOVANÉHO SYSTÉMU

Vypracovala:

Bc. Mariia Gneusheva

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Kessler, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Mariia GNEUSHEVA**
Osobní číslo: **A18N0066P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavitelství**
Téma práce: **Analýza bezprůvlakového prefabrikovaného systému**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Úvodní část s popisem řešeného tématu práce se základním rozбором úlohy.
2. Výběr, tvarové specifikace železobetonových konstrukčních prvků a celků jak monolitických tak prefabrikovaných konstrukcí s rozбором statických schémat a veškerých druhů zatížení, které na daný konstrukční systém působí.
3. Sestavení statických schémat vybraných konstrukcí prvků pro dané porovnání a rozbor vhodných či nevhodných řešení pro bezprůvlakový systém konstrukce.
4. Statická analýza konstrukčních systémů s vyhodnocením a dimenzováním ve 2-3D programech pro železobetonové konstrukce a srovnáním pomocí EC2.

Rozsah diplomové práce: **úvodní část 60 – 75 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce skládající se z výkresů a textových částí**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ČSN EN 1990 – Zásady navrhování stavebních konstrukcí
2. ČSN EN 1991 – Zatížení stavebních konstrukcí
3. ČSN EN 1992, ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí
4. Prefabrikované vícepatrové skelety budov – TKP, ZIPP Brno 2014, dostupnost na <https://www.zippbrno.cz>

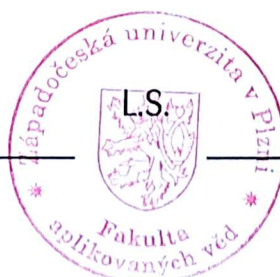
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Kesl, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **1. července 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. ledna 2020**



Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka





Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: “Analýza bezprůvlakového prefabrikovaného systému“ vypracovala samostatně pod odborným vedením Ing. Petra Kesla, Ph.D. Pro vypracování této práce byla použita odborná literatura a další zdroj, které uvedeny v seznamu zdroje práce.

V Plzni, dne 30.06.2020

.....
Bc. Mariia Gneusheva

PODĚKOVÁNÍ

Hlavně bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Petru Keslovi, Ph. D, který mi poskytnul cenné rady a za vlastní čas strávené konzultacemi.

V neposlední řadě bych ráda poděkovat profesorům univerzity, mé rodině a lidem, které mi podporovali a věnovali čas během studia, což mně usnadnilo život v ČR, jako občanu jiného státu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá analýzou bez průvlakového systému „KUB 2.5“. Sestává ze dvou částí: teoretickou a praktickou. Při pomoci obou částí práce, musíme potvrdit nebo popřít vhodnost využívání konstrukčního systému „KUB 2.5“. Pro toto v práci uvedená analýza existujících konstrukčních systémů, z cílem na základě výsledků uvést porovnání bez průvlakového konstrukčního systému „KUB 2.5“ s klasickým typem konstrukčního systému.

Během diplomové práce byli udělány statické výpočty pro jistotu pevnostních charakteristik systémových prvků a pravdivosti využívání systému „KUB 2.5“, pomocí programu Dlubal RFEM. Během psaní práce byla navržena a rozpracovaná výkresová dokumentace, která odpovídá tématě a musí lépe pomoci pochopit systém „KUB 2.5“.

KLÍČOVÁ SLOVA

KUB 2.5; hlavicový systém, bez průvlakový systém; konstrukční systém; skelet.

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the analysis without the crossbar system "KUB 2.5". It consists of two parts: theoretical and practical. With the help of both parts in this work, we must confirm or deny the suitability of using the construction system "KUB 2.5". For this, the analysis of existing structural systems presented in the work, with the aim based on the results to make a comparison without the crossbar construction system "KUB 2.5" with the classic types of systems. And to ensure the strength characteristics of the system elements and the veracity, various static calculations have been given, as well as calculations using the Dlubal RFEM program. During the work, a new drawing documentation was designed, which corresponds to the topic and must better help to understand the system "KUB 2.5".

KEYWORDS

KUB 2,5; without the crossbar; construction system; skeleton.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GNEUSHEVA, Mariia. *Analýza bezprůvlakového prefabrikovaného systému*. Plzeň 2020. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Kesl, Ph.D.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č.1- Fasáda navržené budovy.....	18
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr.č. 2- Skeletový systém s podélnými rámy.....	20
[Zdroj: https://cutt.ly/iydGqXx]	
Obr. č.3 - Skeletový systém s příčnými rámy.....	21
[Zdroj: https://goo-gl.su/QGE3D]	
Obr.č. 4 - Skeletový systém s podélnými rámy.....	21
[Zdroj: https://goo-gl.su/QGE3D]	
Obr.č. 5 - Skeletový hlavicový (hřibový) konstrukční systém.....	22
[Zdroj: https://cutt.ly/0yhOWmr]	
Obr.č.6 - Skeletový deskový konstrukční systém.....	23
[Zdroj: https://goo-gl.su/8DgD3]	
Obr.č.7 - Skeletový konstrukční systém „KUB 2.5“	24
[Zdroj: https://studfile.net/preview/512456/]	
Obr.č. 8 - Označení stropní desek v závislosti na jejich umístění a jejich velikosti.....	25
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Obr.č.9 - Příklad spoje.....	25
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Obr. č.10 - Příklad vícepodlažních sloupů.....	25
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Obr. č. 11 - Branice tuhosti.....	26
[Zdroj: https://cutt.ly/WyhOHqf]	
Obr. č.12 - Montážní spoj systému „KUB 2.5“.....	26
[Zdroj: http://www.tksm72.ru/products/Karkasnaya_stroitel'naya_sistema_KUB_2_5/]	
Obr.č. 13 - Montážní práce mezi sloupové desky	27
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Obr. č. 14 - Příklad 16 patrového bez průvlakového domu „KUB 2.5“	28
[Zdroj: https://studfile.net/preview/5658490/]	
Obr č. 15 - Schémata provedení seismické zkoušky „KUB 2.5“.....	30
[Zdroj: http://karkas-pro.ru/stati/item/69-konstruktsii-bezrigelnogo-karkasa.html]	
Obr. č. 16 - Fotodokumentace provedení seismické zkoušky „KUB 2.5“	31
[Zdroj: http://karkas-pro.ru/stati/item/69-konstruktsii-bezrigelnogo-karkasa.html]	

Obr. č. 17 – Snímek výroby nad sloupovou deskou. Proces armování.....	33
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 18 - Příklady možných řešení fasád: a) stěny z betonu; b) panely; c) cihlová výplň....	34
[Zdroj: https://studfile.net/preview/5658490/]	
Obr. č. 19 - Příklad budovy realizovanou systemém „KUB 2.5“.....	35
[Zdroj: http://www.stroi-master.com/remont-kvartir-v-domah-serii-kub-2.5]	
Obr. č. 20 - Zatížení od technologie.....	38
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 21 - Zatížení užitém.....	39
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č.22 - Zatížení sněhem.....	40
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr.č.23 - X Zatížení větrem.....	41
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 24 - Deska mezi sloupy.....	45
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č.25 Moment ve směru X – horní výztuž.....	46
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č.26 - Moment ve směru X – dolní výztuž.....	46
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 27 - Moment ve směru Y – horní výztuž.....	47
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 28 - Moment ve směru Y – dolní výztuž.....	47
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č.29 - Zatěžovací plocha sloupu.....	48
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 30 - Kontrolované obvody.....	49
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č.31 - Geometrie sloupu a jeho výztužení.....	50
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	

Obr. č. 32 - Schéma dostředného tlaku.....	52
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 33 - Schéma nulového přetvoření.....	52
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 34 - Schéma napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu.....	53
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 35 - Schéma prostého ohybu.....	54
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č.36 - Schéma nulového přervoření.....	55
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č.37- Schéma dostředného tahu.....	56
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 38 - Interakční diagram.....	57
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 39 - Schematické vyztužení.....	59
[Zdroj: https://cutt.ly/WyhOKpK]	
Obr. č. 40 - Moment ve směru X – horní výztuž.....	61
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č 41 - Moment ve směru X – dolní výztuž.....	61
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 42 -Moment ve směru Y – horní výztuž.....	61
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 43 - Moment ve směru Y – dolní výztuž.....	62
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Obr. č. 44 - Zatěžovací plocha sloupu.....	62
[Zdroj: autorka diplomové práce]	

Obr. č.45 - Geometrie sloupu a jeho výztužení.....	64
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č.46 - Schéma dostředného tlaku.....	65
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 47 - Schéma nulového přetvoření.....	66
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 48 - Schéma napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu.....	67
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 49 - Schéma prostého ohybu.....	68
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 50 - Schéma nulového přetvoření.....	69
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 51 - Schéma dostředného tahu.....	70
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]	
Obr. č. 52 - Interakční diagram.....	71
[Zdroj: autorka diplomové práce]	

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 Technické a ekonomické ukazatele na 1 m ² desky.....	29
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Tab. č.2 Technické porovnání různých typů konstrukčních systém.....	29
[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]	
Tab. č. 3 – Příklady experimentů „KUB 2.5“.....	32
[Zdroj: http://kub-invest.ru/sist.html]	
Tab. č. 4 - Skladba podlahy.....	37
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Tab. č. 5 - Skladba střešní k-cí.....	38
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Tab. č. 6 - Užité zatížení.....	39
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Tab. č. 7 – Tabulka hodnot vymežující ohybové štíhlosti pro lokálně podporovanou desku a různé třídy betonu dle ČSN EN 1992-1-1.....	44
[Zdroj: ČSN EN 1992-1-1]	
Tab. č. 8 – Kombinace zatížení.....	57
[Zdroj: autorka diplomové práce]	
Tab. č. 9 – Tabulka hodnot vymežující ohybové štíhlosti pro lokálně podporovanou desku a různé třídy betonu dle ČSN EN 1992-1-1.....	59
[Zdroj: ČSN EN 1992-1-1]	
Tab. č. 10 – Kombinace zatížení.....	71
[Zdroj: autorka diplomové práce]	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A POJMŮ

atd.	a tak dále
č.	číslo
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
KUB	Konstrukční unificovaný bez průvlakový systém
kg	kilogramy
kg/m ²	kilogramy na metr čtvereční
kN	kilonewton na metr
kN/m ²	kilonewton na metr na metr čtvereční
m	metry
mm	milimetry
Mpa	megapaskal
MS	mezí sloupová deska
MSÚ	mezní stav únosnosti
MSP	mezní stav použitelnosti
MSK-64	je stupnice, užívaná v seismologii k vyjádření makroseismické intenzity zemětřesení
ND	nad sloupová deska
NP	nadzemní podlaží
Obr.	obrázek
R	únosnost a stabilita
E	celistvost
I	izolační schopnost
SS	střední deska
t.	tuna
Tab.	tabulka
tzv.	tak zvaný
EN	Evropské normy

OBSAH

Úvod.....	17
Cíl práce.....	18

TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE.....19

1. Historie vytvoření bez průvlakového systému „KUB 2.5“.....	19
2. Rozdělení prefabrikovaných skeletů podle typů konstrukcí.....	19
2.1 Skelety rámové.....	20
2.2 Skelety hlavicové.....	22
2.3 Skelety deskové.....	23
2.4 Bez průvlakový systém „KUB 2.5“	23
2.4.1 Montáž „KUB 2.5“	27
3. Výhody a nevýhody bez průvlakového prefabrikovaného systému.....	28
3.1 Ziskovost.....	29
3.2 Spolehlivost a bezpečnost.....	30
3.3 Vysoká rychlost výstavby.....	33
3.4 Velké možnosti různých architektonických a prostorových řešení.....	34
3.5 Výhody „KUB 2.5“ pro různé skupiny stavby.....	35

PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE.....36

1. Obecný popis stavby.....	36
2. Požadavky na pozemní stavby.....	37
3. Zatížení a kombinace.....	37
3.1 Zatížení	37
3.1.1 Stálá zatížení.....	37
3.1.2 Užité zatížení.....	39
3.1.3 Zatížení sněhem.....	40
3.1.4 Zatížení větrem.....	41
3.2 Kombinace zatížení.....	42
3.3 Materiálové charakteristiky.....	43
4. Bez průvlakový konstrukční systém „KUB 2.5“.....	44
4.1 Návrh desky.....	44
4.1.1 Návrh tloušťky desky	44
4.1.2 Posouzení desky.....	45

4.2 Návrh sloupu.....	47
4.2.1 Posouzení sloupu - interakční diagram.....	50
5. Hlavicový skelet.....	58
5.1 Návrh desky.....	58
5.1.1 Návrh tloušťky desky	58
5.1.2 Posouzení desky.....	60
5.2 Návrh sloupu.....	62
5.2.1 Posouzení sloupu - interakční diagram.....	64
6. Analýza výsledků praktické části.....	72
ZÁVĚR PRÁCE.....	73
Seznam zdrojů.....	74
Použitý software.....	76
Seznam příloh.....	76

ÚVOD

V dnešní době ve stavitelství existuje hodně možností a způsobů, jak a z jakého materiálu navrhnout budovu. Projektanty musí vybrat nejvhodnější konstrukční systém budoucího objektu, který bude maximálně splňovat požadavky a bude nejvhodnější ekonomickou variantou. V této práci budeme věnovat pozornost jednomu z možných typů konstrukčních systémů: bez průvlakovému systému z prefabrikovaného železobetonu „KUB 2.5“.

Diplomová práce je zaměřena na analýzu bez průvlakového prefabrikovaného systému „KUB 2.5“. V dnešní době systém „KUB 2.5“ možná bude nejvhodnějším výběrem mezi ostatními typy systémů. Bez průvlakový, skeletový systém má výhodné strany pro všechny účastníky stavebního procesu: rychlou dobu výstavby, bezpečnost a možnost variantního projektování.

Relevance tématu práce je touha popřít vhodnost využívání konstrukčního systému „KUB 2.5“.

Objekt výzkumu – jsou skeletové konstrukční systémy.

Předmět výzkumu – je bez průvlakový konstrukční systém „KUB 2.5“.

Motivace k napsané diplomové práci prohlubuje znalosti v oblasti skeletových systémů. Schopnost najít univerzální systém, schopné vyřešit moderní problémy v stavitelství. Rychlost výstavby, počet členů pracovníků, jednoduchost a kvalitu objektu.

Hypotéza pro diplomovou práci byla následující:

Odpovídá-li bez průvlakový systém „KUB 2.5“ pevným charakteristikům a požadavkům bezpečnosti.

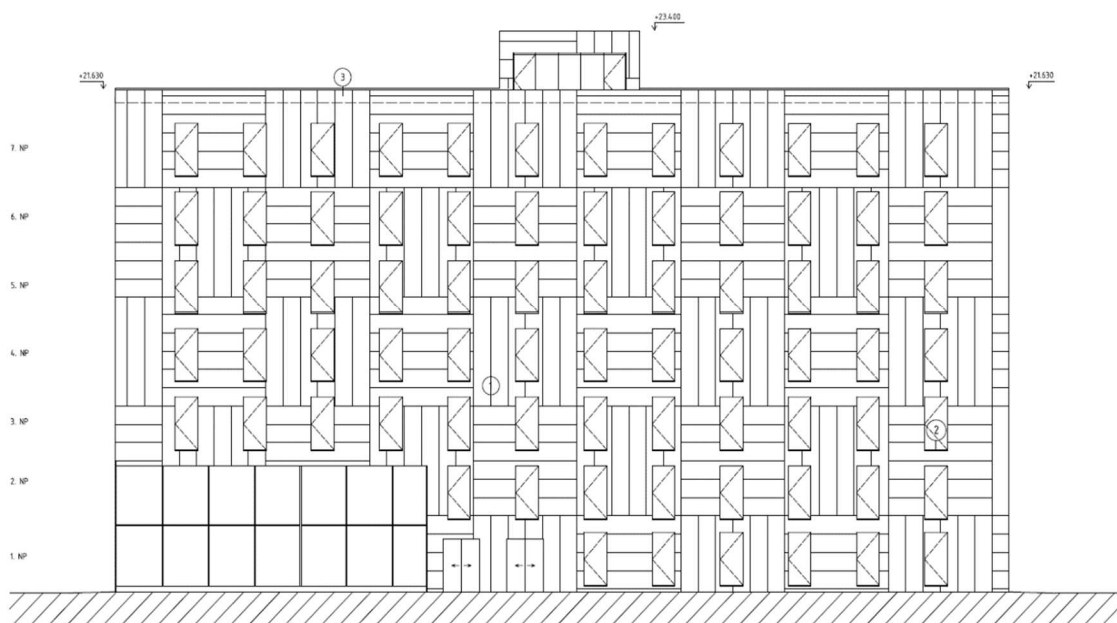
CÍL PRÁCE

Diplomová práce se zabývá analýzou bez průvlakového systému „KUB 2.5“. Těmto směrem v práci budeme uvažovat pozornost dvěma částem: teoretickou a praktickou.

V teoretické části diplomu cíl uvést analýzu existujících konstrukčních systémů, aby zjistit vhodné strany systémů při projektování různých typů objektů. Na základě výsledků analýzy uvést porovnání s bez průvlakovým konstrukčním systémem „KUB 2.5“, aby zjistit vhodné strany a to na co musíme dát pozor při projektování.

V praktickou částí diplomové práce hlavní cíl potvrdit platnost pevných, základních charakteristik prvků „KUB 2.5“: sloupu a desky. Udělat statické, ruční výpočty a výpočty pomocí programu Dlubal RFEM. Aby výsledky byli pravdivé, výpočty budou provedené v dvou variantách konstrukčních systémů: „KUB 2.5“ a klasickém, skeletovém systému - hlavicovém. V Dlubalu RFEM během výpočtů uděláme 3D modely, taky v dvou variantách, pomocí kterých budeme schopné vědět, jak se chovají konstrukční prvky při různých kombinacích zatížení.

Během diplomové práce budeme věnovat pozor vytvoření výkresovou částí. Výkresy musí odpovídat tématu diplomu, být dost rozpracované pro porozumění práce. Tato část bude uvedena v příloze k diplomu.



Obr. č.1- Fasáda navržené budovy

[Zdroj: autorka diplomové práce]

TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

V teoretické části práce je stanovená úloha provést analýzu existujících konstrukčních systémů po typů skeletu, v oblasti stavitelství pomocí sběru a analýzy informací.

Cíl je identifikovat výhody a nevýhody konstrukčního systému „KUB 2.5“ ve porovnání s klasickými a konzervativnějšími typy konstrukčních systémů.

1. Historie vytvoření bez průvlakového systému „KUB 2.5“

Historie vytvoření bez průvlakového systému, možná říct, že se začala na začátku XX století, když stavaři se začali víc přemyslet nad vytvořením takového systému, který by měl vysoké možnosti projektování, rychlost stavby a taky architektonické příležitosti. Takový systém, které možná říct, že měl by být univerzální pro všichni strany stavebního procesu.

Na začátku minulého století, jak ukazuje různé zdroje, poprvé, stavaři se začali používat bez průvlakové systémy při vystavbě vícepodlažních budov. Bylo to spojené, že nedostatek průvlaků ve skeletovém systému se dává víc možností při projektování a využívání objektu.

Nicméně, protlačení desky skrz sloupy zůstával problémem, kterou stavaři musili vyřešit, aby zabezpečit konstrukční systém jako celek. To se poradilo udělat, pomocí speciální technologie vyztužení hlavních konstrukčních prvků: sloupů a desek. Vyztužení desek a sloupů plní v systému funkce průvlaků a dělají skelet pevnější. Myslím že taky velkou role v řešení tohoto problému sehrál růst technologického progresu, pomocí kterého lidé dosáhli k lepším materiálům a zvětšení jejich charakteristik pevnosti.

