

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Bakalářská práce

Spřažené konstrukce z filigránových desek

Composite structures of filigree slabs

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Josef Novák, Ph.D.

Josefus Petr

Praha 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Josefus</u>	Jméno: <u>Petr</u>	Osobní číslo: <u>486003</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Spřažené konstrukce z filigránových desek</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Composite structures of filigree slabs</u>	
Pokyny pro vypracování: Souhrn aktuálních poznatků ke spřaženým konstrukcím z filigránových desek - obecné informace, podstata chování, zatížení, metodika navrhování. Návrh vybraných konstrukčních prvků z filigránových desek.	
Seznam doporučené literatury: Navrhování železobetonových konstrukcí – Příklady a postupy, prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc. FEng., prof. Ing., Jaroslav Procházka, CSc., doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Josef Novák, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>24.02.2022</u> Termín odevzdání BP v IS KOS <u>15.05.2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>	
..... Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
..... Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci na téma SPŘAŽENÉ KONSTRUKCE Z FILIGRÁNOVÝCH DESEK vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Ústřední knihovně Fakulty stavební a Fakulty architektury ČVUT.

V Praze dne 14.5.2022

.....

Josefus Petr

Poděkování

Rád bych touto cestou velice poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Josefu Novákovi, Ph.D. za odborné a cenné rady, čas strávený při konzultacích a za celkové vedení při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou spřažených konstrukcí z filigránových desek a návrhem vybraných konstrukčních prvků. Na úvod práce jsou prefamonolitické konstrukce rozděleny a vybrané typy konstrukcí jsou podrobně popsány. Hlavní částí práce je souhrn aktuálních poznatků ke spřaženým konstrukcím z filigránových desek. V práci lze nalézt obecné informace, podstatu chování, zatížení či metodiku navrhování. V závěru práce jsou tři způsoby návrhu spřažených konstrukcí z filigránových desek, které jsou mezi sebou porovnány.

Klíčová slova

Filigránové desky, spřažené, spolupůsobení, prefamonolitické konstrukce, prefabrikovaný dílec, monolitická část, prostorová výztuž, podélný smyk, dočasné zatížení

Abstract

The bachelor's thesis deals with the topic of composite structures made of filigree boards and the design of selected structural elements. At the beginning of the thesis, prefamolithic structures are divided and selected types of structures are described in detail. The main part of the thesis is a summary of current knowledge about composite structures made of filigree slabs. In the thesis you can find general information, the nature of behavior, strain or design methodology. At the end of the thesis are three drawings to design composite structures from filigree slabs, which are compared with each other.

Keywords

Filigree slabs, composite, interaction, prefamolithic structures, prefabricated part, monolithic part, spatial reinforcement, longitudinal shear, temporary loading.

Obsah

1	Úvod	9
2	Úvod do spřažených prefamonolitických konstrukcí	11
3	Typy spřažených konstrukcí	13
3.1	Ocelobetonové konstrukce	13
3.1.1	Popis.....	13
3.1.2	Spřahující prvky	15
3.1.3	Realizace	16
3.2	Plechobetonové desky	17
3.2.1	Popis.....	17
3.3	Dřevobetonové konstrukce.....	18
3.3.1	Popis.....	18
3.3.2	Spřahující prvky	19
3.3.3	Realizace	20
3.4	Keramickobetonové konstrukce.....	21
3.4.1	Popis.....	21
3.4.2	Realizace	22
4	Prefamonolitické filigránové konstrukce	23
4.1	Stropní konstrukce	23
4.1.1	Popis.....	23
4.1.2	Použití	26
4.1.3	Montáž	28
4.2	Dvojitě filigránové stěny.....	30
4.2.1	Popis.....	30
4.2.2	Použití	32
5	Spřažení	34
6	Navrhování spřažených konstrukcí	37
6.1	Podélný smyk - posouzení ve styčné spáře	38
6.2	Dočasné návrhové situace	42
6.2.1	Návrh manipulačních úchytů	42
6.2.2	Posouzení prvku při přepravě.....	45
6.2.3	Skladování prvků	46
6.2.4	Zásady pro montážní podepření	46
6.2.5	Zmonolitnění stropní konstrukce	48
7	Konstrukční návrh filigránové konstrukce	49
7.1	Návrh spřažené stropní desky	50
7.1.1	Materiálové vlastnosti	51

7.1.2	Ruční výpočet.....	51
7.1.3	Návrh a posouzení výztuže v programu FINE- beton 2022.....	59
7.1.4	Filigránové stropní desky z liaporbetonu - Liastrop	63
7.1.5	Vyhodnocení	66
7.2	Návrh spřažené stěny	67
7.2.1	Materiálové vlastnosti	67
7.2.2	Návrh a posouzení výztuže v programu FINE- beton 2022.....	67
7.2.3	Vyhodnocení	71
8	Závěr	72
9	Seznam použitých podkladů.....	73
10	Seznam obrázků	76
11	Seznam tabulek	79
12	Seznam použitých programů	80

1 Úvod

Hlavní náplní této bakalářské práce je objasnění, jakým způsobem fungují spřažené prefamonolitické konstrukce z filigránových desek a jejich navržení. Nejprve je v kapitole 2 *Úvod do spřažených prefamonolitických konstrukcí* stručně popsán princip problematiky spřažené prefamonolitické technologie, včetně jejich výhod, nevýhod a možnosti využití.

V kapitole 3 *Typy spřažených konstrukcí* jsou popsány možné způsoby spřažení z hlediska materiálu. V této kapitole jsou ukázány spřažené prefamonolitické konstrukce ocel-beton, dřevo-beton, plech-beton a keramika-beton. Tyto typy spřažení ale nejsou hlavním obsahem bakalářské práce, a proto jsou jen stručně popsány jejich základní vlastnosti, spřahující prvky a příklady realizace, které jsou doplněny fotografiemi se stručným popisem.

Spřažené konstrukce z filigránových desek spadají do typu spřažení beton-beton. Tento způsob je podrobně popsán v následující kapitole 4 *Prefamonolitické filigránové konstrukce*. Je zde popsáno chování filigránových desek, jejich možnost využití ať už jako stropní deska, či stěnový panel (filigránové desky se daleko častěji používají jako stropní nebo střešní deska než jako stěnový panel). Dále jsou v této kapitole uvedeny základní vlastnosti desek (rozměry, hmotnost), typické profily výztuže, konstrukční zásady a možnosti použití. Nastíněny jsou zde i dočasné zatěžovací stavy, které se týkají převážně prefabrikovaných dílců, ale vliv mají i na celkovou spřaženou konstrukci. Tyto zatěžovací stavy jsou dále řešeny v kapitole 6.2 *Dočasné návrhové situace*. Hlavně je zde ale vysvětlen princip chování spřažených konstrukcí z filigránových desek.