Ve roce 1902 Orlano Norks udělal patent na využívání tohoto systému v USA. Ve roce 1906 v USA inženýrem Tornerem byl navržen a postaven první objekt s nedostatkem průvlaků, pak v roce 1908 v Rusku byla postavena 4-ch podlažní budova, zatím ve roce 1910 v Švédsku postavená první bez průvlaková budova. Pak tento systém rychle se začali využívat i jiné země.

Ve dnešní době stavaři aktivně využívají prospěchy tohoto konstrukčního systému, který v průběhu své stoleté historie prošel významnými změnami designu, metodů výpočtu a aplikací.

2. Rozdělení prefabrikovaných skeletů podle typů konstrukcí

V této práci nás bude zajímat klasické typy skeletů, jejich výhody a nevýhody při porovnání s předmětem výzkumu, systémem „KUB 2,5“. Prefabrikované skelety se dělí podle způsobu přenášení zatížení, podle technologie, podle typu využívané konstrukce atd.

Skeletové systémy se vyvinuly ze stěnových systémů redukcí nosných stěn. Zatížení jsou přenášeny samotnými sloupy a ztužujícími stěnami, diagonálními ztužidly nebo ztužujícími jádry. Ve srovnání se stěnovým systémem, skelet je méně tuhý. Ale naproti tomu umožňuje výrazně lepší variabilitu dispozičního řešení objektu. Konstrukční prvky skeletového systému bývají nejvíce ze železobetonu nebo předpjatého betonu (monolitického nebo prefabrikovaného), rovněž se provádějí ocelové. Podle způsobu přenášení zatížení stropů do sloupů, prefabrikované skelet se dělí na:

- a) rámový (průvlakový);
- b) hlavicový (hřibový);
- c) deskový (bez průvlakový);
- d) kombinovaný.

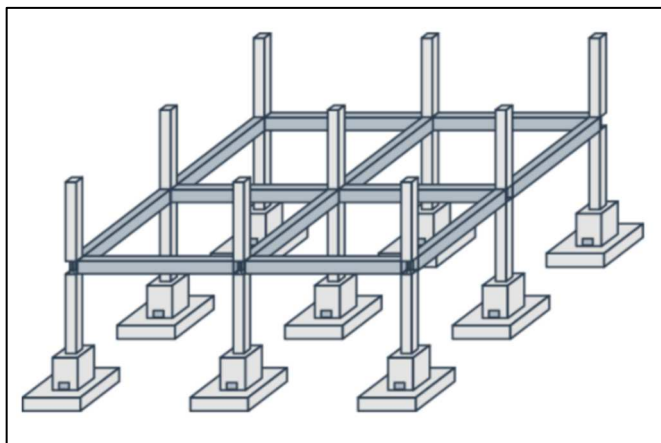
Zvlášť bude popsán bez průvlakový systém „KUB 2.5“. Podle typů konstrukce „KUB 2.5“, můžeme říct že podobný deskovému typu skeletu.

2.1 Skelety rámové

Skeletový systém nejčastěji se navrhuje jako rámový systém. Rámová konstrukce je tvořená spojenými sloupy s vodorovnými průvlakami (příčlemi), které podporují stropní konstrukci a přenáší zatížení.

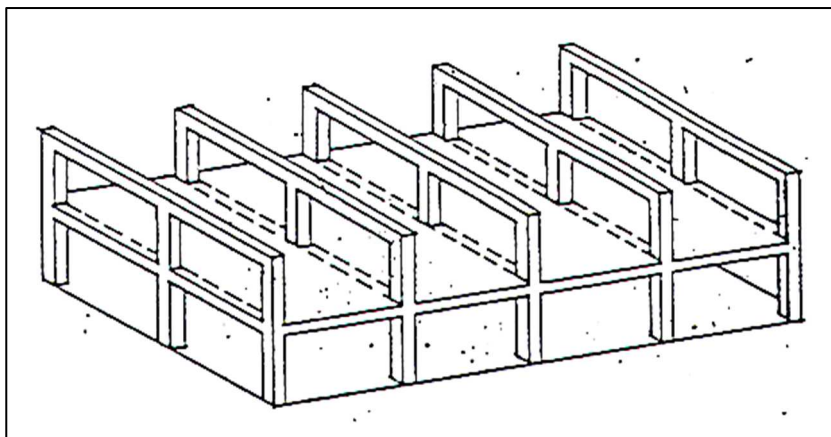
Ramový systém může být: jedno nebo vícepodlažní; být podélně, příčně nebo vztvorený v obou směrech.

- a) Obousměrný rámový systém – vytváří prostorové rámy. Tyto rámy přidávají objektu výstavby větší tuhost, díky tomu se tento systém hodí pro různé objekty, ale největší výhoda dosahá při projektování věžových objektů s velkým namáháním od větru nebo dynamického zatížení.



Obr.č. 2- Skeletový systém s
obousměrnými rámy
[Zdroj: <https://cutt.ly/iydGqXx>]

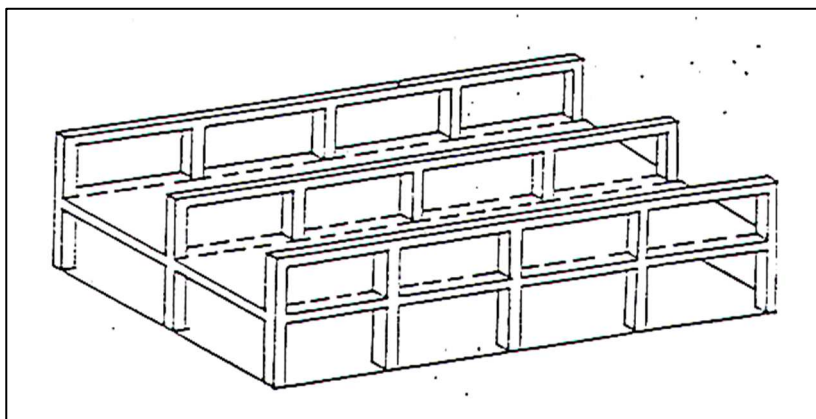
- b) Příčný rámový systém – je uvedený systém podélnými stěnami. Rámy tohoto skeletu mají průvlaky kolmo k podélné ose budovy. Ten systém se hodí pro různé objekty, ale pro vyšší budovy má výhodu v tom, že příčle dobře odolávají vodorovné zatížení. Taky příčle umožňují libovolné členění fasády, ale ovšem překážejí podélným instalačním rozvodům pod stropem.



Obr. č.3 - Skeletový systém s příčnými rámy

[Zdroj: <https://goo-gl.su/QGE3D>]

- c) Podélný rámový systém – je v porovnání s ostatní typy rámových skeletů, málo tuhý. Podélné rámy jsou z hlediska působení dynamickému zatížení vhodné pouze pro nízkopodlažní objekty výstavby. Příčle nepřekážejí podélným instalačním rozvodům, ovšem ovlivňují možnosti řešení fasády a zastiňují místnosti.



Obr.č. 4 - Skeletový systém s podélnými rámy

[Zdroj: <https://goo-gl.su/QGE3D>]

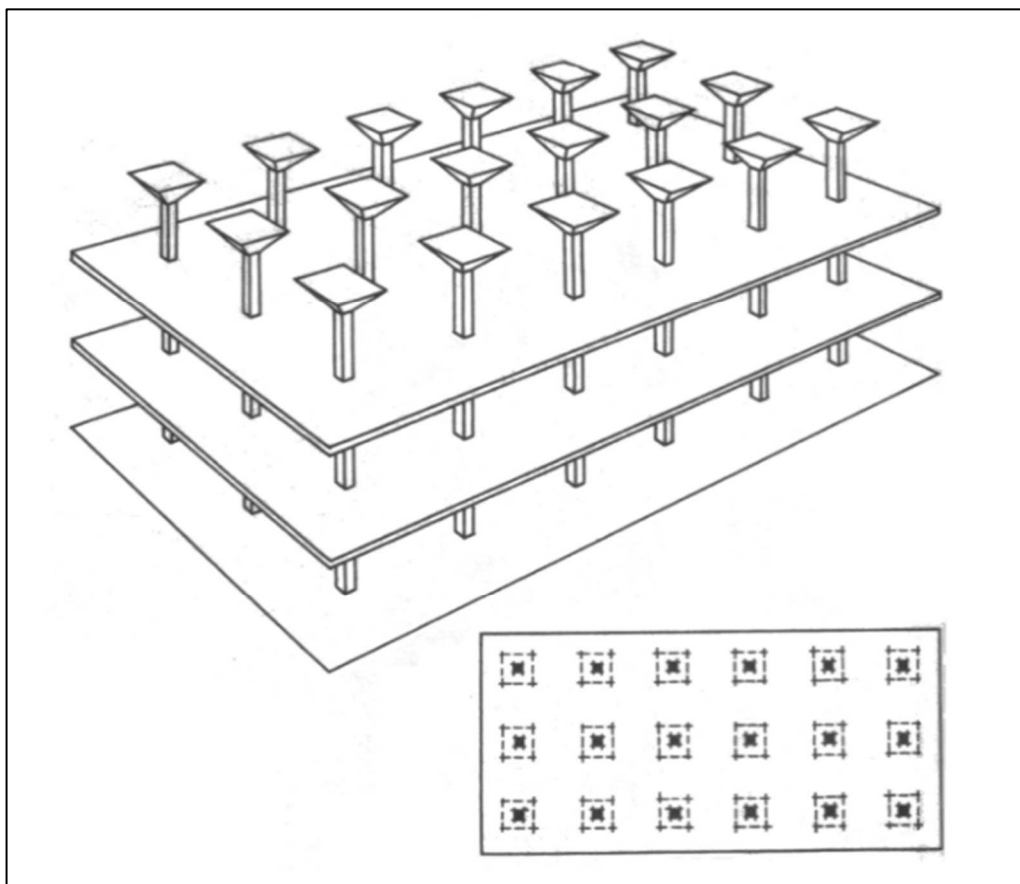
2.2 Skelety hlavicové (hřibové)

Hlavicový systém – je systém, v kterém funkci klasických průvlaků na sobě berou hlavice. Hlavice přináší zatížení do sloupů.

Rozšířené sloupové hlavice zajišťují bezpečnost proti propíchnutí. Hlavicové sloupy mají tvar: pravoúhlý, kruhový, mnohoúhelníkový.

Tento systém se hodí nejlépe při nutnosti objektu výstavby přinášet velké zatížení na stropní konstrukce: sklady, továrny, knihovny atd.

Z důvodu bezpečnosti proti propíchnutí konstrukce tento konstrukční typ systému budeme porovnat s konstrukčním systémem „KUB 2.5“.

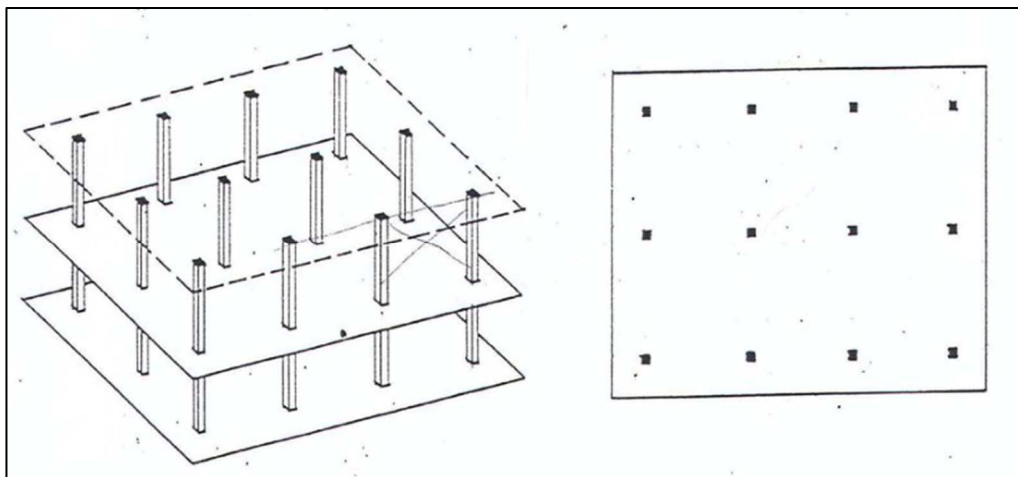


Obr.č. 5 - Skeletový hlavicové (hřibový) konstrukční systém

[Zdroj: <https://cutt.ly/OyhOWmr>]

2.3 Skelety deskové

Deskové skelety mají stropy podporované přímo sloupy. V těchto místech je tedy nutné silné vyztužení stropních desek (tzv. skryté průvlaky) a taky musí být doplněny ztužujícími konstrukcemi. Mají rovný podhled, používají se pro bytové a občanské budovy s malým zatížením stropů.



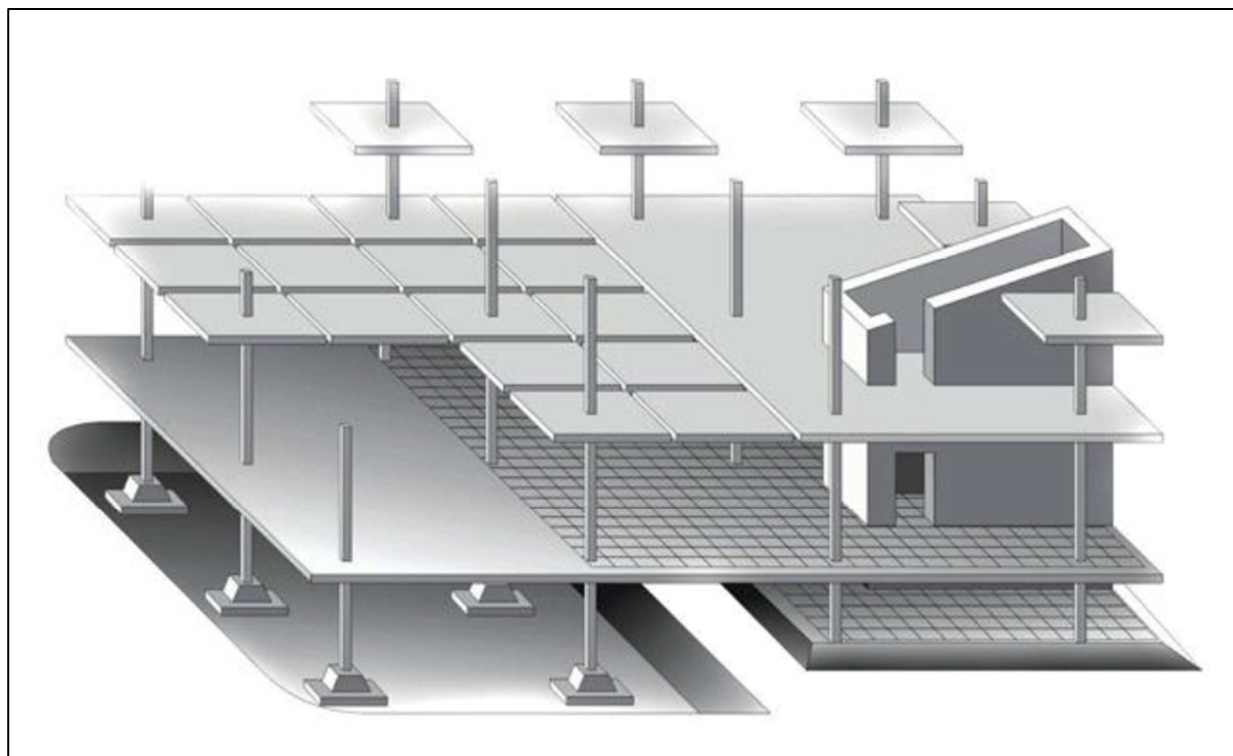
Obr.č.6 – Skeletový deskový konstrukční systém

[Zdroj: <https://goo-gl.su/8DgD3>]

2.4 Bez průvlakový systém „KUB 2.5“

„KUB 2.5“ je prefabrikovaný skelet, který podoben skeletu deskovému. Role průvlaků se provádí stropní desky, které přenáší zatížení do sloupu. Prostorová tuhost je zajištěna tuhým (tzv. rámovým) spojením na úrovni každého patra. Elementy tuhostí se dává možnost projektovat mnoho patrové budovy v oblastech s vysokou seismikou. Tento typ konstrukčního systému možné se využívat při projektování různých objektů při různých klimatických podmínkách, díky tomu můžeme říct „KUB 2.5“ je univerzální systém.

Skelet „KUB 2.5“ je sestaven ze systémových prvků, které jsou 100% připravené na výrobu, s následnými monolitickými sestavami. V provozní fázi skelet se chová jako monolitický systém.

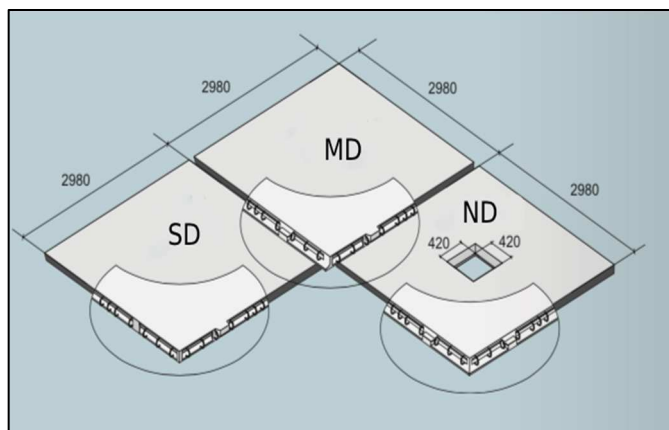


Obr.č.7 - Skeletový konstrukční systém „KUB 2.5“

[Zdroj: <https://studfile.net/preview/512456/>]

Konstrukční systém je snadno vyrobiteľný. Hlavními prvky bez průvlakového systému jsou stropní desky, sloupy a elementy tuhosti. Prvky mají jednoduchý geometrický tvar a minimální počet velikostí. S hlavními konstrukčními prvky je možné použít schody, ventilační bloky, šachty výtahu, šachty odsávání kouře z jiných typů systémů, které má výrobce nebo potřebuje architekt.

Systém „KUB 2.5“ umožňuje použití prefabrikovaných jedno-modulových desek s maximální velikostí 2980 x 2980 x 160 mm, které se v závislosti na jejich umístění v rámu dělí na: ND – nad sloupová deska, MS – mezi sloupová deska, SS – střední deska. Mezera mezi deskami je pouze 20 mm, což umožňuje provést monolitické práce švů bez instalace bednění.



Obr.č. 8 - Označení stropních desek v závislosti na jejich umístění a velikosti

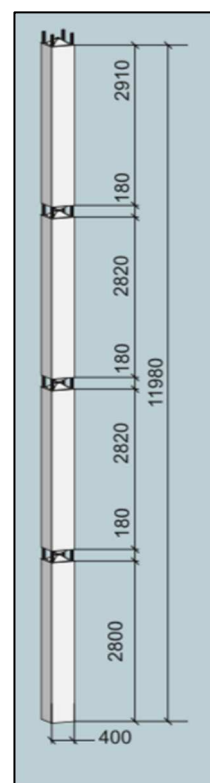
[Zdroj: [http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB Tehnology nov.PDF](http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF)]

Struktury spojů sloupů a stropních desek mezi sebou nevyžadují instalaci bednění, což snižuje složitost konstrukce.

„KUB 2.5“ umožňuje použití souvislých (vícepodlažních) sloupů o průřezu 400 x 400 mm s maximální délkou 11 980 mm. Navržené rámové konstrukce zajišťují výšku podlaží v budovách 2,8; 3,0 a 3,3 m s hlavní mřížkou sloupů 6 x 6 m. Při vyztužování sloupů lze výšku podlahy zvýšit na 11 m.

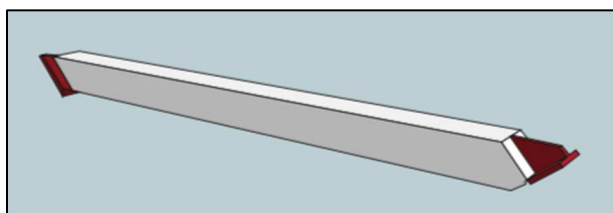
Bránici tuhosti jsou instalovány ve vyrovnávání sloupů nebo ve spojích překrytí. Výška bránic odpovídá výšce patra.

Spoje - železobetonové výztužné prvky o průřezu 200 x 250 mm, instalované pro výšku podlahy (2,8; 3,0; 3,30 m) mezi sloupy.



Obr. č.10 - Příklad vícepodlažních sloupů

[Zdroj: [http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB Tehnology nov.PDF](http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF)]



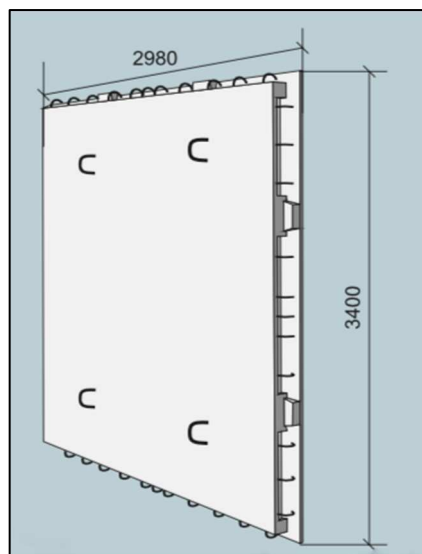
Obr.č.9 - Příklad spoje

[Zdroj: [http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB Tehnology nov.PDF](http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF)]

Únosnost stropních desek umožňuje použití karkasu v budovách s intenzitou zatížení na patro nejvýše 1200 kg/m². Modifikace konstrukcí bez průvlakového skeletu při využívání spoje a membrán tuhostí zahrnuje výstavbu budov s podlahovým zatížením až 2500 kg/m².

Standardní dočasné svislé zatížení podlahových desek je 200 a 400 kg / m².

Rámové schéma se používá v budovách do 5 pater vysokých za normálních konstrukčních podmínek. V jiných případech se používá schéma-propojení pomocí spoje a bránic.



Obr. č. 11 - Bránice tuhosti

[Zdroj: <https://cutt.ly/WyhOHqf>]

Konstrukční systém „KUB 2.5“ je založen na původní propojovací jednotce pro dva hlavní prvky – desky a sloupy pomocí základních detailů – ocelovou skořepinou, speciální konstrukce připojenou k výztužným klecím umístěným v tělese panelu. Beton v tomto uzlu pracuje při podmínkách komplexního stlačování, v důsledku čehož dohází k samopevnosti prvku. Toto umožnilo se vyhnout svařování lázně na spoji sloupů, v sestavě jsou přítomny pouze montážní spoje.



Obr. č.12 - Montážní spoje systému „KUB 2.5“

[Zdroj: <http://www.tksm72.ru/products/Karkasnaya stroitelnaya sistema KUB 2 5/>]

Rozdělení stropních konstrukce je navrženo tak, že spoje desek jsou umístěny v oblastech, kde je velikost ohybových momentů nulová. Spoje konstrukčních prvků díky monolitické práci tvoří rámový systém, kde role průvlaků na sobě berou desky.

2.4.1 Montáž „KUB 2.5“

Při vývoji systému „KUB 2.5“ byla použita řešení, která výrazně snížila dobu výstavby budovy:

- instalace svislých konstrukcí se provádí okamžitě na několika patrech;
- konstrukce spojení sloupů nevyžaduje provádění svařování nosné výztuže lázní;
- není nutné instalovat (a následnou opakovanou montáž) bednění;
- konstrukce spojů sloupů a podlahových desek mezi sebou nevyžaduje instalaci zvláštního bednění pro spáry, což snižuje složitost konstrukce;
- snadná instalace je rovněž dosažena prostřednictvím samo-fixace prvků a výrobních standardů.

Konstrukční výrobky „KUB 2.5“ mohou být naskládány do stohů až do 10 kusů, což umožňuje úspěšně pracoviště na stísněném staveništi.

Karkas lze navíc instalovat za každého počasí a malý počet pracovníků na staveništi snižuje pravděpodobnost použití nekvalifikované pracovní síly. Rychlost výstavby taková že, 5 montážníků a jeden operator jeřábu může namontovat 300 m² za směnu (8 hodin).



Obr. č.13 - Montážní práce mezi sloupové desky

[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]

Instalace konstrukcí „KUB 2.5“ se provádí v tomto pořadí:

- Montáž nebo betonáž základů objektu;
- Montáž sloupů a betonáž spárů mezi sloupy a základy
(montáž vertikálních konců může být proveden na několik páter);
- Montáž stropních konstrukcí (desek).

3. Výhody a nevýhody bez průvlakového prefabrikovaného systému

Každá stavební organizace se snaží implementovat vzorec „Stavit objekt rychle, efektivně a za minimální náklady“. Technologie „KUB 2.5“ zajišťuje vysokou rychlost výstavby, energetickou a materiálovou účinnost a hlavně pevnost, stabilitu a odolnost vůči zemětřesení pro budoucí budovu. Jedním slovem, tato inovační technologie poskytuje skvělé příležitosti pro investory, vývojáře, architekty a designéry.

Hlavní výhody tohoto konstrukčního systému:

- a) Ziskovost;
- b) Spolehlivost a bezpečnost;
- c) Vysoká rychlost výstavby;
- d) Velké možnosti různých architektonických řešení;
- e) Velké možnosti prostorových řešení.



Obr. č. 14 - Příklad 16 patrového bez průvlakového domů „KUB 2.5“

[Zdroj: <https://studfile.net/preview/5658490/>]

3.1 Ziskovost

Unikátní technická řešení používaná v systému „KUB 2.5“ umožňují dosáhnout nejnižšího ukazatele ve stavebnictví z hlediska spotřeby materiálu (spotřeba kovu a železobetonu na m²), a tedy i nákladů na skelet jako celek.

Snížení nákladů na bez průvlakový systém je způsobeno:

- nižší spotřebou železobetonu na 1 m² plochy;
- snížení nákladů na pracovní sílu při výstavbě bez průvlakového skeletu;
- snížení nákladů na výstavbu základů;
- úspory v energetických zdrojích;
- použití úspornějších možností pro vytváření stěn.

Název materiálů	Měrné jednotky
Beton (prefabrikovaný)	0,19 m ³ na m ²
Beton (spojovací beton)	0,016 m ³ na m ²
Kov (výztuž)	12,63 kg /m ²
Skutečná práce	0,51 pracovník za hodinu na 1m ²

Tab. č. 1 Technické a ekonomické ukazatele na 1 m² desky

[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]

Název ukazatelů	Měrné jednotky	„KUB 2.5“	Monolitický skelet	Cihelný skelet
Spotřeba železobetonu	m ³	0,17	0,20	0,14
Spotřeba monolitů	m ³	0,12	0,20	0,02
Spotřeba oceli na nosné konstrukce	kg	12,3	19,7	12,0
Spotřeba materiálů pro stavební obálky (cihla, pórobeton)	m ³	0,30	0,30	0,85
Stavební náklady	%	87	92	100

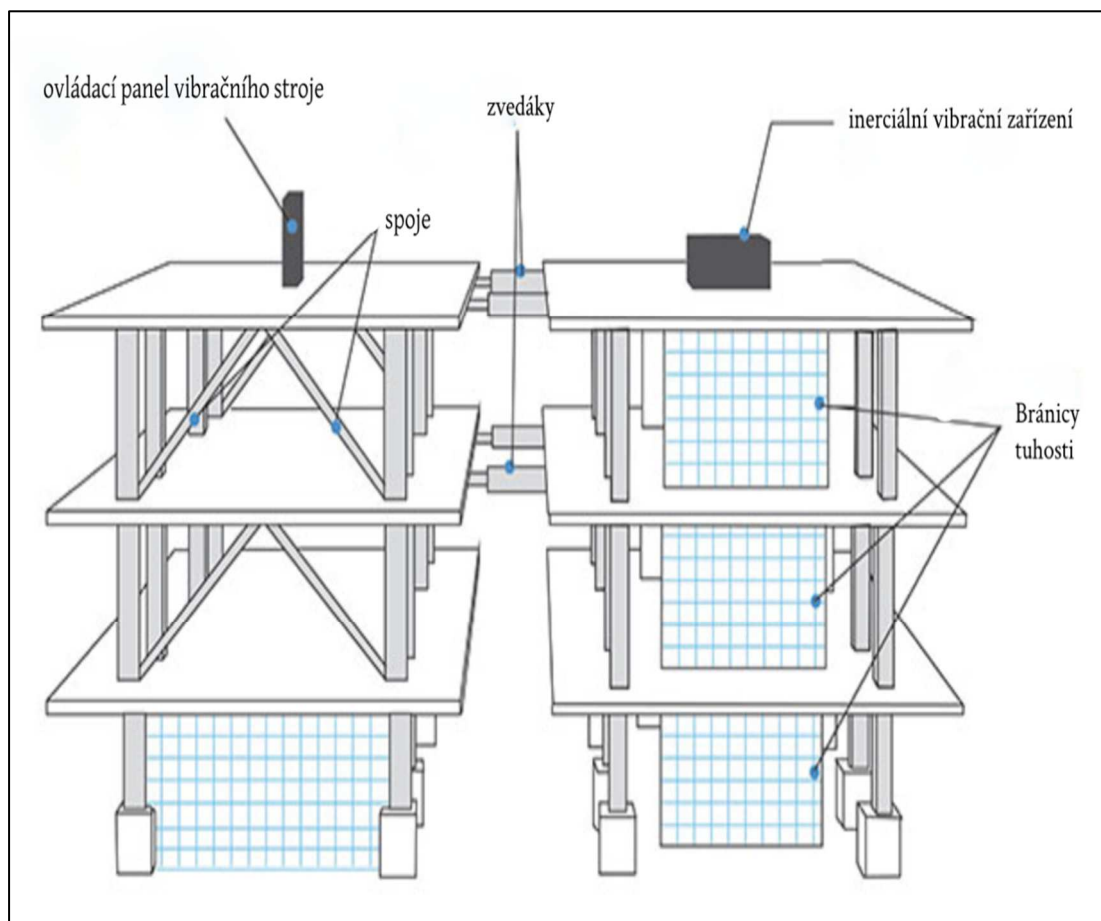
Tab. č.2 Technické porovnání různých typů konstrukčních systémů

[Zdroj: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF]

3.2 Spolehlivost a bezpečnost

Nejdůležitější věcí ve výstavbě je kvalita a bezpečnost postavených objektů. Kvalitu a bezpečnost bez průvlakového systému potvrzuje různé zkoušky, které garantuje kvalitu tohoto systému v různých situacích.

Aby se potvrdila seismická stabilita bez průvlakového skeletu pro stavbu v seismických regionech, byly od 22 do 29 srpna 2008 řádně provedeny na PC LLC „KUB-Sibir“ v Permu statické a dynamické zkoušky stavebních fragmentů. Byly testovány dva experimentální třípodlažní fragmenty budovy z prvků systému "KUB 2.5" v plné velikosti se simulací pracovní zátěže s cílem jejího rozumného využití ve výstavbě v lokalitách se seismicitou až 7–9 bodů v měřítku MSK-64. Při stavbě prvního fragmentu budovy byly použity jako elementy tuhosti spoje, při stavbě druhého fragmentu budovy byly použity bránice tuhosti.



Obr. č. 15 - Schémata provedení seismické zkoušky „KUB 2.5“

[Zdroj: <http://karkas-pro.ru/stati/item/69-konstruktsii-bezrigelnogo-karkasa.html>]



Obr. č. 16 - Fotodokumentace provedení seismické zkoušky „KUB 2.5“

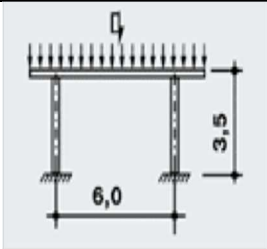
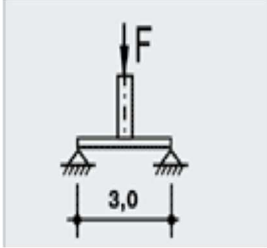
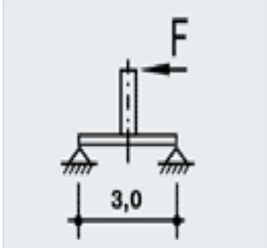
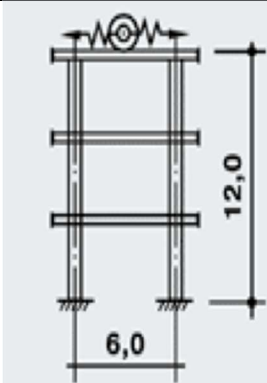
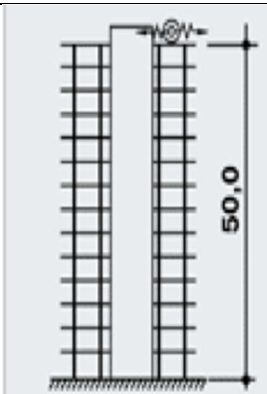
[Zdroj: <http://karkas-pro.ru/stati/item/69-konstruktsii-bezrigelnogo-karkasa.html>]

Podle výsledků testu byla seismická odolnost bez průvlakového systému "KUB 2.5" potvrzena až do 9 bodů – při použití bránice tuhosti jako, až do 7 bodů – při použití spoje.

Aby se potvrdila požární odolnost stavebních rámových prvků na základě "KUB 2.5", byly v roce 2008 provedeny certifikační zkoušky betonových podlahových desek se sloupem a středním železobetonem na CSC Fire-Resistance-TsNIISK CJSC v Moskvě.

Tento systém má certifikáty požární bezpečnosti, které garantují kvalitu železobetonových prvků. Požární bezpečnostní zkoušky desek nad sloupem byly provedeny při rovnoměrném zatížení 700 kg / m^2 . Vyhřívaná plocha betonové desky – strana desky s pracovní výztuží nedosáhla mezních stavů a odpovídá hranici požární odolnosti nejméně REI 180. Pro průměrnou železobetonovou desku byla hranice požární odolnosti REI 120.

Kvalitu prvku musí zajistit výrobce, které musí udělat řadu zkoušek před tím, když prvky budou doručené na stavbu.

Rok	Schéma	Cíl	Výsledky
1967		Stanovení únosnosti a deformace fragmentu působením svislého zatížení.	Při očekávání destruktivním zatížením, žádné poruchy se neobjevili.
1969		Kontrola únosnosti sloupové desky pro tlačení.	Bylo testováno 10 vzorků, návrhové zatížení 52 t. mezní zatížení 100 t.
1977		Kontrola tuhosti sloupu s deskou.	Bylo testováno 8 vzorků, tuhost uzlu je udržována až do lomu.
1981		Kontrola seismickou odolnosti rámu při 1 a 2 režimech vibrací.	Při očekávání destruktivním zatížením, žádné poruchy se neobjevili.
1987		Stanovení únosnosti a deformace fragmentu působením svislého zatížení.	Při očekávání destruktivním zatížením, žádné poruchy se neobjevili.

Tab. č. 3 – Příklady experimentů nad „KUB 2.5“

[Zdroj: <http://kub-invest.ru/sist.html>]

3.3 Vysoká rychlost výstavby

Jedním z hlavních významných faktorů při realizaci projektu je rychlost výstavby objektu. Systém „KUB 2.5“ umožňuje možnost zrychlení výstavby objektu, díky tomu, že:

- všechny konstrukční prvky vyráběný v továrně a montovány na staveništi podle principu projektanta, který musí zajistit konstrukci systém takovým způsobem, aby se zabránilo prodloužení doby výstavby;
- všechny prvky mají speciální, zjednodušenou formu, tvar a velikost, což zase umožňuje jednoduchost a přístupnost výstavby;
- všechny prvky jsou sjednocené, což umožňuje stavitelům získat školení o používání tohoto systému v kratší dobu;
- instalace bez průvlakového systému možná se provádět za jakýchkoli povětrnostních podmínek, což prodlužuje sezónní období výstavby;
- při montáži karkasu se provádí minimálně monolitická práce.

Tato technologie umožňuje možnost výstavby objektu od týmu instalačních techniků po 5 osob bez ohledu na počasí a sezónní podmínky, montovat stropní konstrukce v poměru 300 m² za směnu, prostorová struktura se shromažďuje rychlostí až 250 m² za směnu.



Obr. č. 17 – Snímek výroby nad sloupovou deskou. Proces výztužení.

[Zdroj: autorka diplomové práce]

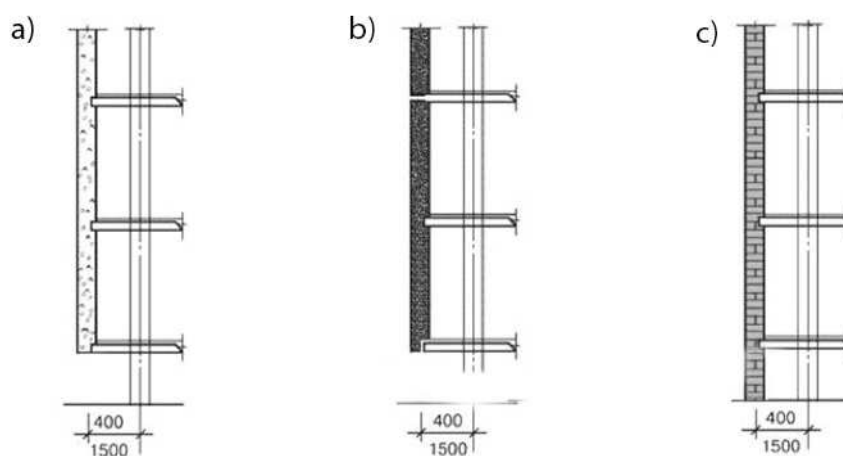
3.4 Velké možnosti různých architektonických a prostorových řešení

Systém „KUB 2.5“ umožňuje začlenit bez průvlakový skelet do jakéhokoli architektonického řešení a poskytuje neomezené možnosti řešení územního plánování.

Obohatit architektonický vzhled budovy možná díky:

- Použití různých fasádních systémů, od cihel po větrané fasády, které lze použít kvůli jediné nosné konstrukci;
- Zařízení vikýřů, lodžii a balkonů;
- Přemístění vnějších stěn (kterékoli z nich lze radiálně přemístit na každé podlaží);
- Přítomnost konzolové části podél obvodu stropu, umožňuje pohodlné řešit teplotu a sedimentární klouby, přilehlost k jiným budovám, galerie a ochranu před sluncem pro jižní regiony;
- Stavební geometrie objektu.

Tento typ konstrukčního systému umožňuje možnost projektování bud' to bytové, veřejné, administrativní, anebo sociální objekty.



Obr. č. 18 - Příkladů možných řešení fasád

a) stěny z betonu; b) panely; c) cihlová výplň

[Zdroj: <https://studfile.net/preview/5658490/>]

Konstrukční systém „KUB 2.5“ dává architektům a projektantům velkou možnost variabilnosti prostorových řešení. Nedostatek nosných stěn a průvlaků se dělájí jednoduše realizace prostorových řešení objektu, a taky dává možnost rychle změny místnosti podle investorskou chuti.

3.5 Výhody „KUB 2.5“ pro různé skupiny stavby

Konstrukční systém „KUB 2.5“ má různé výhody pro skupiny lidí, které má vliv na implementaci objektu stavby. V skupinu lidí, které mají zájem o stavbě objektu se vchazejí: investoři, architekti, projektanti, stavbyvedoucí atd.