Následující kapitola 5 *Spřažení* se věnuje podstatě chování. Je zde vysvětlen pojem spřažení a jakým způsobem ho lze docílit. Spřažení je zde rozděleno na tři druhy, přičemž každý typ spřažení má na chování konstrukce jiný vliv.

Velkou a rozsáhlou kapitolou je kapitola 6 *Navrhování spřažených konstrukcí*. Tato kapitola se zabývá metodikou navrhování. Jsou zde podrobněji popsány už dříve zmíněné dočasné návrhové situace, ale hlavně se tato kapitola zabývá posouzením ve styčné pracovní vodorovné spáře, která se nachází mezi prefabrikovaným dílcem a monolitickou částí. V této spáře dochází k přenosu posouvajících sil. Přenos smyku ve styčné spáře je pro návrh spřažené stropní konstrukce rozhodující.

Poslední kapitolou je kapitola 7 *Konstrukční návrh filigránové konstrukce*, kde jsou uvedeny tři možnosti návrhu stropní desky, které jsou mezi sebou poté porovnávány a jeden návrh stěny. Pro návrh vybraných filigránových desek je použit vyhotovený globální model budovy z předmětu Projekt 2C (133P02C) vytvořený v programu SCIA Engineer 20.0. První způsob navržení stropní filigránové desky je ruční výpočet, ke kterému použijeme známé vzorce pro návrh výztuže a statické tabulky pro stanovení základních návrhových veličin. Pro druhý návrh byl použit program FINE- beton 2022, který vychází z výsledků stanovených programem SCIA Engineer 20.0. Třetí návrh je návrh pomocí tabulek od firmy Liastrop. Pro návrh stěnového panelu postačí pouze návrh pomocí programu FINE- beton 2022.

2 Úvod do spřažených prefamonolitických konstrukcí

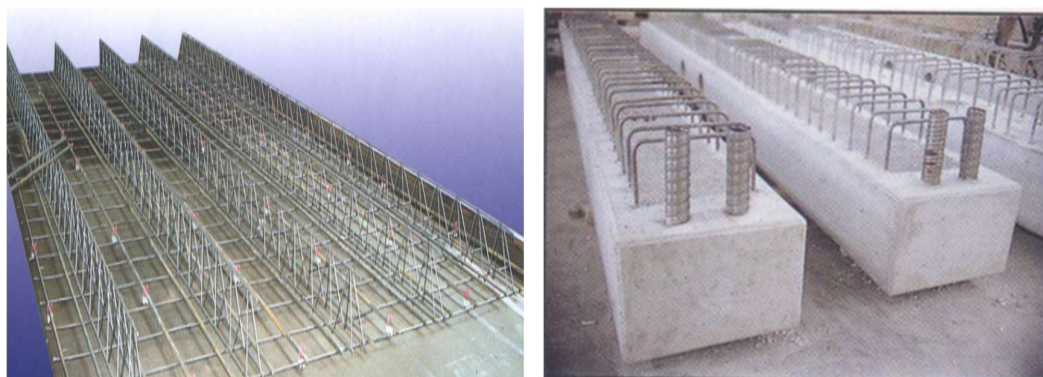
Spřažená konstrukce je výsledný stav při spolupůsobení prefabrikované části vyrobené ve výrobnách a monolitické části, která je provedená přímo na stavbě. Kombinují se tedy dvě technologie za účelem vzniku nové, která si ponechá co nejvíce kladných vlastností z obou technologií a zároveň se snaží odstranit co nejvíce negativních vlastností. U prefamonolitické části jsou eliminovány hlavně vysoké dopravní náklady a potřeba těžké mechanizace na stavbě. Prefabrikovaná část konstrukce je tvořena nosnými dílci, které zároveň plní funkci bednění pro monolitickou část a tím velmi značně ovlivní rychlost výstavby a sníží náklady na bednění, které bývá často pracné a drahé. Dosahují požadovanou kvalitu a zároveň zjednodušují a urychlují výstavbu. Díky tomu ale nastává ve výrobnách složitější a náročnější projekční návrh. V případě plného spřažení (jeden ze tří druhů spřažení) za předpokladu použití stejného materiálu je možno považovat konečný „vyzrálý“ prvek za celistvý. Zmonolitněním prefabrikovaných částí přidává konstrukci na její tuhosti a zvyšuje odolnost proti kolapsům, zemětřesení a výbuchům. Celková tuhost spřažené konstrukce se blíží monolitické. [4] [5]

Ve stavebnictví se využívá spřažení několika materiálů. Typy spřažení podle materiálu jsou beton-beton, ocel-beton, keramika-beton a dřevo-beton. V dnešní době se prefamonolitické konstrukce ocel-beton využívají hlavně v dopravním stavitelství pro ocelobetonové mosty (*Obr. 1 vlevo*). Ostatní typy se využívají především jako stropní konstrukce v pozemním stavitelství. U rodinných domů je nejčastější strop z Miako vloček (*Obr.1 vpravo*).



Obrázek 1- Lochkovský most (vlevo) [13] a strop z Miako vloček (vpravo) [12]

U typu beton-beton dochází spolupůsobením předem vyrobené betonové části a části posléze přibetonované ke vzniku spřaženého betonového nosného prvku. Ve vodorovné rovině vznikají spřažené deskové a trémové stropní konstrukce (*Obr. 2*). Ve svislé to jsou spřažené stěnové panely (*Obr. 3*). V obou případech se v mezním stavu únosnosti řeší přenos smykových sil ve spárách a v mezním stavu použitelnosti přetvoření před a po přibetonování. Styky jsou hladké, drsné nebo dokonce zazubené. [1][2][3]



Obrázek 2- Filigránová stropní deska (vlevo) [4] a spřažený trém (vpravo) [10]



Obrázek 3- Prefamolitický stěnový dílec na stavbě [9]

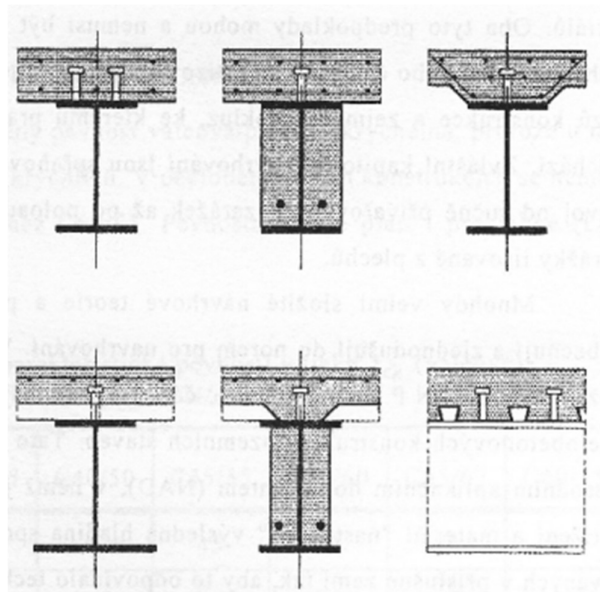
3 Typy spřažených konstrukcí

3.1 Ocelobetonové konstrukce

3.1.1 Popis

Ocelové konstrukce vynikají především svou vysokou únosností, ale jejich problémem je v dnešní době vysoká cena a někdy i nedostatečná tuhost. Betonové konstrukce jsou naopak dostatečně tuhé, ale disponují malou pevností v tahu. Pevnost betonu v tahu se v konstrukčních návrzích zanedbává, a tak tahové namáhání přebírá výztuž. Beton přenáší tlak. V případě, že se tyto materiály spojí, vznikne spřažená konstrukce, která zvýrazní výhody obou materiálů a sníží jejich nedostatky.