Výhody konstrukčního systému pro každou skupinu zvlášť:

- a) pro investoři to jsou nízké náklady na projekt ve srovnání s jinými typy bytové výstavby; relativní vysoká rychlost konstrukce objektu; spolehlivost a mobilita konstrukcí.
- b) pro architekti to jsou možnosti různých architektonických řešení, které se nebudou záviset na typ konstrukčního systému; velká možnost realizace různých prostorových řešení objektu.
- c) pro projektanti to jsou výhody, které popsány vyšší plus rychlá možnost projektování a přepravení projektovou dokumentací pro úřady, díky zjednodušení výkresovou částí.
- d) pro stavbyvedoucí to jsou zjednodušený montáž konstrukčního systému, možnost zrychleného studia montáže pro pracovní skupiny, rychlost instalace a zkrácení doby výstavby.



Obr. č. 19 - Příklad budovy realizovanou v systému „KUB 2.5“

[Zdroj: <http://www.stroi-master.com/remont-kvartir-v-domah-serii-kub-2.5>]

PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cíl praktickou částí provést statický výpočet 2 systém: bez průvlakového a hlavicového systému, na základě výsledků provést statické porovnání objektů. Pro spolehlivé výsledky potřebujeme vytvořit 3D modely v programu Dlubal RFEM pro oba varianty.

1. Obecný popis stavby

Jedná se o jeden objekt, konstrukční systém, který bude navržen ve dvou variantech: bez průvlakovém „KUB 2.5“ a hlavicovém konstrukčním systému. Architektonický koncept objektu vezmeme z předmětu KME/PRJS1. Typ budovy – komerční. Objekt má 7. nadzemních podlaží. Část budovy bude k pronájmu obchodních ploch, přesně 1-3.NP, ostatní podlaží 4 -7. NP bude k pronájmu kancelářských prostorů.

Objekt je pro další výpočet situován v Praze. Zatížení sněh a vítr pro výpočet vezmeme v souladu se zónou.

Konstrukční systém v dvou variantech je prostorový železobetonový skelet. Základní půdorysný rozměr je 39 x 39 m. V podélném a příčném směrech jsou osy ve vzdálenosti 1,5m od kraje budovy, a uprostřed objektu mezi sloupy vzdálenost je 6m. Základové konstrukce byli navrženy typů – piloty. Hlava piloty má výměry 1200/1200 mm, pilota má šířku 800/800 mm, celkem délka je 9 m. Beton C25/30, vyztuž B500. Proti kručení a větrací objektu byli v každou straně objektu navrženy spojí tuhosti. Uprostřed budovy navrženy schodiště, které jsou jádra tuhosti objektu.

2. Požadavky na pozemní stavby

Požadavky na pozemní stavby popsány v normativní dokumentaci, které musíme dodržovat v diplomové práci, aby mít skutečné výsledky.

3. Zatížení a kombinace

Hodnoty zatížení a kombinací uvažovány dle normy ČSN EN 1991-1-1.

3.1 Zatížení

3.1.1 Stálá zatížení

Stálé zatížení od podlahy jednoho podlaží pro výpočet v programu Dubal. Vlastní zatížení od konstrukčních prvků se počítají v programu samostatně z objemové hmotnosti a geometrie průřezu použitého materiálu. Pro zjednodušení výpočtu byl navržen jeden typ skladby podlah pro kancelarské a obchodní plochy všech pater.

1.Skladba podlahy - obchodní plochy, kanceláře, chodby v 2.- 6.NP						
Materiál	Tloušťka vrstvy [m]	Objem. tíha ρ [kN/m ³]	Velikost zatížení $g_{(i),k}$ [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ	Zatěžovací plocha [m ²]	Celkové zatížení Gd [kN]
Keramická dlažba	0,009	20	0,18	1,35	36	8,748000
Lepicí tmel	0,004	15	0,06			2,916000
Potěr cementový	0,05	20	1			48,600000
PE fólie	-	-	-			-
Isover Aku Piano	0,04	0,15	0,006			0,291600
ŽB deska	0,16	25	4			194,400000
AKU Isover	0,05	0,3	0,015			0,729000
Rošt + SDK desky	0,0125	-	0,4			19,440000
CELKEM:			5,661			

Tab. č. 4 - Skladba podlahy

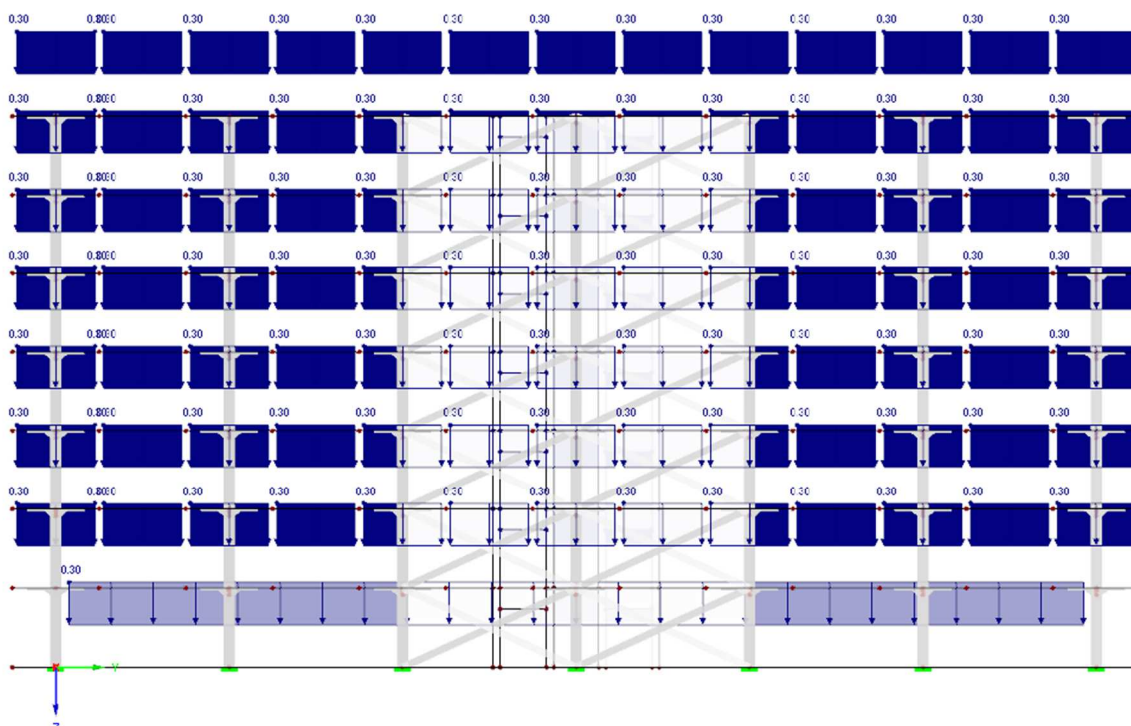
[Zdroj: autorka diplomové práce]

2. Skladba střešní k-ci						
Materiál	Tloušťka vrstvy [m]	Objem. tíha ρ [kN/m ³]	Velikost zatížení $g_{(i),k}$ [kN/m ²]	Součinitel zatížení γ	Zatěžovací plocha [m ²]	Celkové zatížení Gd [kN]
Finalní asfalt	0,0042	14	0,0588	1,35	36	2,857680
Podkladní asfalt	0,0035	14	0,049			2,381400
Pěnový polystyren	0,32	0,35	0,112			5,443200
Asfaltový pás	0,004	14	0,056			2,721600
ŽB deska	0,16	25	4			194,400000
Cemix Selikons	0,01	16	0,16			7,776000
Rošt + SDK desky	0,0125	-	0,4			19,440000
CELKEM:			4,8358			

Tab. č. 5 - Skladba střešní k-ci
 [Zdroj: autorka diplomové práce]

Zatížení od technologie:

$$G_d = g_k * \gamma = 0,2 * 1,35 = 0,27 \text{ kNm}^2$$



Obr. č. 20 - Zatížení od technologie
 [Zdroj: autorka diplomové práce]

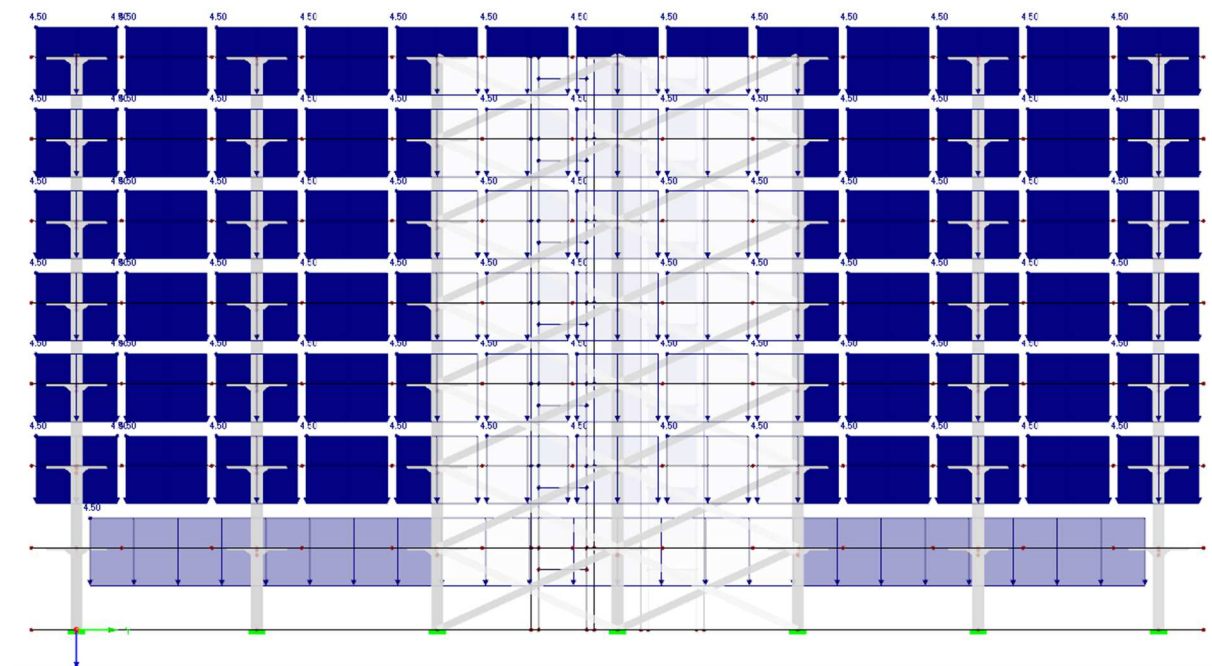
3.1.2 Užité zátížení

Užitné zátížení pro kancelářské plochy bylo uvažováno hodnotou 3 kN/m^2 , za užité zátížení obchodní plochy bylo uvažováno 3 kN/m^2 .

Popis	Char. zátížení $g_{(i),k} [\text{kN/m}^2]$	Součinitel zátížení γ	Zatěžovací plocha $[\text{m}^2]$	Podlaží	Celkové zátížení $Q_d [\text{kN}]$
Kancelářské plochy	3	1,5	36	4	648
Obchodní plochy	3			2	324
Sníh	0,7	1		37,8	
Celkem:					1009,8

Tab. č. 6 - Užité zátížení

[Zdroj: autorka diplomové práce]



Obr. č. 21 - Zátížení užité

[Zdroj: autorka diplomové práce]

3.1.3 Zatížení sněhem

Objekt se nachází v Praze. Dle mapy sněhových oblastí na území ČR se jedná o sněhovou oblast I, pro kterou odpovídá charakteristická hodnota $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$.

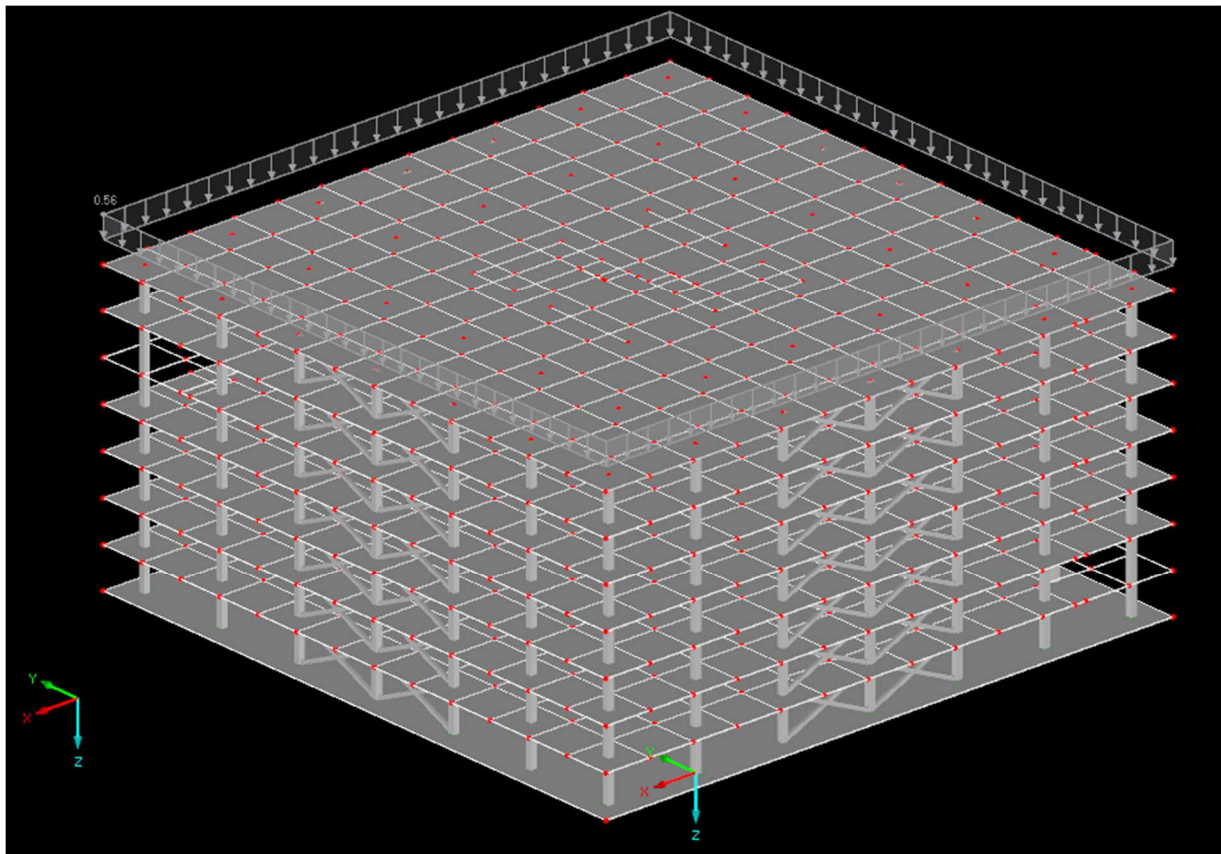
$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k$$

μ_i – tvarový součinitel zatížení sněhem – 0.8 pro ploché strechy;

C_e – součinitel expozice – uvažovaná hodnota 1;

C_t – tepelný součinitel – uvažovaná hodnota 1.

$$s = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.7 = 0.56 \text{ kN/m}^2$$



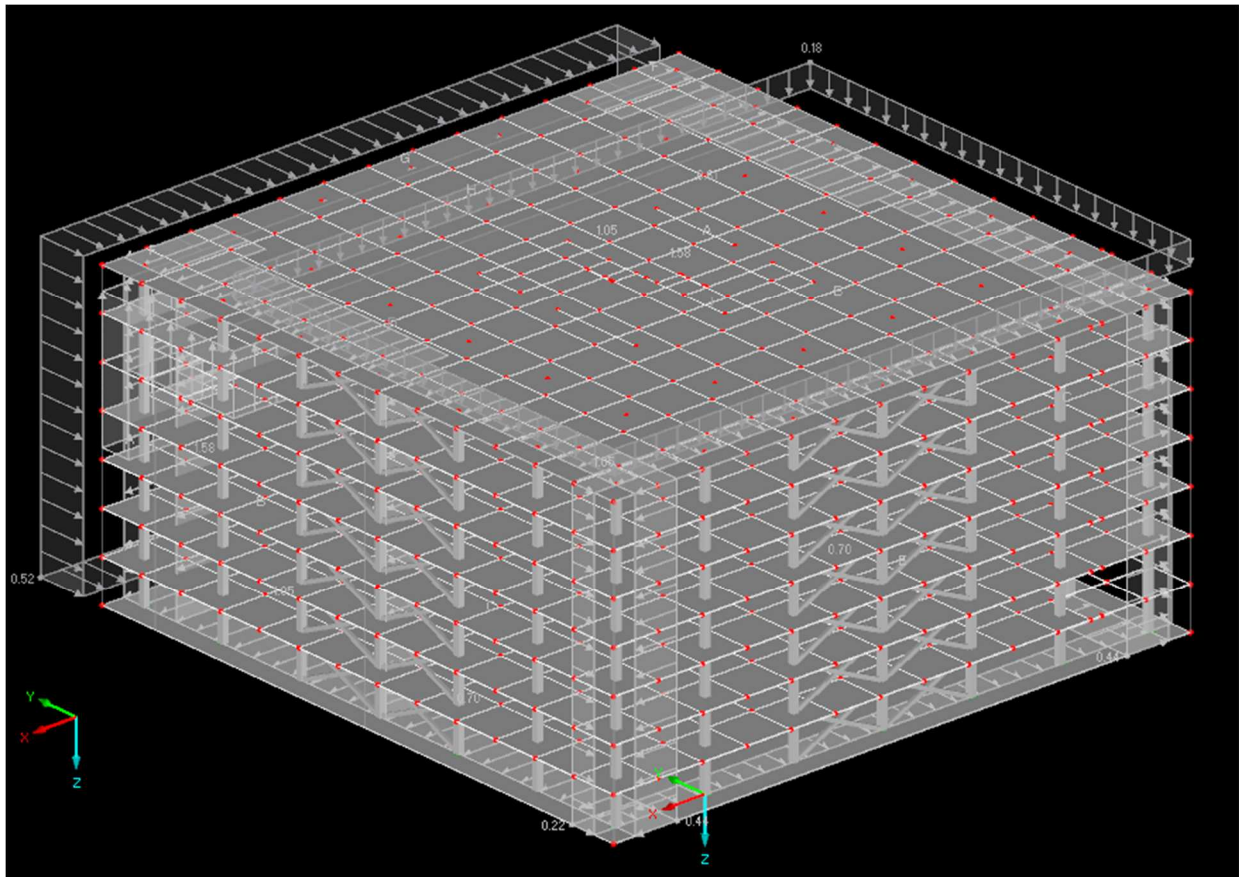
Obr. č.22 - Zatížení sněhem

[Zdroj: autorka diplomové práce]

3.1.4 Zatížení větrem

Objekt se nachází v Praze. Dle mapy větrných oblastí na území ČR se jedná o větrnou oblast I, pro kterou odpovídá charakteristická hodnota $v_{b,0} = 0,7 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení bylo vygenerováno programem Dlubal RFEM podle I větrné oblasti.



Obr.č.23 - X Zatížení větrem

[Zdroj: autorka diplomové práce]

3.2 Kombinace zatížení

Pro posouzení na účinky MSÚ je uvažována kombinace 6.10a nebo 6.10b dle ČSN EN 1992-1-1

$$\sum_{j \geq 1} = \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} = \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

Pro posouzení na účinky MSP je uvažována příslušná kombinace charakteristická nebo kvazistálá dle ČSN EN 1992-1-1

Charakteristická kombinace zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} = G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Kvazistálá kombinace zatížení:

$$\sum_{j \geq 1} = G_{k,j} + P + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

3.3 Materiálové charakteristiky

Beton: C25/30

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti v tahu	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu materiálu	$f_{ctk} = 1,8 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti v tlaku:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,7 \text{ Mpa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tahu:

$$f_{cd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1,8}{1,15} = 1,2 \text{ Mpa}$$

Střední hodnota modulu pružnosti betonu	$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$
---	-----------------------------

Ocel: B500B

Charakteristická mez kluzu oceli	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Modul pružnosti oceli	$E = 200 \text{ GPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová mez kluzu oceli	

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ Mpa}$$

4 Bez průvlakový konstrukční systém „KUB 2.5“

V této kapitole provedeme výpočty konstrukčního systému „KUB 2.5“. Uděláme výpočty pro hlavní konstrukční prvky: desku a sloup. Cíl uvést přesné kontroly tohoto, že systém vyhovuje s předepsanými velikostmi.

4.1 Návrh desky

Musíme provést potřebné výpočty pro návrh desky, aby se ujistit, že rozměry desky, které jsou v technických listech splňují požadavky, které jim byly předloženy.

4.1.1 Návrh tloušťky desky

Návrh dle empirického vztahu

- Maximalní rozpětí: 3000 mm

$h_{d1} = \frac{L}{33} \times 1.1 = \frac{3000}{33} \times 1.1 = 100 \text{ mm} \rightarrow 160 \text{ mm}$ – minimální výška dle technických listů „KUB 2.5“.

Návrh dle ohybové štíhlosti - ČSN EN 1992-1-1

- Beton C25/30
- Betonářská výztuž $\varnothing 12$
- Krytí výztuže 20 mm

$$d \geq \frac{L}{k_{c1}k_{c2}k_{c3}\lambda_{d,tab}}$$

λ	ohybová štíhlost posuzovaného prvku	[-]
λ_d	vymezuující ohybová štíhlost prvku	[-]
l	osové rozpětí prvku	[mm]
d	výška staticky účinné části průřezu	[mm]
k_{c1}	součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez $\rightarrow k_{c1} = 1,0$	[-]
k_{c2}	součinitel rozpětí $\rightarrow L \leq 7 \text{ m} \rightarrow k_{c2} = 1$	[-]
k_{c3}	součinitel napětí tahové výztuže, odhad $k_{c3} = 1,2$	[-]
$\lambda_{d,tab}$	vymezuující ohybová štíhlost pro beton C25/30 a $\rho = 0.5\%$ $\rightarrow \lambda_{d,tab} = 22.2$	[-]

$\lambda_{d,tab}$ pro lokálně podepřenou desku a různé třídy betonu

ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	17,5	19,0	20,4	22,2	24,6	27,6	30,9	34,5	38,4
1,5	14,6	15,1	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2

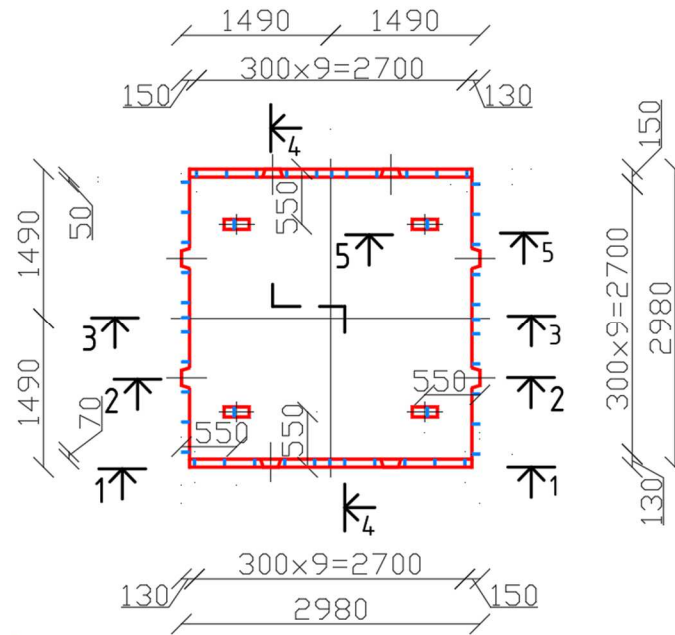
Tab. č. 7 – Tabulka hodnot vymezuující ohybové štíhlosti pro lokálně podporovanou desku a různé třídy betonu dle ČSN EN 1992-1-1

[Zdroj: ČSN EN 1992-1-1]

$$d \geq \frac{3000}{1 \times 1 \times 1.2 \times 22.2} = 112.62 \text{ mm}$$

$$h_{d2} = d + \frac{\emptyset}{2} + c = 101.62 + \frac{12}{2} + 20 = 127.62 \text{ mm}$$

Navrhuji tloušťku desky 160 mm



Obr. č. 24 - Deska mezi sloupy

[Zdroj: autorka diplomové práce]

4.1.2 Posouzení desky

Tloušťky stropních desek byly předběžně navrženy s ohledem na vymežující ohybové štíhlosti. Navržené tloušťky budou ověřeny s využitím výsledků metody konečných prvků.

Návrh a posouzení výztuže

Minimální potřebná výztuž:

$$d = h - c - \frac{1}{2} \times \varnothing = 0.16 + 0.02 + \frac{1}{2} \times 0.012 = 0.186 \text{ m}$$

$$a_{s,req,min} = \max \left\{ \frac{0.26 \times f_{ctm} \times b \times d}{f_{yk}}; 0.0015 \times b \times d \right\}$$

$$= \max \left\{ \frac{0.26 \times 2.6 \times 1.0 \times 0.186}{500}; 0.0015 \times 1.0 \times 0.186 \right\} =$$

$$a_{s,req,min} = \max\{251; 279\} = 279 \text{ mm}^2$$

Maximální osová vzdálenost:

$$s_{max,slab} = \min\{2 \times h; 300\} = \min\{2 \times 160; 300\} = 300 \text{ mm}$$

Navrhují: $\varnothing 12$ po 250 mm. $a_{s,prov} = 368 \text{ mm}^2$

Únostnost navržené výztuže:

$$x = \frac{a_{s,prov} \times f_{yd}}{b \times \lambda \times \eta \times f_{cd}} = \frac{368 \times 10^{-6} \times 434.8}{1.0 \times 0.8 \times 1.0 \times 12} = 0.0167 \text{ m}$$

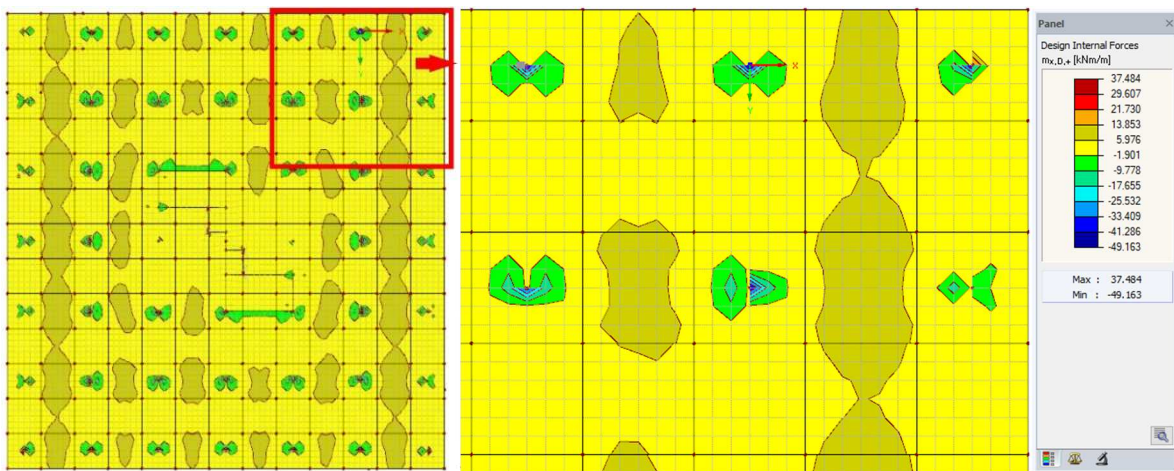
$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0.0167}{0.186} = 0.090 < \xi_{bal,1} = 0.617 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Rd} = a_s \times f_{yd} \times (d - 0.5 \times x \times \lambda)$$

$$= 368 \times 10^{-6} \times 434.8 \times 10^3 \times (0.186 - 0.5 \times 0.0167 \times 0.8) =$$

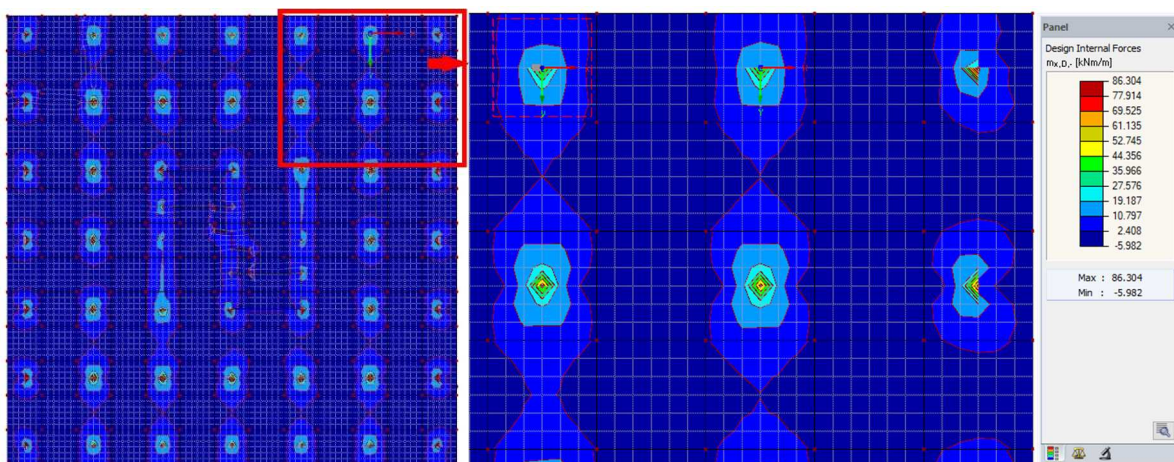
$$m_{Rd} = 28.69 \text{ kNm}$$

Přehled momentů – model RFEM Dlubal



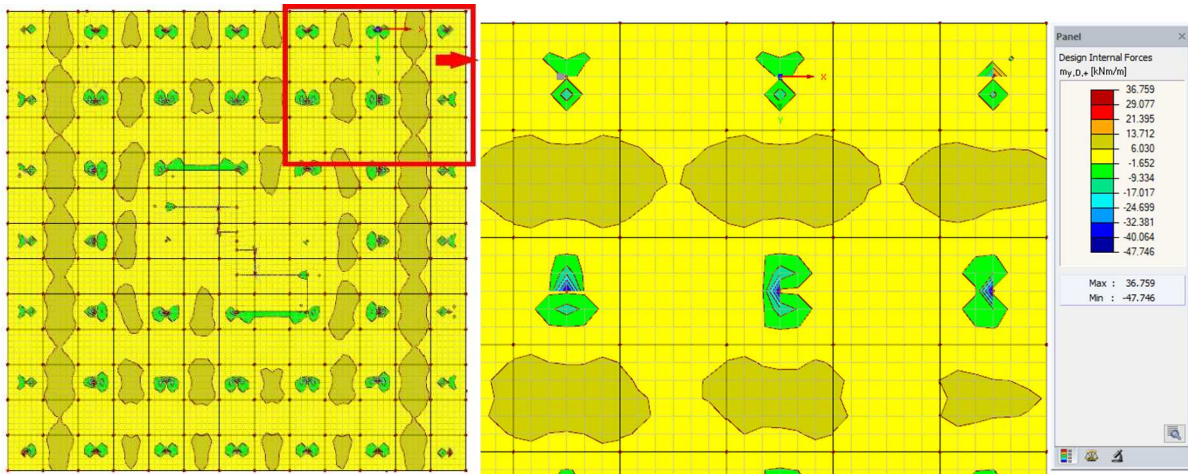
Obr. č.25 Moment ve směru X – horní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



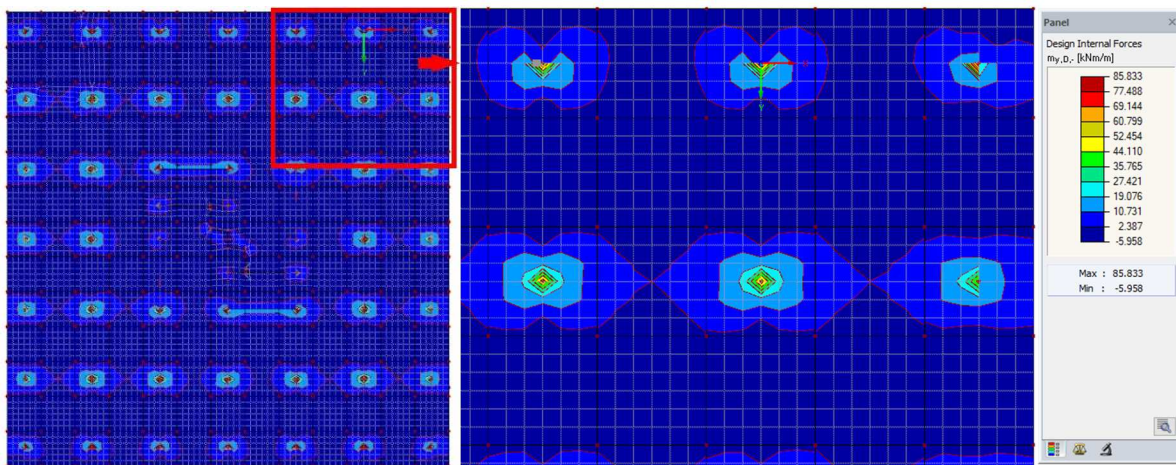
Obr. č.26 - Moment ve směru X – dolní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



Obr. č. 27 - Moment ve směru Y – horní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



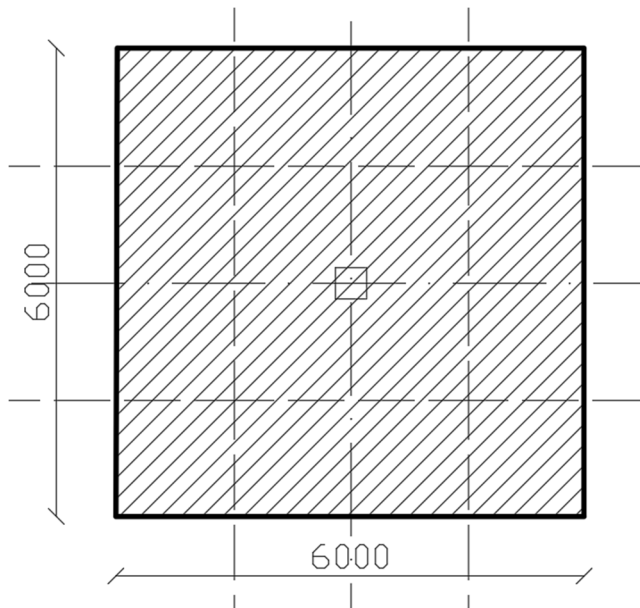
Obr. č. 28 - Moment ve směru Y – dolní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Pomocí modelu ve RFEM Dlubalu bylo ověřeno, že minimální výztuž postačí po celé desce.

4.2 Návrh sloupu

Rozměry sloupu	400 x 400 mm
Zatěžovací plocha sloupu	$A_z = 6 * 6 = 36 \text{ m}^2$
Plocha sloupu	$A = 400 * 400 = 160\,000 \text{ mm}^2$
Světlá výška podlaží	$h = 2.64 \text{ m}$
Délka sloupu	$L = 2.72 \text{ m}$
Vzpěrná délka je 0.7 od délky sloupu	$l_0 = 2.72 * 0.7 = 1.904 \text{ m}$
Působící síla	$N_d = 1056 \text{ kN}$



Obr. č.29 - Zatěžovací plocha sloupu
[Zdroj: autorka diplomové práce]

Výpočet štíhlosti

$$I = \frac{1}{12} \times 400^4 = 2.13 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{2.13 \times 10^9}{16 \times 10^4}} = 115.38 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{1904}{115.38} = 16.5$$

Pro výpočet limitní štíhlosti λ_{lim} jsou koeficienty zjednodušeně uvažována jako A = 0.7; B = 1.1; C = 0.7.

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A \times B \times C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \times 0.7 \times 1.1 \times 0.7}{\sqrt{\frac{1056 \times 10^3}{400 \times 400 \times 20}}} = 18.77$$

$$\lambda \leq \lambda_{lim}$$

16.5 < 18.77 – sloup štíhlý – nutno uvažovat účinky 2. řadu

Výpočet stupně vyztužení

$$\text{Působící síla} = 0.8 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd} + \rho \cdot b \cdot h \cdot f_y$$

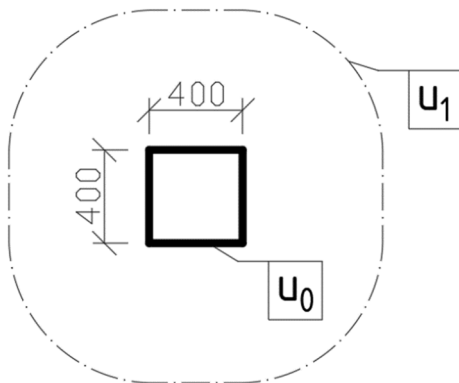
$$1056 = 0.8 \times 0.4 \times 0.4 \times 16.7 \times 10^3 + \rho \times 0.4 \times 0.4 \times 400 \times 10^3 \rightarrow \rho = -0.0169$$

Pro tento sloup bude postačovat pouze konstrukční výztuž.

Posouzení protlačení

$$V_{ed} = (4.84 \times 1.35 + 3.0 \times 1.5) \times 36 = 397 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = \frac{\beta \times V_{ed}}{u_0 \times d} \leq v_{rd,max} = 0.4 \times v \times f_{cd}$$



Obr. č. 30 - Kontrolované obvody
[Zdroj: autorka diplomové práce]

$$u_0 = 4 \times 400 = 1600 \text{ mm}$$

$$d = 160 - 20 - \frac{12}{2} = 134 \text{ mm}$$

$$V_{ed,0} = \frac{1.15 \times 397}{1.6 \times 0.215} = 1327.18 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} V_{rd,max} &= 0.4 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \times f_{cd} = 0.4 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{25}{250}\right) \times 16.7 \times 10^3 \\ &= 3607.2 \text{ kPa} \quad 1327.18 \leq 3607.2 \text{ [kPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

$$V_{ed,1} = \frac{\beta \times V_{ed}}{u_1 \times d} \leq V_{rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_1 \times f_{ck}}$$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 1600 + 2 \times \pi \times 2 \times 125 = 3170,80 \text{ mm}$$

$$C_{rd,c} = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{125}} = 1.11$$

$$\rho_1 = 0.005$$

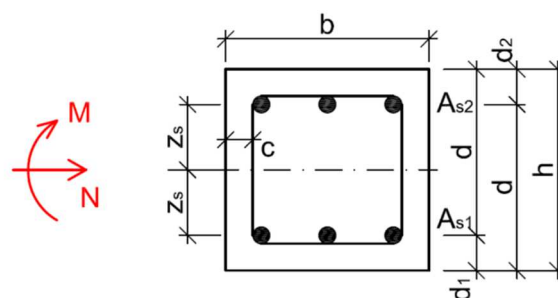
$$V_{ed,1} = \frac{1.15 \times 397}{3.17 \times 0.125} = 1152.17 \text{ kPa}$$

$$V_{rd,c} = 1.12 \times 1.96 \times \sqrt[3]{100 \times 0.005 \times 25 \times 10^3} = 5092,86 \text{ kPa}$$

$$1152.17 < 5092.86 \text{ [kPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Tloušťka desky je vyhovující, není třeba navrhovat výztuž na protlačení.