Nejčastější ocelobetonovou konstrukcí je prostý nosník, u kterého se železobetonová deska, která roznáší plošné zatížení do nosníků, spojí s ocelovým profilem (*Obr. 4*).

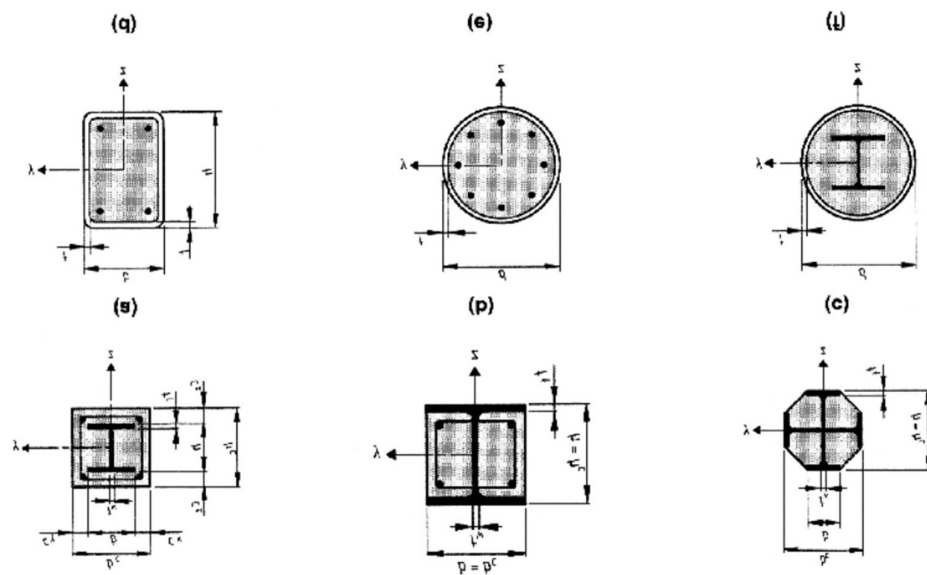


Obrázek 4- Ocelobetonové nosníky [6]

Kromě své předchozí nosné funkce v příčném směru napomáhá železobetonová deska převzít část podélného tlakového namáhání, které působí v horní části nosníku. Deska bývá často z praktických důvodů betonována do tzv. ztraceného bednění z tenkých trapézových plechů, které v konstrukci zůstanou (*Obr. 4 dole*). Při splnění určitých podmínek se mohou plechy využít i staticky. Podrobněji je tento způsob rozepsán v

kapitole 3.2 *Plechobetonové desky*. Ocelové konstrukce jsou zpravidla špatně odolné vůči požáru. Z tohoto důvodu se navrhují nosníky, které mají vybetonovaný i prostor mezi pásnicemi (*Obr. 4 uprostřed*). V tomto případě je spodní pásnice, která je s případným požárem nejvíce v kontaktu, nahrazena výztuží v dolní části obetonování. Obetonování zde funguje jako ochrana pro betonovou výztuž.

Další často využívanou ocelobetonovou konstrukcí jsou sloupky, jejichž půdorysné tvary jsou ukázány na *obr. 5*. Díky betonu se výrazně zvýší tuhost ocelového sloupku, čímž se sníží jeho štíhlost a vzroste únosnost v centrickém tlaku. Beton má kladný vliv na únosnost i v případě excentrického tlaku, při kombinaci tlaku a momentu. Také u sloupů beton výrazně zvyšuje odolnost proti požáru a mimořádným zatížením. [6]



Obrázek 5- Typické průřezy spřažených sloupů [6]

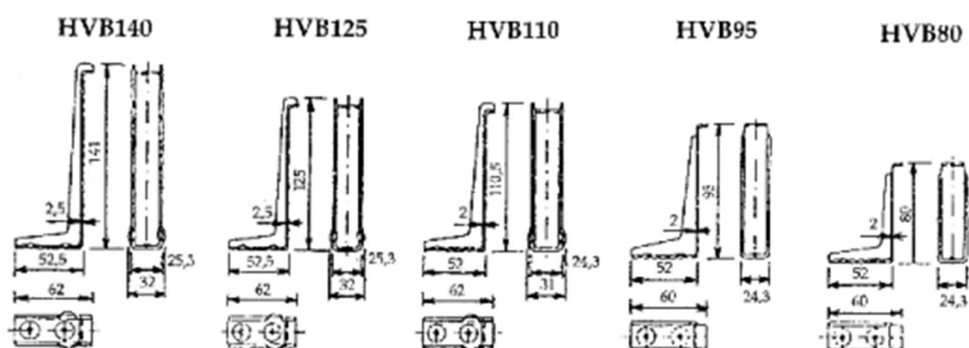
3.1.2 Spřahující prvky

3.1.2.1 Spřahovací trny s hlavou

Tyto trny jsou vyrobeny z oceli, jejíž mez pevnosti je maximálně 500MPa. Trny se vyrábějí s průměry mezi 16 a 25 mm. Trny se přivařují poloautomatickou pistolí.

3.1.2.2 Zarážky Hilti

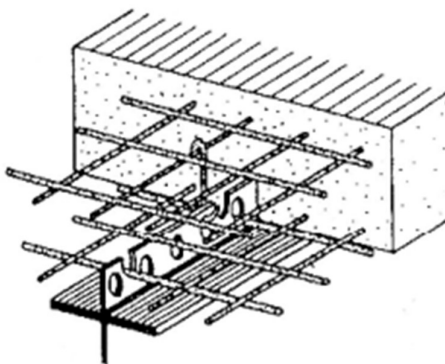
Zarážky Hilti jsou vyrobeny za studena z pozinkovaného plechu tl. 2,0 nebo 2,5 mm. Kotva se k ocelovému nosníku připevní pomocí nastřelovací pistole Hilti. Zarážky se vyrábějí v různých velikostech.