4.2.1 Posouzení sloupu - interakční diagram



Obr. č.31 - Geometrie sloupu a jeho výztužení

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

Rozměry průřezu:

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Krycí vrstva } c = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Profil třmínku: } \varnothing_{sw} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Profil podélné výztuže: } \varnothing_s = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Účinná výška průřezu: } d = h - c - \varnothing_{sw} - \varnothing_s = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Ramena vnitřních sil: } z_{s1} = z_{s2} =$$

$$= \frac{1}{2} (h - 2c - 2\varnothing_{sw} - \varnothing_s) = 154 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = h - d = 50 \text{ mm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$A_{s1} = 226.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 226.2 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ MPa}$$

$$A_c = 160000 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cd} = 0.0035$$

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

Postup výpočtu bodů interakčního diagramu:

- Pomocí jednotlivých 6 bodů sestavíme interakční diagram symetrického průřezu a následně upravíme v oblasti dostředného tlaku;
- Každý bod interakčního diagramu je ustanoven pomocí dvojice hodnot: $M_{Rd,i}$; $N_{Rd,i}$. Výpočet těchto hodnot vychází ze silové, resp. momentové podmínky rovnováhy na průřezu:

$$N_{Rd,i} = \sum F_i$$

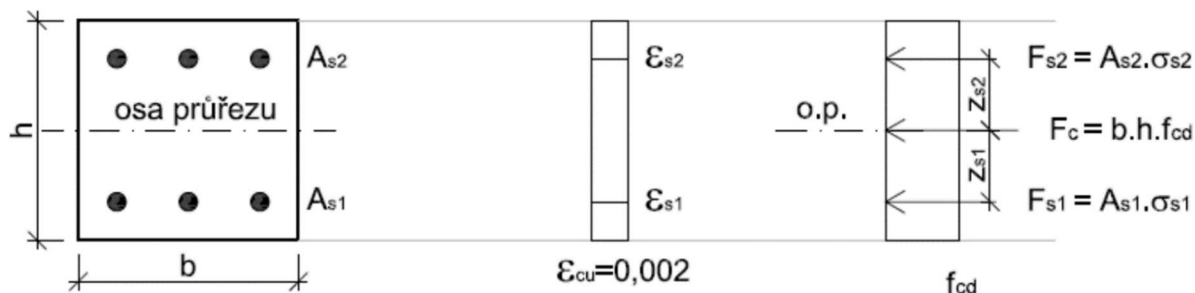
$$M_{Rd,i} = \sum (F_i \times z_i)$$

- Hodnota síly v tlaku (v betonu) je určitá vždy součinem hodnoty idealizovaného napětí $\sigma_c = f_{cd,a}$ plochy, na které dané napětí působí.
- Hodnota síly ve výztuži je určitá součinem napětí ve výztuži $\sigma_{s,i}$ a průřezové plochy výztuže $A_{s,i}$. Napětí ve výztuži $\sigma_{s,i}$ vychází z konkrétního přetvoření dané vrstvy výztuže $\varepsilon_{s,i}$:

$$\text{Pokud } \varepsilon_{s,i} > \varepsilon_{y,d}, \text{ platí: } \sigma_{s,i} = f_{yd}$$

$$\text{Pokud } \varepsilon_{s,i} < \varepsilon_{y,d}, \text{ platí: } \sigma_{s,i} = E_s \times \varepsilon_{s,i}$$

Bod 0 – dostředný tlak:



Obr. č. 32 - Schéma dostředného tlaku

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

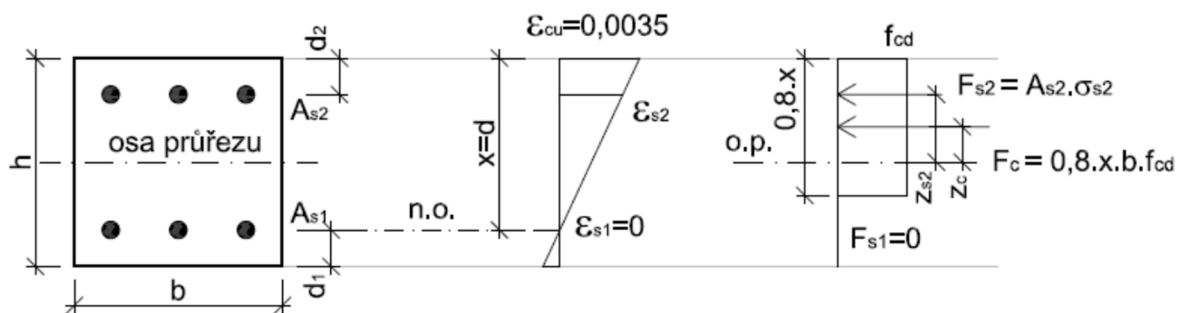
Limitující hodnotou pro napětí v oceli je přetvoření betonu ϵ_{cu} při $f_{cd} = \epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} = 0.002$

Napětí ve výztuži při dostředné tlaku: $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \times \epsilon_{s1} = E_s \times \epsilon_{s2} = 200 \times 10^3 \times 0.002 = 400 \text{ MPa}$

$$N_{Rd,0} = b \times h \times f_{cd} + A_{s1} \times \sigma_s + A_{s2} \times \sigma_s = 400 \times 400 \times 16.67 \times + 226.2 \times 400 + 226.2 \times 400 = 2848 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} \times z_{s2} - A_{s1} \times z_{s1}) = 0$$

Bod 1 – nulové přetvoření „tažené“ výztuže:



Obr. č. 33 - Schéma nulového přetvoření

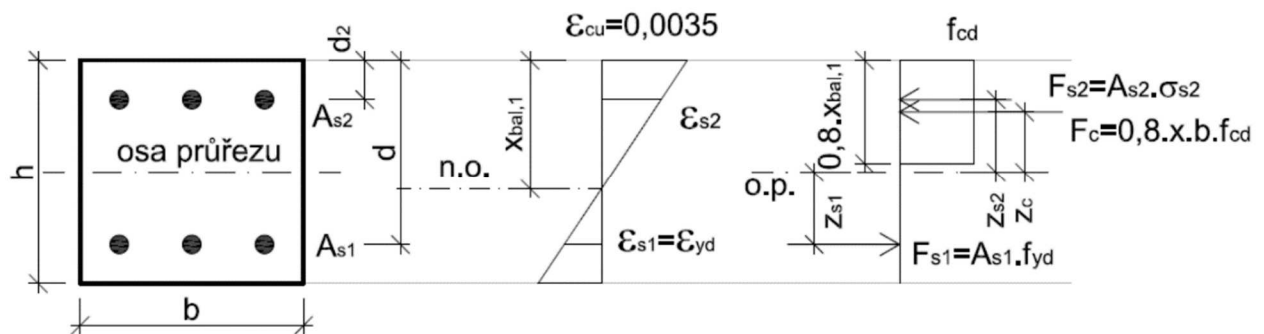
[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

Mezní přetvoření betonu v krajních vláknech $\varepsilon_{cd} = 0,0035$

$$N_{Rd,1} = 0,8 \times b \times d \times f_{cd} + A_{s2} \times f_{yd} = 0,8 \times 400 \times 350 \times 16.67 + 226.2 \times 434.78 \\ = 1965 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \times b \times d \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0.4 \times d \right) + A_{s2} \times z_{s2} \times f_{yd} = 0.8 \times 400 \times 350 \times \\ \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0.4 \times 350 \right) + 226.2 \times 434.78 \times 154 = 127.1 \text{ kNm}$$

Bod 2 – napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu:



Obr. č. 34 - Schéma napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

Platí: $\sigma_{s1} = f_{yd}$

$$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = \frac{700}{700 + 434.78} = 0.617$$

$$x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \times d = 0.617 \times 350 = 215.95 \text{ mm}$$

σ_{s2} získáme z podrobnosti trojúhelníků:

$$\frac{\varepsilon_{cd}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x_{bal,1} - d_2} \rightarrow \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cd} \times \left(1 - \frac{d_2}{x_{bal,1}} \right) = 0.0035 \times \left(1 - \frac{50}{215.95} \right) = 0.00268$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434.78}{200000} = 0.00217$$

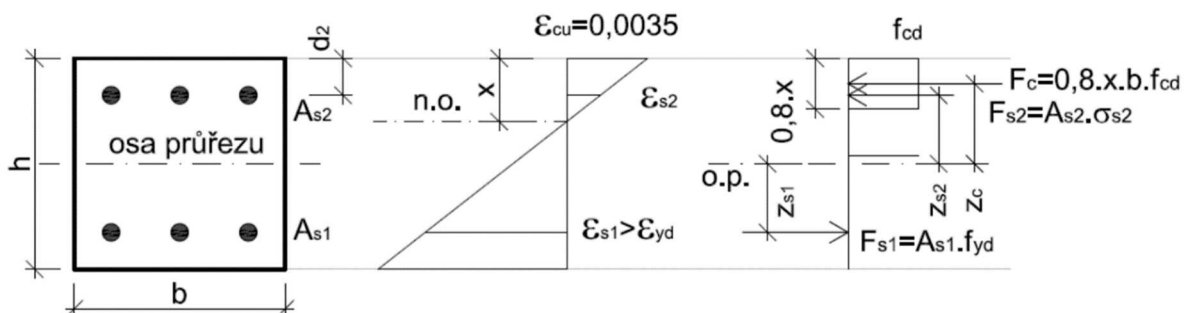
Jelikož $\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd}$, můžeme uvažovat $\sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{Rd,2} = 0.8 \times b \times x_{bal,1} \times f_{cd} + A_{s2} \times f_{yd} - A_{s1} \times f_{yd} = 0.8 \times 400 \times 215.95 \times 16.67 + 226.2 \times 434.78 - 226.2 \times 434.78 = 1151 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 0.8 \times b \times x_{bal,1} \times f_{cd} \left(\frac{h}{2} - 0.4 \times x_{bal,1} \right) + A_{s2} \times f_{yd} \times z_{s2} + A_{s1} \times f_{yd} \times z_{s1} =$$

$$= 0.8 \times 400 \times 215.95 \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0.4 \times 215.95 \right) + 226.2 \times 434.78 \times 154 + 226.2 \times 434.78 \times 154 = 161.2 \text{ kNm}$$

Bod 3 – prostý ohyb:



Obr. č. 35 - Schéma prostého ohybu

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/0_interakcni_diagram.pdf]

Kvadratická rovnice pro σ_{s2}

$$\sigma_{s2}^2 \times A_{s2} - \sigma_{s2} \times (A_{s1} \times f_{yd} + A_{s2} \times \varepsilon_{cd} \times E_s) + \varepsilon_{cd} \times E_s \times (A_{s1} \times f_{yd} - 0.8 \times b \times f_{cd} \times d_2) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \times 226.2 - \sigma_{s2} \times (226.2 \times 434.78 + 226.2 \times 0.0035 \times 200000) + 0.0035 \times 200000 \times (226.2 \times 434.78 - 0.8 \times 400 \times 16.67 \times 50) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \times 226.2 - \sigma_{s2} \times 256687 - 117860935 = 0$$

Rovnice má dva kořeny: $\sigma_{s2}^1 = -1485.5 \text{ MPa}$

$$\sigma_{s2}^2 = 350.75 \text{ MPa}$$

Jelikož použitá výztuž má charakteristickou mez kluzu 500 MPa, první kořen nemá fyzikální smysl. Pro další výpočty použijeme druhý kořen

Rovnice pro x:

$$x = \frac{A_{s1} \times f_{yd} - A_{s2} \times \sigma_{s2}}{0.8 \times b \times f_{cd}} = \frac{226.2 \times 434.78 - 226.2 \times 350.75}{0.8 \times 400 \times 16.67} = 3.56 \text{ mm}$$

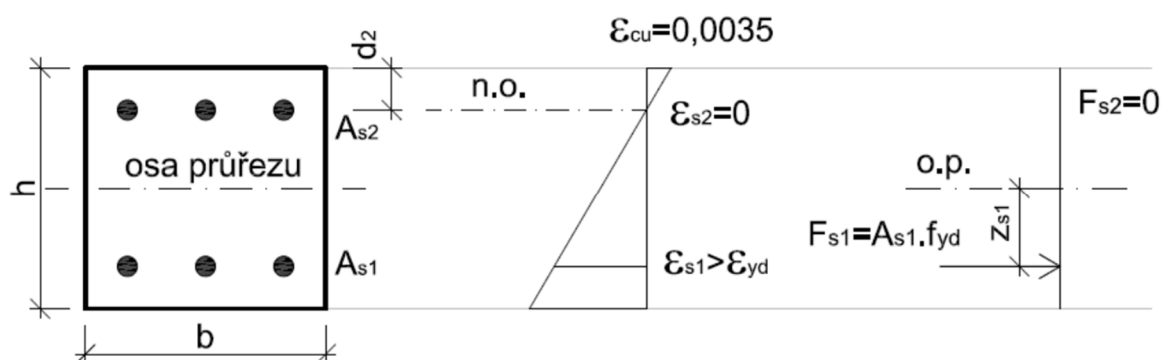
$$N_{Rd,3} = 0$$

$$M_{Rd,3} = 0.8 \times b \times x \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0.4 \times x \right) + A_{s2} \times \sigma_{s2} \times z_{s2} + A_{s1} \times f_{yd} \times z_{s1} =$$

$$0.8 \times 400 \times 3.56 \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0.4 \times 3.56 \right) + 226.2 \times 350.75 \times 154 + 226.2 \times$$

$$\times 434.78 \times 154 = 90.85 \text{ kNm}$$

Bod 4 – nulové přetvoření „tlačené“ výztuže:



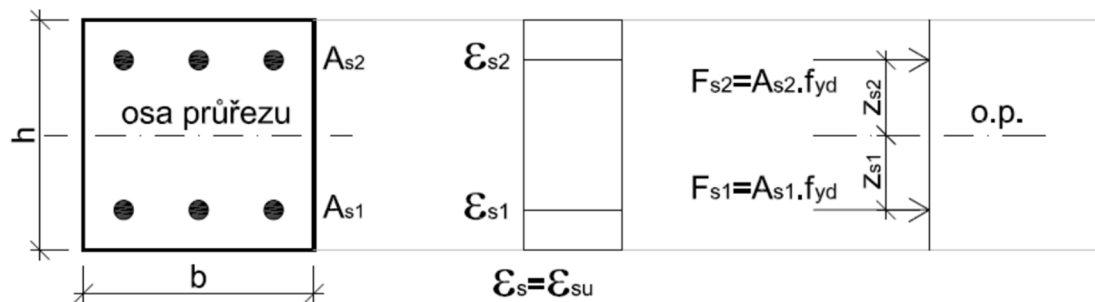
Obr. č.36 - Schéma nulového přetvoření

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

$$N_{Rd,4} = A_{s1} \times f_{yd} = 226.2 \times 434.78 = 98.3 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} \times z_{s1} \times f_{yd} = 226,2 \times 154 \times 434.78 = 15.15 \text{ kNm}$$

Bod 5 – dostředný tah:



Obr. č.37- Schéma dostředného tahu

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

$$N_{Rd,5} = (A_{s1} + A_{s2}) \times f_{yd} = (226.2 + 226.2) \times 434.78 = 196.7 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,5} = 0$$

Omezení tlakové únosnosti

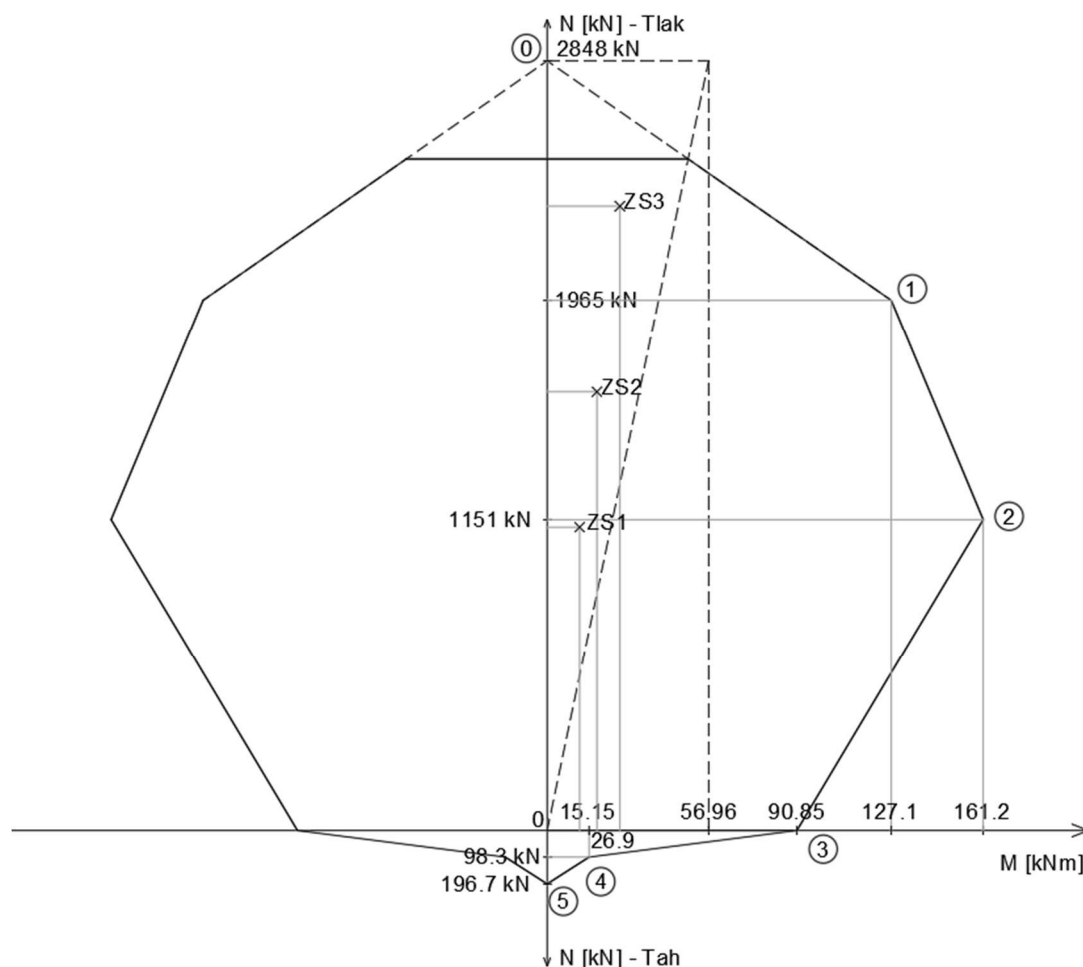
Minimalní výstřednost:

$$e_0 = \max \left\{ \frac{h}{30}; 20 \right\} = \max \left\{ \frac{400}{30}; 20 \right\} = \max \{13.33; 20\} = 20 \text{ mm}$$

Minimalní ohybový moment:

$$M_0 = N_{Rd,0} \times e_0 = 2848 \times 0.02 = 56.96 \text{ kNm}$$

Interakční diagram



Obr. č. 38 - Interakční diagram

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Kombinace zatížení	N_{ed} [kN]	M_{ed} [kNm]
ZS1	1123	26.9
ZS2	1624	18.4
ZS3	2301	12.07

Tab. č. 8 – Kombinace zatížení

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Všechny kombinace leží uvnitř interakčního diagramu → **Sloup vyhoví**

5 Hlavicový skelet

V této kapitole uděláme stejné kroky jak v kapitole 4, ale pro hlavicový konstrukční systém. Hlavicový konstrukční skelet byl vybrán jako druhý typ konstrukčního systému pro porovnání různých typů charakteristik z důvodu jeho větší bezpečnosti proti propíchnutí konstrukce.