Obrázek 6- Tvary kotev Hilti HVB [6]

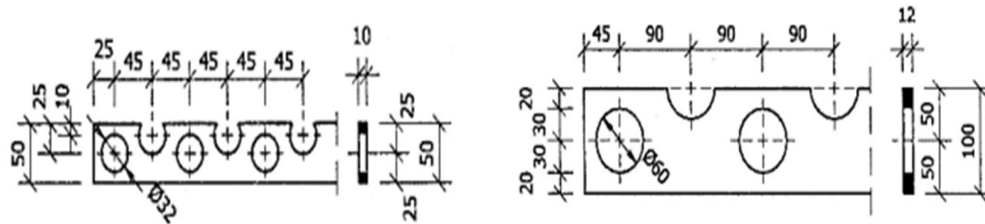
3.1.2.3 Perforovaná lišta

V mostárně se přivaří perforovaná lišta na vrchní pásnici nosníku a poté se otvory v liště provlékne příčná výztuž desky.



Obrázek 7- spřažení lištou [6]

V České republice se používají dva typy lišt. Pro betonové desky tloušťek pod 100 mm se hodí nízká lišta (*Obr. 8 vlevo*). Pro tlustší betonové desky je vhodná vysoká lišta (*Obr. 8 vpravo*).



Obrázek 8- Nízká lišta (vlevo) a vysoká lišta (vpravo) [6]

3.1.3 Realizace

Litovelský most, taktéž známý jako most Bohumila Hrabala, se nachází ve Středočeském kraji nedaleko města Lysá nad Labem. Původně byl most dřevěný a jeho základy byly doloženy už v 18. století. Od roku 2010 se most pojmenoval po Bohumilu Hrabalovi (jeden z nejvýznamnějších a nejosobitějších spisovatelů druhé poloviny 20. století), který žil velkou část svého života v nedalekém Kersku.

Současný most byl postaven v roce 2002. Má délku 208 m, šířku 16 m a od řeky je 14 m vysoko.

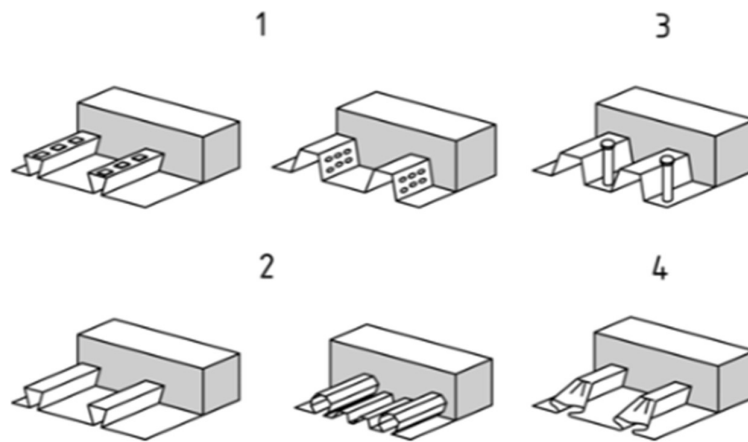


Obrázek 9- Dokončený most přes Labe v obci Litol [6]

3.2 Plechobetonové desky

3.2.1 Popis

Vznikají díky vybetonování profilovaného plechu. Plech nejprve nese čerstvý beton a montážní zatížení. V okamžiku, kdy beton ztvdne, působí jako částečná až dokonce úplná výztuž spřažené desky. Bez dalšího prověření lze tyto desky používat jen pro statické zatížení. Při dynamickém či opakovaně působícím zatížením se musí deska podrobit zkouškám, které potvrdí, že spřažení nebude během provozu porušeno. V případě podélného smyku se nepočítá se soudržností, a proto se spojení musí zajistit jedním z následujících způsobů. [6]



Obrázek 10- Způsoby přenášení podélného smyku u plechobetonové desky [6]

- 1- Mechanické spojení
- 2- Třecí spojení
- 3- Koncové ukotvení pomocí trnů přivařených skrz plech
- 4- Koncové ukotvení zdeformováním žeber

3.3 Dřevobetonové konstrukce

3.3.1 Popis

Tyto konstrukce se používají zejména při zesilování existujících stropů s dřevěnými stropními nosníky. Vyhotovením betonové desky, kterou pomocí spřáhujících prvků (*viz kapitola 3.3.2 Spřáhující prvky*) spřáhneme s dřevěnými nosníky, významně zvýšíme tuhost i únosnost stropní konstrukce. Mezi další výhody patří lepší kročejová a vzduchová neprůzvučnost, požární odolnost, zlepšení tepelně-technických vlastností či snížení nákladů na výstavbu a zkrácení doby výroby.

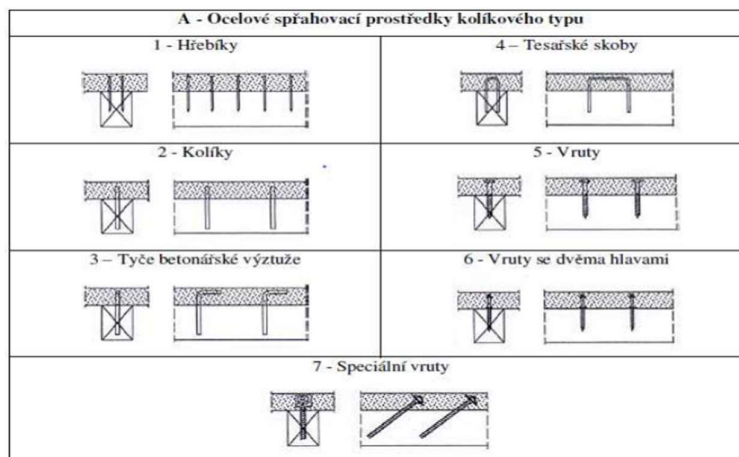
Z hlediska účinnosti a působení dělíme spřáhnutí na poddajné a tuhé. Při tuhém spřáhnutí uvažujeme dokonalé spolupůsobení mezi dřevem a betonem pomocí smykových toků. Spojovací prvky jsou v tomto případě dokonale tuhé a nepoddajné. Ve skutečnosti ale s dokonale tuhým spřážením nemůžeme počítat. Pomocí speciálních přípravků (kotvy, záchytky, zarážky, kozlíky) lze dosáhnout maximálně téměř tuhé spřážení. Poddajné spřáhnutí odpovídá reálnému působení spřáhnutých nosníků začleněných v konstrukcích. [7] [8]