5.1 Návrh desky

Musíme provést potřebné výpočty pro návrh desky, aby se ujistit, že výměry desky, aby udělat porovnání.

5.1.1 Návrh tloušťky desky

Návrh dle empirického vztahu

- Maximalní rozpětí: 4000 mm

$$h_{d1} = \frac{L}{33} \times 1.1 = \frac{4000}{33} \times 1.1 = 133 \text{ mm} \rightarrow 160 \text{ mm} - \text{Návrh } 160 \text{ mm, tak aby výška}$$

v hlavicovém skeletu byla stejná jako v systému "KUB 2.5"

Návrh dle ohybové štíhlosti - ČSN EN 1992-1-1

- Beton C25/30
- Betonářská výztuž $\varnothing 12$
- Krytí výztuže 20 mm

$$d \geq \frac{L}{k_{c1}k_{c2}k_{c3}\lambda_{d,tab}}$$

λ	ohybová štíhlost posuzovaného prvku	[-]
λ_d	vymežující ohybová štíhlost prvku	[-]
l	osové rozpětí prvku	[mm]
d	výška staticky účinné části průřezu	[mm]
k_{c1}	součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez $\rightarrow k_{c1} = 1,0$	[-]
k_{c2}	součinitel rozpětí $\rightarrow L \leq 7 \text{ m} \rightarrow k_{c2} = 1$	[-]
k_{c3}	součinitel napětí tahové výztuže, odhad $k_{c3} = 1,2$	[-]

$\lambda_{d,tab}$ vymezuující ohybová štiřlost pro beton C25/30 a $\rho = 0.5\%$
 $\rightarrow \lambda_{d,tab} = 22.2$

[-]

$\lambda_{d,tab}$ **pro lokálně podepřenou desku a různé třídy betonu**

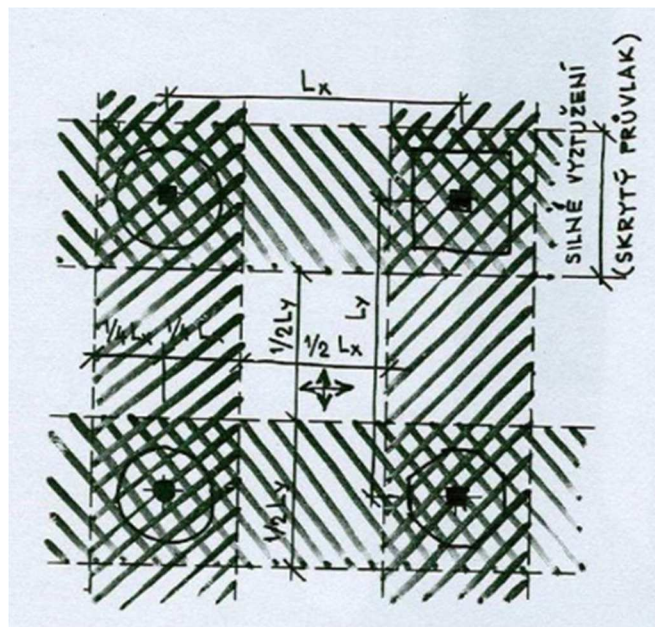
ρ [%]	Pevnostní třída betonu								
	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
0,5	17,5	19,0	20,4	22,2	24,6	27,6	30,9	34,5	38,4
1,5	14,6	15,1	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2

Tab. č.9 – Tabulka hodnot vymezuující ohybové štiřlosti pro lokálně podporovanou desku a různé třídy betonu dle ČSN EN 1992-1-1

[Zdroj: ČSN EN 1992-1-1]

$$d \geq \frac{4000}{1 \times 1 \times 1.2 \times 22.2} = 133.15 \text{ mm}$$

$$h_{d2} = d + \frac{\emptyset}{2} + c = 101.62 + \frac{12}{2} + 20 = 159.15 \text{ mm}$$



Obr. č. 39 - Schematické vyztužení

[Zdroj: <https://cutt.ly/WyhOKpK>]

Navrhuji tloušťku desky 160 mm

5.1.2 Posouzení desky

Tloušťky stropních desek byly předběžně navrženy s ohledem na vymežující ohybové štíhlosti. Navržené tloušťky budou ověřeny s využitím výsledků metody konečných prvků.

Návrh a posouzení výztuže

Minimální potřebná výztuž:

$$d = h + c + \frac{1}{2} \times \emptyset = 0.16 + 0.02 + \frac{1}{2} \times 0.012 = 0.186 \text{ m}$$

$$a_{s,req,min} = \max \left\{ \frac{0.26 \times f_{ctm} \times b \times d}{f_{yk}}; 0.0015 \times b \times d \right\}$$
$$= \max \left\{ \frac{0.26 \times 2.6 \times 1.0 \times 0.186}{500}; 0.0015 \times 1.0 \times 0.186 \right\} =$$

$$a_{s,req,min} = \max\{251; 279\} = 279 \text{ mm}^2$$

Maximální osová vzdálenost:

$$s_{max,slab} = \min\{2 \times h; 300\} = \min\{2 \times 160; 300\} = 300 \text{ mm}$$

Navrhují: Ø12 po 275 mm. $a_{s,prov} = 402 \text{ mm}^2$

Únostnost navržené výztuže:

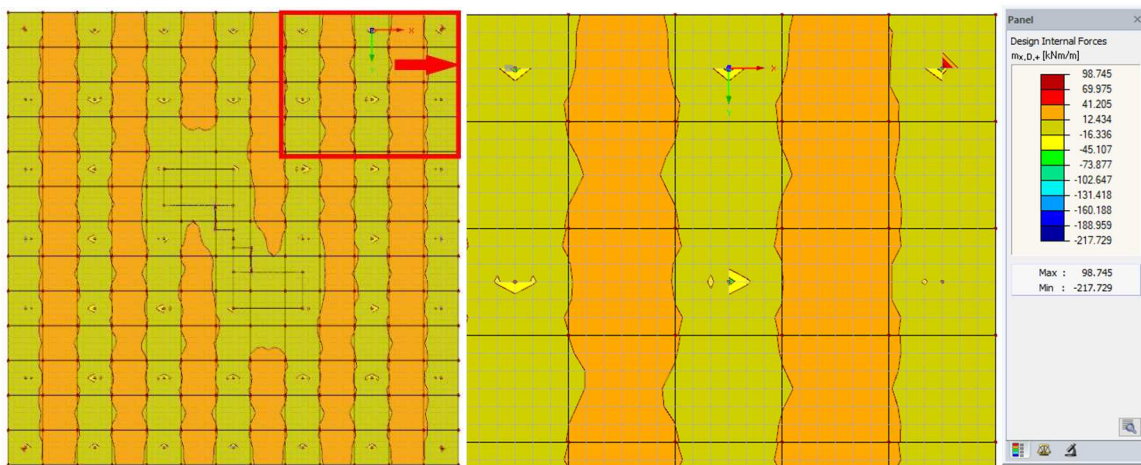
$$x = \frac{a_{s,prov} \times f_{yd}}{b \times \lambda \times \eta \times f_{cd}} = \frac{402 \times 10^{-6} \times 434.8}{1.0 \times 0.8 \times 1.0 \times 12} = 0.0182 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0.0182}{0.186} = 0.098 < \xi_{bal,1} = 0.617 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$m_{Rd} = a_s \times f_{yd} \times (d - 0.5 \times x \times \lambda)$$
$$= 402 \times 10^{-6} \times 434.8 \times 10^3 \times (0.186 - 0.5 \times 0.0167 \times 0.8) =$$

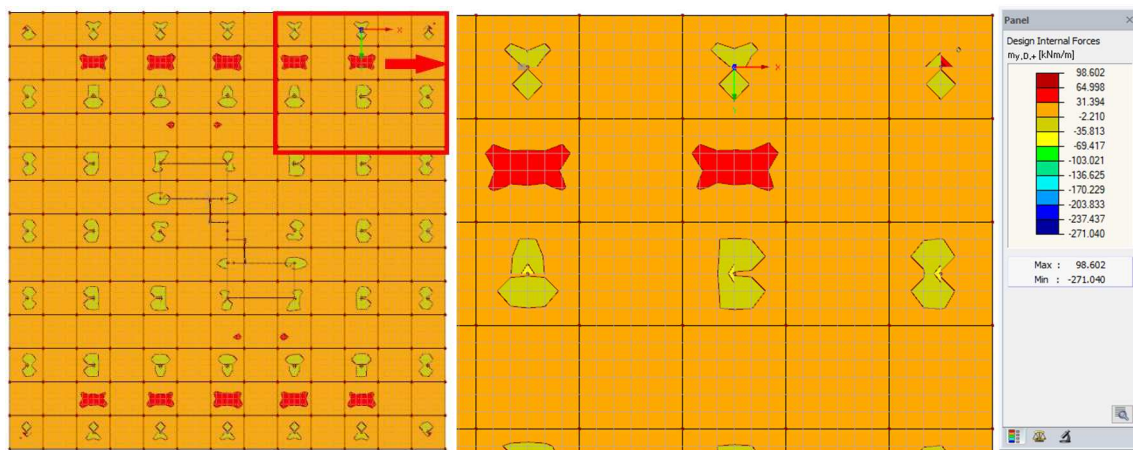
$$m_{Rd} = 34.34 \text{ kNm}$$

Přehled momentů – model RFEM Dlubal



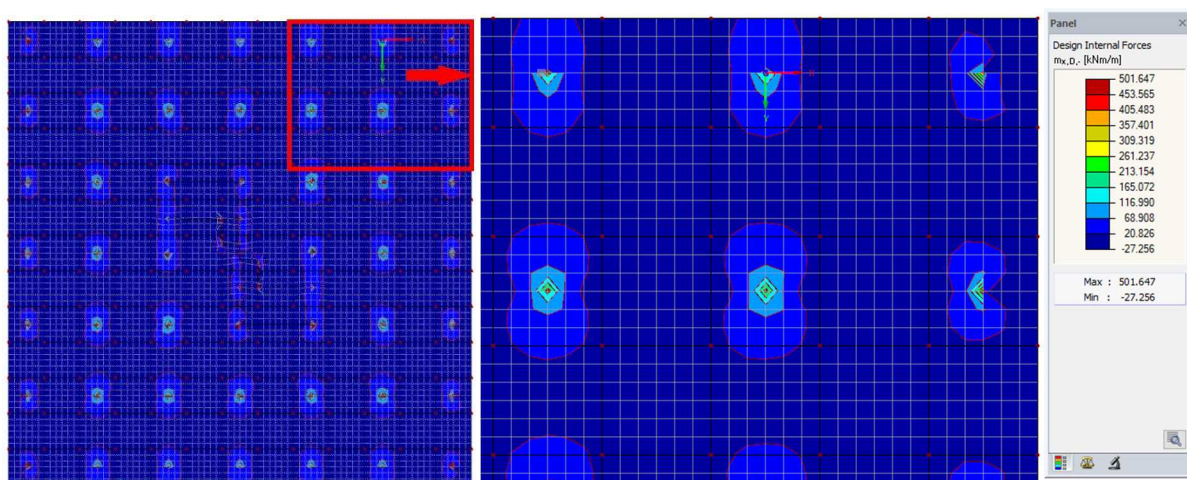
Obr. č. 40 - Moment ve směru X – horní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



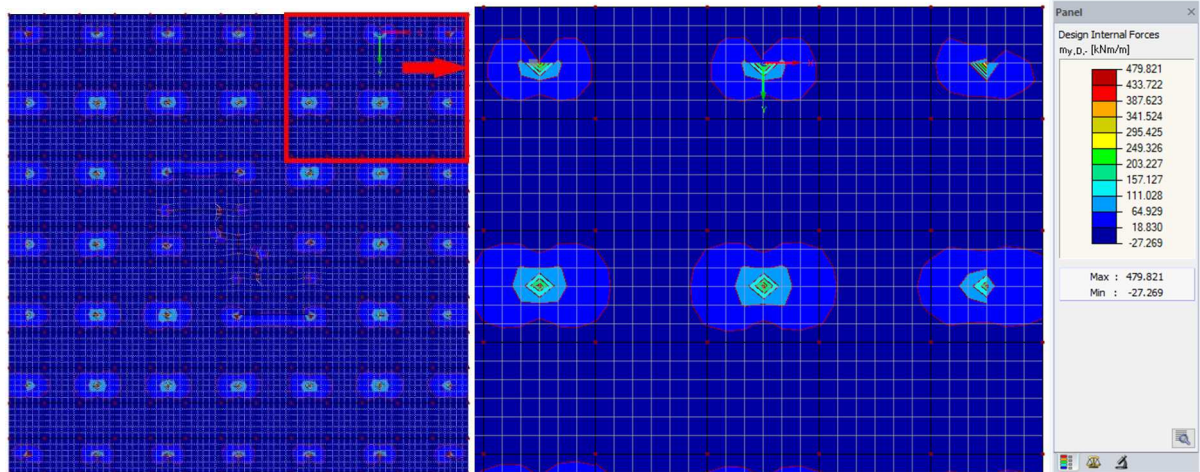
Obr. č. 41 - Moment ve směru X – dolní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



Obr. č. 42 - Moment ve směru Y – horní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]



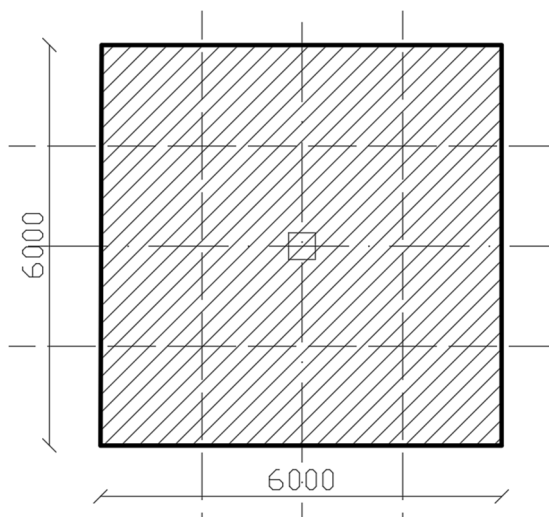
Obr. č. 43 - Moment ve směru Y – dolní výztuž

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Pomocí modelu ve RFEM Dlubalu bylo ověřeno, že minimální výztuž postačí po celé desce.

5.2 Návrh sloupu

Rozměry sloupu	400 x 400 mm
Zatěžovací plocha sloupu	$A_z = 6 * 6 = 36 \text{ m}^2$
Plocha sloupu	$A = 400 * 400 = 160\,000 \text{ mm}^2$
Světlá výška podlaží	$h = 2.64 \text{ m}$
Délka sloupu	$L = 2.48 \text{ m}$
Vzpěrná délka je 0.7 od délky sloupu	$l_0 = 2.48 * 0.7 = 1.736 \text{ m}$
Působící síla	$N_d = 1640 \text{ kN}$



Obr. č. 44 - Zatěžovací plocha sloupu

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Výpočet štíhlosti

$$I = \frac{1}{12} \times 400^4 = 2.13 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{2.13 \times 10^9}{16 \times 10^4}} = 115.38 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{1736}{115.38} = 15.05$$

Pro výpočet limitní štíhlosti λ_{lim} jsou koeficienty zjednodušeně uvažována jako $A = 0.7$; $B = 1.1$; $C = 0.7$.

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A \times B \times C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \times 0.7 \times 1.1 \times 0.7}{\sqrt{\frac{1640 \times 10^3}{400 \times 400 \times 20}}} = 15.4$$

$$\lambda \leq \lambda_{lim}$$

15.05 < 15.4 – sloup štíhlý – nutno uvažovat účinky 2. řadu

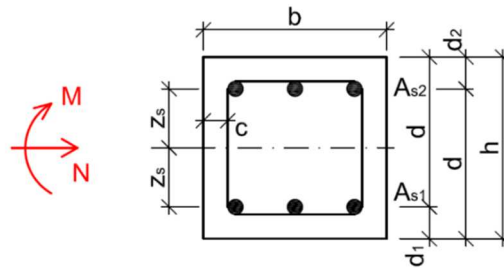
Výpočet stupně vyztužení

$$\text{Působící síla} = 0.8 * b * h * f_{cd} * + \rho * b * h * f_y$$

$$1640 = 0.8 \times 0.4 \times 0.4 \times 16.7 \times 10^3 + \rho \times 0.4 \times 0.4 \times 400 \times 10^3 \rightarrow \rho = -0.0078$$

Pro tento sloup bude postačovat pouze konstrukční výztuž.

5.2.1 Posouzení sloupu - interakční diagram



Obr. č.45 - Geometrie sloupu a jeho výztužení

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf]

Rozměry průřezu:

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Krycí vrstva } c = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Profil třmínku: } \varnothing_{sw} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Profil podélné výztuže: } \varnothing_s = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Účinná výška průřezu: } d = h - c - \varnothing_{sw} - \varnothing_s = 360 \text{ mm}$$

$$\text{Ramena vnitřních sil: } z_{s1} = z_{s2} =$$

$$= \frac{1}{2} (h - 2c - 2\varnothing_{sw} - \varnothing_s) = 166 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = h - d = 40 \text{ mm}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

$$A_{s1} = 226.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 226.2 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = 16.67 \text{ MPa}$$

$$A_c = 160000 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cd} = 0.0035$$

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

Postup výpočtu bodů interakčního diagramu:

- Pomocí jednotlivých 6 bodů sestavíme interakční diagram symetrického průřezu a následně upravíme v oblasti dostředného tlaku;
- Každý bod interakčního diagramu je ustanoven pomocí dvojice hodnot: $M_{Rd,i}$; $N_{Rd,i}$. Výpočet těchto hodnot vychází ze silové, resp. momentové podmínky rovnováhy na průřezu:

$$N_{Rd,i} = \sum F_i$$

$$M_{Rd,i} = \sum (F_i \times z_i)$$

- Hodnota síly v tlaku (v betonu) je určitá vždy součinem hodnoty idealizovaného napětí $\sigma_c = f_{cd,a}$ plochy, na které dané napětí působí.
- Hodnota síly ve výztuži je určitá součinem napětí ve výztuži $\sigma_{s,i}$ a průřezové plochy výztuže $A_{s,i}$. Napětí ve výztuži $\sigma_{s,i}$ vychází z konkrétního přetvoření dané vrstvy výztuže $\epsilon_{s,i}$:

Pokud $\epsilon_{s,i} > \epsilon_{y,d}$, platí: $\sigma_{s,i} = f_{yd}$

Pokud $\epsilon_{s,i} < \epsilon_{y,d}$, platí: $\sigma_{s,i} = E_s \times \epsilon_{s,i}$

Bod 0 – dostředný tlak:



Obr. č.46 - Schéma dostředného tlaku

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]

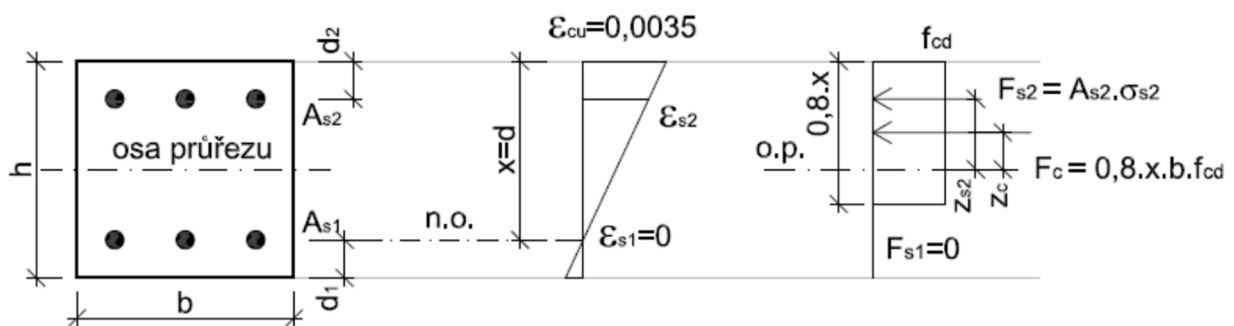
Limitující hodnotou pro napětí v oceli je přetvoření betonu ϵ_{cu} při f_{cd} : $\epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} = 0.002$

Napětí ve výztuži při dostředné tlaku: $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \times \epsilon_{s1} = E_s \times \epsilon_{s2} = 200 \times 10^3 \times 0.002 = 400 \text{ MPa}$

$$N_{Rd,0} = b \times h \times f_{cd} + A_{s1} \times \sigma_s + A_{s2} \times \sigma_s = 400 \times 400 \times 16.67 + 226.2 \times 400 + 226.2 \times 400 = 2848 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} \times z_{s2} - A_{s1} \times z_{s1}) = 0$$

Bod 1 – nulové přetvoření „tažené“ výztuže:



Obr. č. 47 - Schéma nulového přetvoření

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]

Mezní přetvoření betonu v krajních vláknech $\epsilon_{cd} = 0,0035$

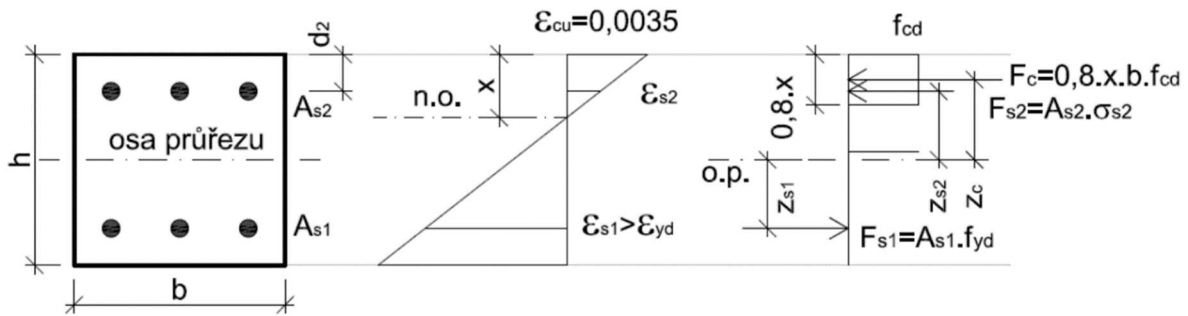
$$N_{Rd,1} = 0,8 \times b \times d \times f_{cd} + A_{s2} \times f_{yd} = 0,8 \times 400 \times 360 \times 16.67 + 226.2 \times 434.78 = 2019 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \times b \times d \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0,4 \times d \right) + A_{s2} \times z_{s2} \times f_{yd} = 0,8 \times 400 \times 360 \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0,4 \times 360 \right) + 226.2 \times 434.78 \times 166 = 123.8 \text{ kNm}$$

$$= 0.8 \times 400 \times 222.1 \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0.4 \times 222.1 \right) + 226.2 \times 434.78 \times 166 +$$

$$+ 226.2 \times 434.78 \times 166 = 164.4 \text{ kNm}$$

Bod 3 – prostý ohyb:



Obr. č. 49 - Schéma prostého ohybu

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]

Kvadratická rovnice pro σ_{s2}

$$\sigma_{s2}^2 \times A_{s2} - \sigma_{s2} \times (A_{s1} \times f_{yd} + A_{s2} \times \epsilon_{cd} \times E_s) + \epsilon_{cd} \times E_s \times$$

$$\times (A_{s1} \times F_{yd} - 0.8 \times b \times f_{cd} \times d_2) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \times 226.2 - \sigma_{s2} \times (226.2 \times 434.78 + 226.2 \times 0.0035 \times 200000) + 0.0035 \times$$

$$\times 200000 \times (226.2 \times 434.78 - 0.8 \times 400 \times 16.67 \times 40) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \times 226.2 - \sigma_{s2} \times 256687 - 80520134 = 0$$

Rovnice má dva kořeny: $\sigma_{s2}^1 = -1390.7 \text{ MPa}$

$$\sigma_{s2}^2 = 255.96 \text{ MPa}$$

Jelikož použitá výztuž má charakteristickou mez kluzu 500 MPa, první kořen nemá fyzikální smysl. Pro další výpočty použijeme druhý kořen

Rovnice pro x:

$$x = \frac{A_{s1} \times f_{yd} - A_{s2} \times \sigma_{s2}}{0.8 \times b \times f_{cd}} = \frac{226.2 \times 434.78 - 226.2 \times 255.96}{0.8 \times 400 \times 16.67} = 7.58 \text{ mm}$$

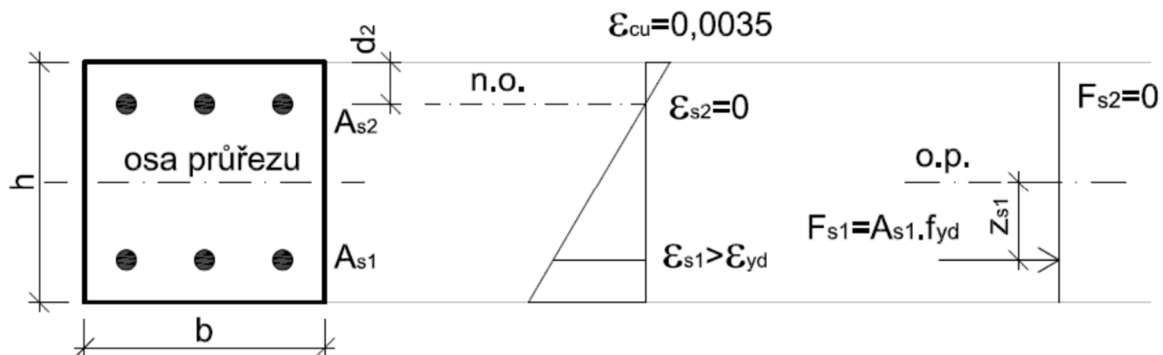
$$N_{Rd,3} = 0$$

$$M_{Rd,3} = 0.8 \times b \times x \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0.4 \times x \right) + A_{s2} \times \sigma_{s2} \times z_{s2} + A_{s1} \times f_{yd} \times z_{s1} =$$

$$0.8 \times 400 \times 7.58 \times 16.67 \times \left(\frac{400}{2} - 0.4 \times 7.58 \right) + 226.2 \times 255.96 \times 166 + 226.2 \times$$

$$\times 434.78 \times 166 = 43.9 \text{ kNm}$$

Bod 4 – nulové přetvoření „tlačené“ výztuže:



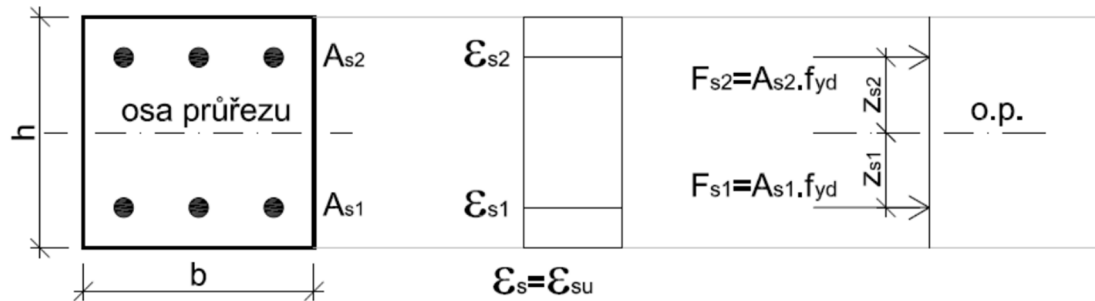
Obr. č. 50 - Schéma nulového přetvoření

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]

$$N_{Rd,4} = A_{s1} \times f_{yd} = 226.2 \times 434.78 = 98.3 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} \times z_{s1} \times f_{yd} = 226.2 \times 166 \times 434.78 = 16.32 \text{ kNm}$$

Bod 5 – dostředný tah:



Obr. č. 51 - Schéma dostředného tahu

[Zdroj: http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/10_interakcni_diagram.pdf]

$$N_{Rd,5} = (A_{s1} + A_{s2}) \times f_{yd} = (226.2 + 226.2) \times 434.78 = 196.7 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,5} = 0$$

Omezení tlakové únosnosti

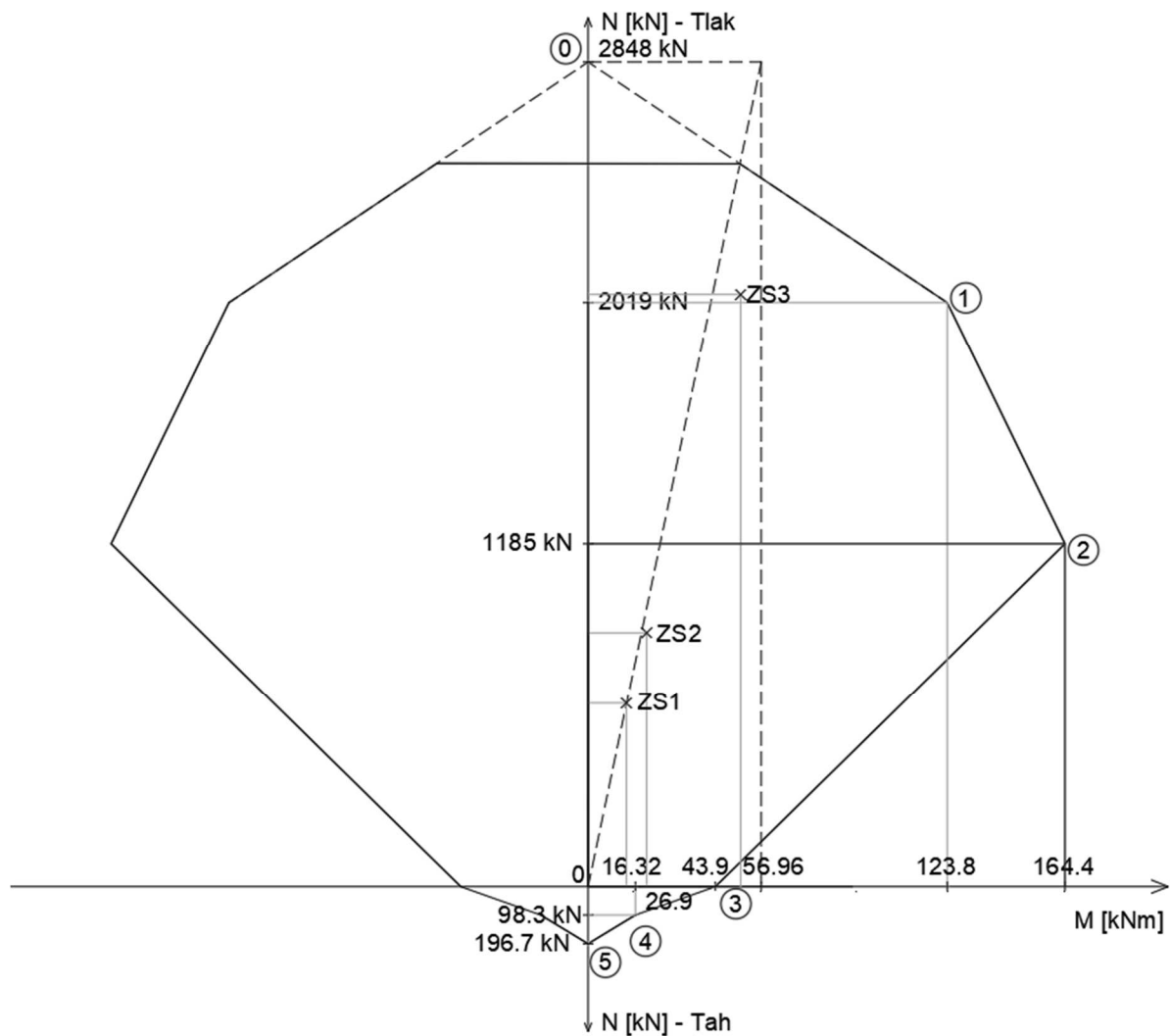
Minimalní výstřednost:

$$e_0 = \max \left\{ \frac{h}{30}; 20 \right\} = \max \left\{ \frac{400}{30}; 20 \right\} = \max \{13.33; 20\} = 20 \text{ mm}$$

Minimalní ohybový moment:

$$M_0 = N_{Rd,0} \times e_0 = 2848 \times 0.02 = 56.96 \text{ kNm}$$

Interakční diagram



Obr. č. 52 - Interakční diagram

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Kombinace zatížení	N_{ed} [kN]	M_{ed} [kNm]
ZS1	634.29	13.24
ZS2	878.47	20.20
ZS3	2047.12	52.68

Tab. č. 10 – Kombinace zatížení

[Zdroj: autorka diplomové práce]

Všechny kombinace leží uvnitř interakčního diagramu → **Sloup vyhoví**

ANALÝZA VÝSLEDKŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktickou částí diplomové práce bylo uvést porovnání dvou různých typů systémů: konstrukčního systému „KUB 2.5“ a hlavicového systému, pomocí ruční výpočtu a výsledků výpočtu programy Dlubal RFEM.

Všechny nezbytné kroky pro výpočet byly udělané: popis objektu, sbor zatížení na objekt, návrh 3d modelů v Dlubal RFEM atd.

Po přiřazení velikostí konstrukčních prvků a jejich kontrole v programu Dlubal a taky výpočtů, jsme zjistili, že systém „KUB 2.5“ není ve svých charakteristikách pevnosti nižší než klasický konstrukční systém hlavicové.

Na první pohled tento systém se může zdát, že existují pravděpodobně problémy s protlačení desky ve sloupci, ale metoda vyztužení poskytnutá v tomto systému nám také umožňuje tomuto problému zabránit. To je dosaženo díky speciálnímu vyztužení hlavních konstrukčních prvků: sloupů a desek. Speciální vyztužení desek a sloupů plní v systému funkci průvlaků a dělají skelet pevnější a tužší. Systém „KUB 2.5“ nám také poskytuje ekonomickou výhodu v tom, že je vyžadováno méně materiálů se stejnými pevnostními charakteristikami.

Speciální vyztužení hlavních konstrukčních prvků a jiné konstrukční prvky, které dělají systém tužší robí možnost navrhovat objekty v místech s vysokou seismikou, co taky je výhodou systémů.

Hlavní závěr, který nám umožňuje udělat praktickou část, že bez průvlakový systém není horší než klasický systém a taky má své výhody.

ZAVĚR

Diplomová práce se zabývá analýzou bez průvlakového systému „KUB 2.5“. Práce se skládá ze dvou částí: teoretické a praktické, z nichž každá byla podrobně popsána v speciálně uvedených kapitolách.

Hlavní cíl teoretickou částí diplomovou práce byla uvést porovnání konstrukčních systémů – skeletů s objektem výzkumu „KUB 2.5“ pomocí empirického metoda. Analýza se prováděla po základním, hlavních charakteristikám systémů. Na základě výsledku porovnání můžeme dojít k závěru, že systém „KUB 2.5“ má oproti jiným systémům řadu výhod pro každou skupinu stavěbní procesu:

- a) pro investoři to jsou nízké náklady na projekt a relativní vysoká rychlost výstavby; spolehlivost a mobilita konstrukcí.
- b) pro architekty to jsou možnost různých architektonických a různých prostorových řešení objektu.
- c) pro projektanty to jsou výhody, které popsány vyšší plus rychlá možnost projektování a přepravení projektovou dokumentací pro úřady, díky zjednodušení výkresovou částí.
- d) pro stavbyvedoucí to jsou zjednodušení montáž konstrukčního systému, možnost zrychleného studia montáže pro pracovní skupiny, rychlost instalace a zkrácení doby výstavby.

Účel praktické části měl provést výpočty hlavních prvků (sloupu a desky) bez průvlakového systému „KUB 2.5“, za účelem ověření rozměrů uvedených v technických listech. Uvedené výpočty hlavně museli potvrdit, že systém funguje bezpečně při realistickém zatížení. Pro toto byly udělané realistické 3D modely s zatížením v programu Dlubal. Aby se zabránilo možným chybám při zvažování výsledků výpočtu, výpočet selhal dvěma varianty. Varianta 1, ve které předmětem výzkumu byl systém „KUB 2.5“. V variantě 2, předmětem byl zvažován klasičtější systém. Hlavní výsledek praktickou částí, které můžeme uvést že konstrukční systém „KUB 2.5“ není ve svých charakteristikách pevnosti nižší než klasický konstrukční systém hlavicové.

V diplomovou práci taky uvedena výkresová část, která byla vytvořená během provedení diplomu.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990 – *Zásady navrhování stavebních konstrukcí*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví zobrazit detail normy na stránkách vydavatele, březen 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*. ČNI, Březen 2004.
- [3] Prefabrikované vícepatrové skelety budov – TKV, ZIPP Brno 2014, dostupnost na: <https://www.zippbrno.cz>
- [4] Prezentace: *Skeletové konstrukční systémy*. Ing, Zdeněk Peřina. Ostrava. Fakulta stavební. Pozemní stavitelství II. Skeletové konstrukce, dostupnost na: <https://adoc.tips/skeletove-konstrukce-1.html>
- [5] Hájek, P.: *Konstrukce pozemních staveb 10*, Vyd. ČVUT Praha, 2000, ISBN 80-01-01396-0;
- [6] Matoušová D., *Pozemní stavitelství 2*, Vyd. CERM Brno, 1994, ISBN 80-85867-10-9;
- [7] Witzany J. a kol., *Konstrukce pozemních staveb 20*, Vyd. ČVUT Praha, 2001, ISBN 80-01-02317-6;
- [8] *Unifikovaný prefabrikovaný monolitický bez průvlakový rámový systém „KUB 2.5“*. Vydání 0-0 Nomenklatura prvků, materiály pro výběr prvků. Státní komise pro architekturu a urbanismus, Vědecko-konstrukční sdružení stavebních domů, Moskva, 1990;
- [9] *Unifikovaný prefabrikovaný monolitický bez průvlakový rámový systém „KUB 2.5“*. Vydání 2-1 desky a bránice. Státní komise pro architekturu a urbanismus, Vědecko-konstrukční sdružení stavebních domů, Moskva, 1990;

- [10] *Bez průvlakové rámové konstrukce obytných a veřejných budov*. Album 4-1. Schody. bednění. Voronezh-Novosibirsk, 2000;
- [11] Prezentace: *O aplikaci stavební technologie „KUB 2.5“*. Stavební firma „KUB-Stroykompleks“. Při podporování členu sdružení stavitelů, dostupnost na:
http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF
- [12] *Zpráva „KUB 2.5“. Popis technologického procesu*. Tashkinov P.V. Perm 2008, dostupnost na :<https://studfile.net/preview/512456/>
- [13] Postup postavení interačního diagramu, dostupnost na:
http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB_soubory/1_0_interakcni_diagram.pdf

POUŽITÝ SOFTWARE

Microsoft Word

Microsoft Exel

Graphisoft AutoCAD

Dlubal RFEM 5.21

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Výkresová část:	Výkres č. 1 Jednomodulové stropní desky
	Výkres č. 2 Schematický výkres sloupu a uzlů bednění
	Výkres č. 3 Konstrukční schema – 2.NP
	Výkres č. 4 Konstrukční schema – 3.NP – 5.NP, 7.NP
	Výkres č. 5 Půdorys – 2.NP
	Výkres č. 6 Půdorys – 3.NP – 5.NP
	Výkres č. 7 Půdorys střechy
	Výkres č. 8 Půdorys základů
	Výkres č. 9 Řez A-A
	Výkres č. 10 Řez B-B
	Výkres č. 11 Jížní pohled

[Zdroj: autorka diplomové práce]