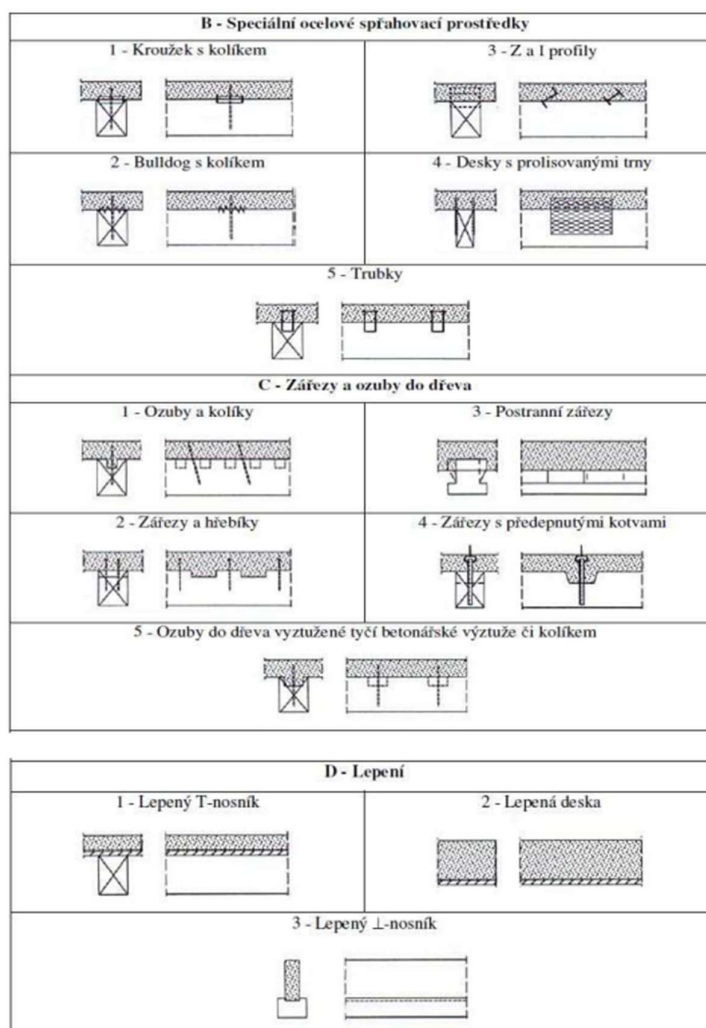
Obrázek 11- Stropní konstrukce typu HBV [15]

3.3.2 Spřahující prvky

Prvky dělíme do čtyř skupin A-D (Obr. 12 a 13).



Obrázek 12- Přehled typů spřažení používaných pro dřevobetonové stropní konstrukce [7]



Obrázek 13- Přehled typů spřažení používaných pro dřevobetonové stropní konstrukce [7]

3.3.3 Realizace

V současné době je nejzajímavější budova s využitím dřevobetonových stropních konstrukcí budova Life Cycle Tower ve Vídni (*Obr. 14*). Budova je určena pro kancelářské prostory a s celkovou plochou 10400 m² a osmi podlažími je Life Cycle Tower doposud největší realizací tohoto typu dřevobetonové konstrukce v Evropě. Dřevobetonové dílce pomohly stavbu urychlit a vyřešit požadavky na požární bezpečnost. Stropní konstrukce je navíc natolik efektivně vyřešena, že mezi trámy vedou v pohledu inženýrské sítě (*Obr. 15*).



Obrázek 14- Nejvyšší budova v Evropě s dřevobetonovými dílci- Life Cycle Tower [15]

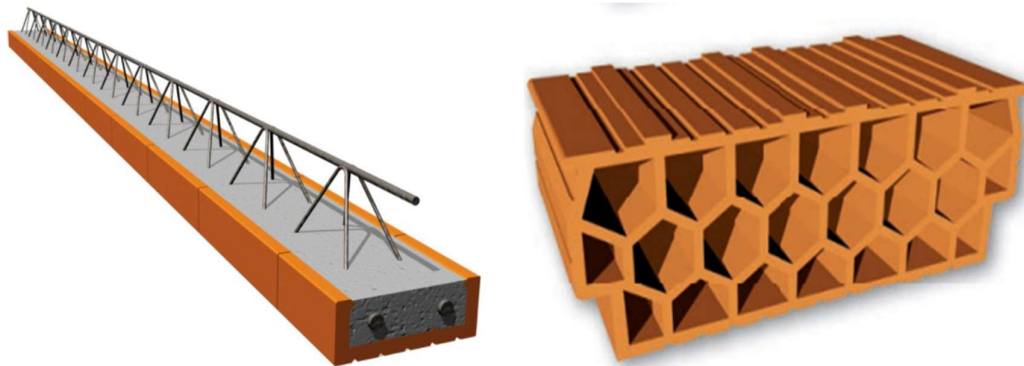


Obrázek 15- Stropní deska v budově Life Cycle Tower [15]

3.4 Keramickobetonové konstrukce

3.4.1 Popis

Tyto stropy se používají do rozpětí až 8 m a dosahují výšky 190-300 mm. Nosný prvek tvoří prefabrikovaný nosník, který je složen z betonové nebo keramickobetonové patky. Jejich osová vzdálenost je 500 – 750 mm. V patce je zabudována hlavní nosná příhradová výztuž typu „filigrán“. Jakmile se nosníky osadí na podpory, je nutné tyto nosníky dočasně podepřít (zpravidla ve třetinách rozponu) a až poté se do mezilehlého prostoru vkládají vložky, které tvoří podhled stropu a vylehčují stropní desku. Vložky jsou zpravidla z lehčeného betonu či keramiky. Poté se celá konstrukce vyztuží ocelovou sítí a zabetonuje. Po dosažení nezbytné pevnosti se provizorní podepření nosníků odstraní. [5] [14]



Obrázek 16- Stropní nosník Porotherm (vlevo) a vložka Miako (vpravo) [14]

3.4.2 Realizace

Tyto konstrukce jsou nejčastěji používané při výstavbě rodinných domů a to zejména stropních konstrukcí. Jeden z nejčastěji používaných systémů je Porotherm strop s vložkami Miako. Již dlouho je tento strop považován za velmi rychlou, jednoduchou a nenáročnou technologii. Mezi další výhody patří vysoká únosnost, výborná požární odolnost, vysoká tuhost stropní desky v obou směrech či jednoduché řešení prostupů pro instalační šachty, komíny a schodiště. Dále díky jednotnému cihelnému povrchu vznikají optimální podmínky pro přilnavost omítky.



Obrázek 17- Usazování stropních trámů [12]



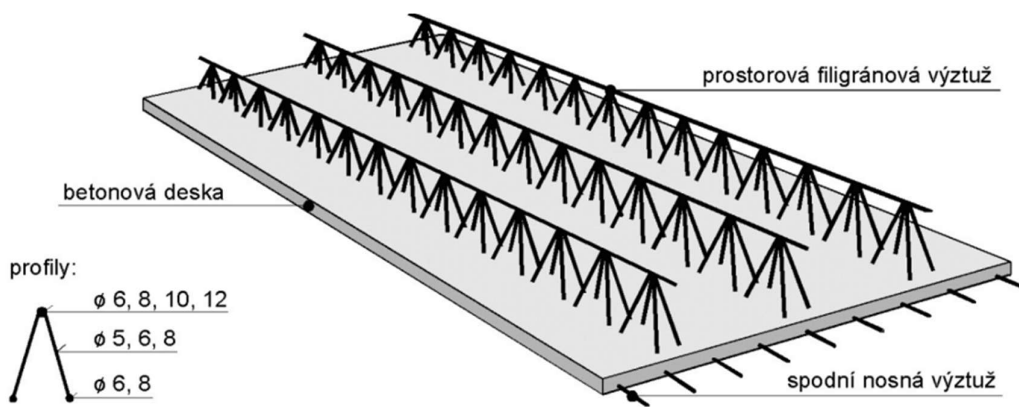
Obrázek 18- Skládání stropních vložek [12]

4 Prefamonolitické filigránové konstrukce

4.1 Stropní konstrukce

4.1.1 Popis

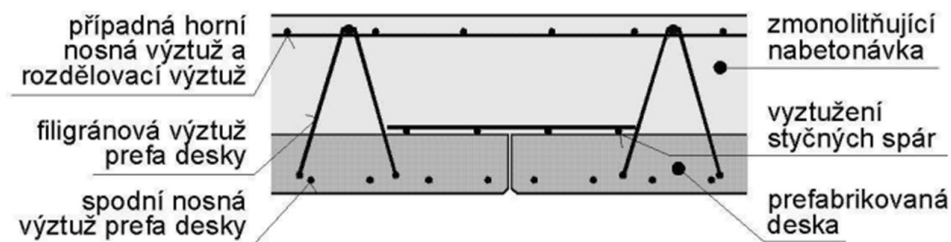
Filigránové desky jsou tenké prefabrikované desky, ze kterých vyčnívá spráhující prostorová příhradová výztuž (smykové žebříčky) ve směru rozponu desky. Tyto desky mohou být s hladkými čely nebo může z čela výztuž vyčnívat. Prefabrikovaná část konstrukce vyrobená ve výrobnách zahrnuje nosnou, konstrukční a částečně zabetonovanou spráhující výztuž. Díky tomu se minimalizuje možnost špatného rozmístění výztuže na stavbě a tím zajišťuje vyšší kvalitu stropní konstrukce. Plní nosnou funkci, ale zároveň tvoří bednění pro monolitickou část, díky čemu velmi značně ovlivní rychlost výstavby a sníží náklady na bednění, které bývá často pracné a finančně náročné. Dalšími výhodami jsou: kvalitní, hladký a rovný podhled bez trhlin a rozdílného průhybu ve spárách, který se nemusí omítat, ale postačí pouze štuková či stěrková vrstva, a minimální omezení sezónnosti výstavby, protože stropní desky lze osazovat i v zimním období. Současně prefabrikovaná deska spolupůsobí s monolitickou částí jako sprážená konstrukce. Sprážení mezi těmito částmi je zajištěno pomocí vyčnívající prostorové příhradové výztuže z filigránové desky a drsným vrchním povrchem. Ve spáře na styku mezi prefabrikovaným dílcem a monolitickým betonem dochází k nezbytnému vzájemnému spolupůsobení těchto částí pomocí přenosu smykových sil.



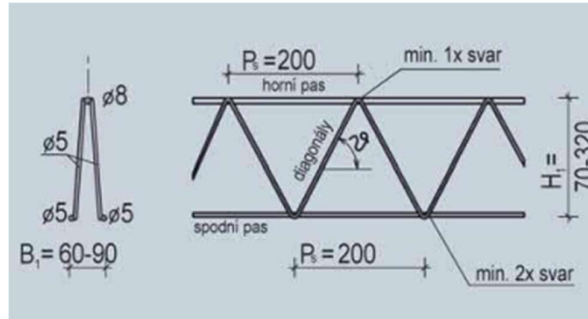
Obrázek 19- Typická filigránová deska [16]

Tloušťka filigránových desek bývá mezi 50-80 mm (běžně 60 mm), výjimečně dosahuje až 100 mm. Šířka od 0,3-2,4 m a maximální délka se pohybuje okolo 8 m. S přibývajícím délkou desek roste i jejich tloušťka, aby bylo sníženo riziko poškození desky v průběhu manipulace. Výrobní tolerance rozměrů desek mají krajní hodnoty cca 5 – 10 mm. Hmotnost desky při tloušťce 60 mm je 150 kg/m². Prefabrikovaná část bývá z betonu pevnostní třídy C 20/25 - C 30/37. Nezbytnou součástí pro prefamolitické stropy je nabetonávka z betonu o minimální třídě pevnosti B20 a výšce 90 mm.

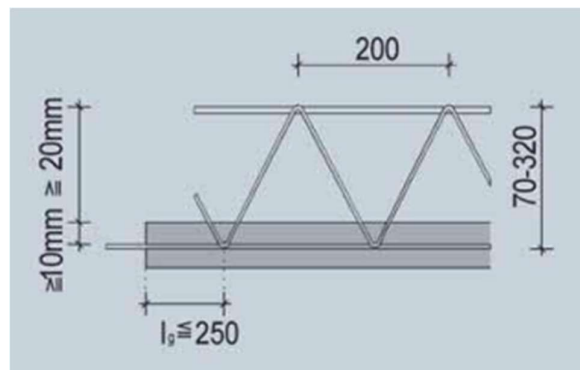
Prostorová příhradová výztuž (filigránové žebříčky) bývá nejčastěji složená z prutů o průměru 5 a 8 mm a z desky vyčnívá až do výšky 300 mm. Příhradová výztuž hraje společně s drsností povrchu hlavní roli v přenosu smykových sil mezi prefabrikovanou a monolitickou částí ve vodorovné styčné spáře. S touto výztuží se spojí nosná nebo konstrukční výztuž, která je podle konstrukčních zásad a na základě statického výpočtu doplněna do monolitické části (*Obr. 20*). Na *obrázcích 21 - 23* jsou uvedeny maximální a minimální vzdálenosti a profily výztuží. [5] [16]



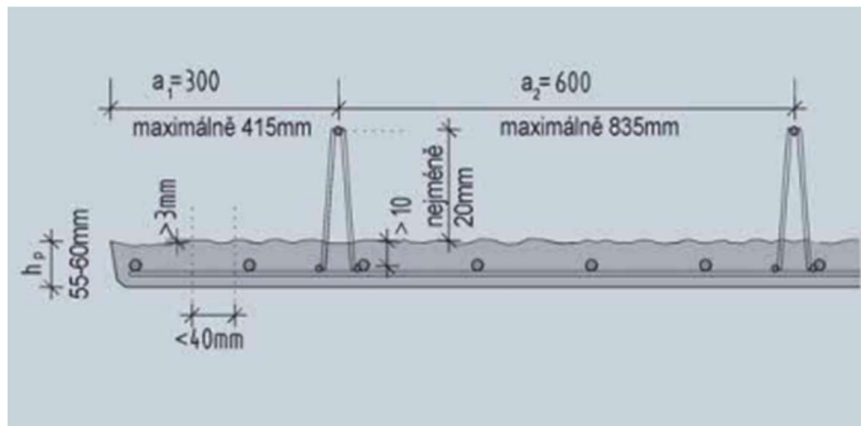
Obrázek 20- Řez filigránovým stropem [16]



Obrázek 21- Standartní profily a vzdálenosti výztuže [17]



Obrázek 22- Minimální vzdálenost od kraje [17]



Obrázek 23- Maximální vzdálenosti [17]

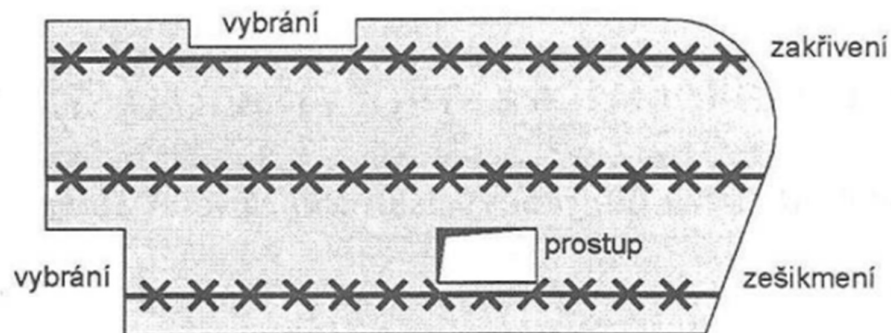
4.1.2 Použití

Bez jakýkoliv omezení a naprosto běžně se filigránové desky používají pro bytové, občanské i průmyslové stavby. Nejčastěji se používají na stropní a střešní ploché konstrukce a je možné je použít pro stěnové i skeletové nosné systémy, zděné, železobetonové, monolitické i prefabrikované konstrukce.



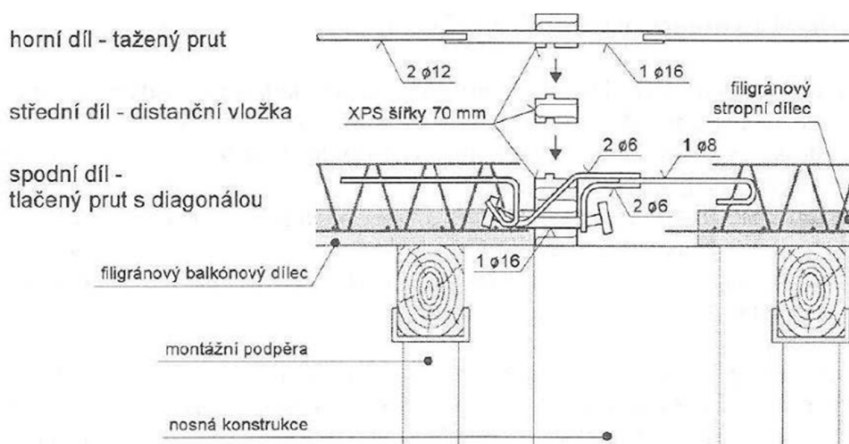
Obrázek 24- Ukázka vhodného užití filigránových stropů [17]

Tyto stropní desky mohou mít jakýkoli tvar, a proto je možné je použít pro velmi členité objekty, ve kterých se nachází balkony, šikmé plochy či oblouky. Desky se tedy mohou vyrábět v nepravidelných tvarech dle individuálních požadavků stavby. Mohou být zešikmené, zakřivené anebo s připravenými prostupy pro osazení schodišťového ramene. Desky je možné vyrábět s vyvýšenými okraji či ozuby a s potřebnými úpravami zabudované výztuže.



Obrázek 25- Variabilita tvarových úprav filigránové desky [16]

V průběhu výroby lze začlenit elektroinstalační rozvody a ztracené bednění prostupů. Během výroby je možné zabudovat i tepelnou izolaci různých tloušťek nebo speciální ISO nosníky s tepelnou izolací z extrudovaného polystyrenu (XPS) tloušťky 70 mm pro přerušení tepelných mostů u balkónu (*Obr. 26*). Tyto nosníky jsou kombinací tří dílů. Dolní díl je svařený z nerezového tlačného prutu, diagonály a prutů z betonářské oceli. Střední díl tvoří distanční vložka z extrudovaného polystyrenu a horní díl je tažený prut z nerezové oceli s navařenou výztuží z betonářské oceli. Kvůli omezení rizika poškození ISO nosníku při transportu a manipulaci je v balkónovém nosníku zabetonovaný pouze spodní díl s tlačným prutem. Horní díl s taženým prutem se pomocí distančních podložek nasazuje těsně před vyhotovením monolitické vrstvy. [16]



Obrázek 26- ISO nosník od firmy MEA pro přerušení tepelného mostu u balkónu [16]

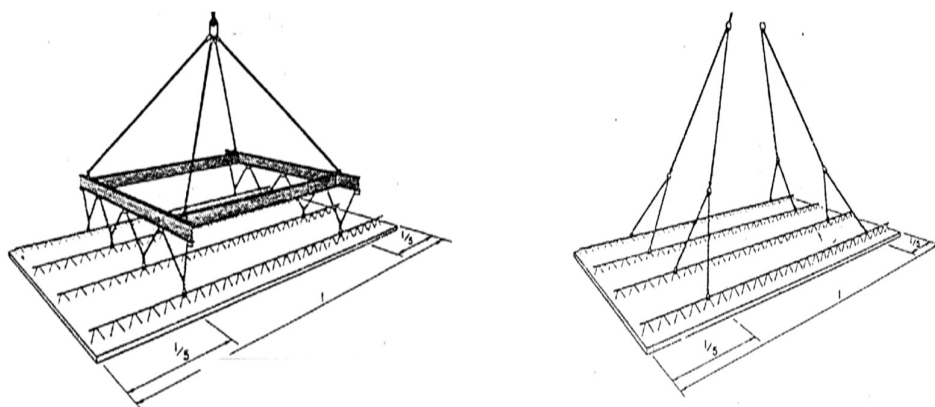
Podhledová (spodní) strana desek je hladká, zatímco horní povrch je zdrsněný z důvodu lepšího spojení s nabetonávkou. Filigránové desky lze vylehčovat vložením výplní z lehkých materiálů jako např. lehký beton, keramika, plast či pěnové sklo.



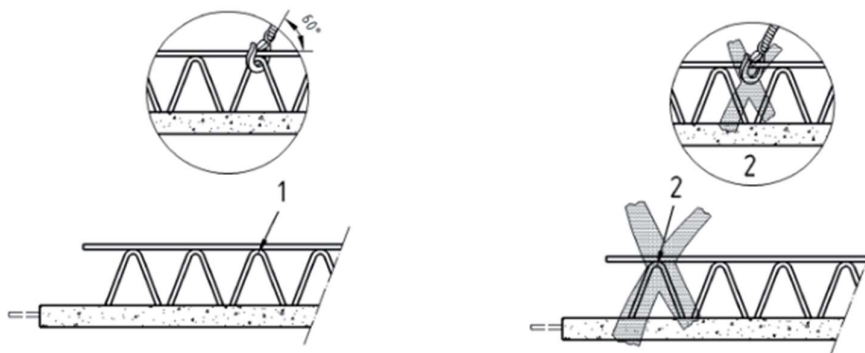
Obrázek 27- Vylehčení filigránových desek pomocí EPS [10]

4.1.3 Montáž

Filigránové desky jsou vyrobeny přímo na zakázku. Prefabrikáty se vyrábějí tak, aby byl omezen výkon zvedací a manipulační techniky. Manipulace s deskami se provádí pomocí vahadla nebo manipulačních lan na jeřábu s minimálně čtyřmi zavěšenými háky (Obr. 28). Tyto háky se připínají v místě styku prostorové sřahující příhradové výztuže (smykové žebříčky) ve vzdálenosti minimálně tří styčníků od čela desky (Obr. 29), nebo jsou navrženy speciální úchyty. Únosnost v tomto montážním stádiu je dalším z faktorů pro návrh sřahené desky. Posouzení únosnosti v montážním stavu je podrobně řešeno v kapitole 6.2.1 *Návrh manipulačních úchytů*. [18] [19]

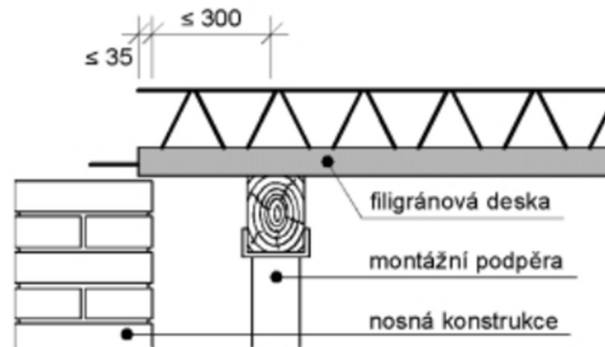


Obrázek 28- Zavěšení desky na vahadlo (vlevo) a zavěšení desky bez vahadla (vpravo) [18]



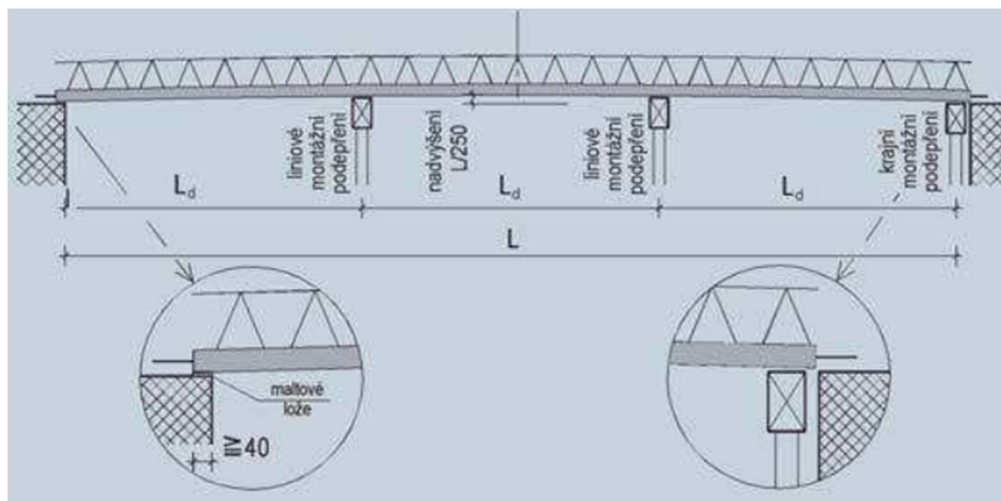
Obrázek 29- Správné přichycení (vlevo) a nesprávné přichycení (vpravo) [19]

Zajištění těchto strojů by se dalo považovat za nevýhodu stejně jako omezená velikost desky, která je závislá na dopravních možnostech. Desky se pokládají na předem připravený vodorovný, pevný a řádně očištěný okraj nosných konstrukcí do cementového maltového lože.



Obrázek 30- Osazení filigránové desky na nosnou stěnu [16]

Další nevýhodou by se dala označit potřeba montážního podepření. Dobu působení montážního podepření udává výrobce, ale jeho odstranění je možné až po zatvrdnutí monolitické části. Podepření musí být liniové, nikoliv bodové a bývá zpravidla ve třetinách rozponu. Zásady pro montážní podepření prefamonolitických stropních konstrukcí jsou uvedeny v kapitole 6.2.4 Zásady pro montážní podepření.

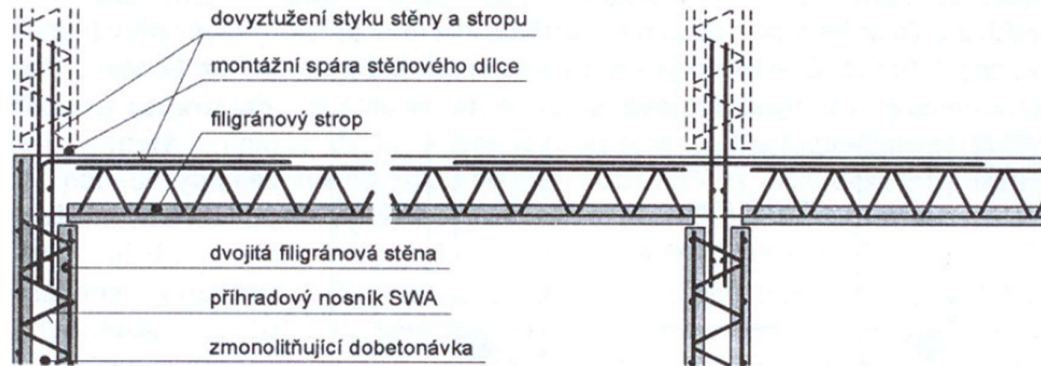


Obrázek 31- Montážní, dočasné podepření spřažené stropní desky [17]

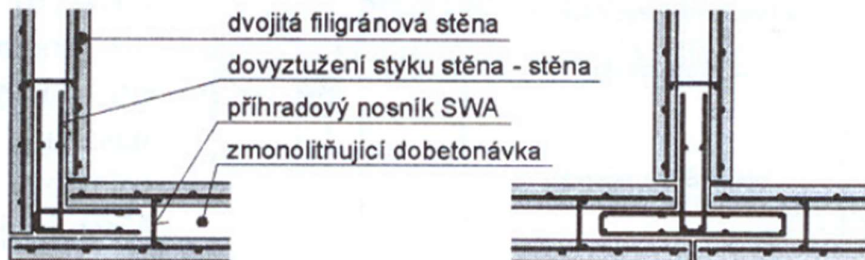
4.2 Dvojité filigránové stěny

4.2.1 Popis

Filigránové desky se nepoužívají pouze na stropní konstrukce. Další možností použití těchto dílců jsou dvojité filigránové stěny. Využití těchto stěn je výhodné především v kombinaci s prefamolitickými filigránovými stropy.



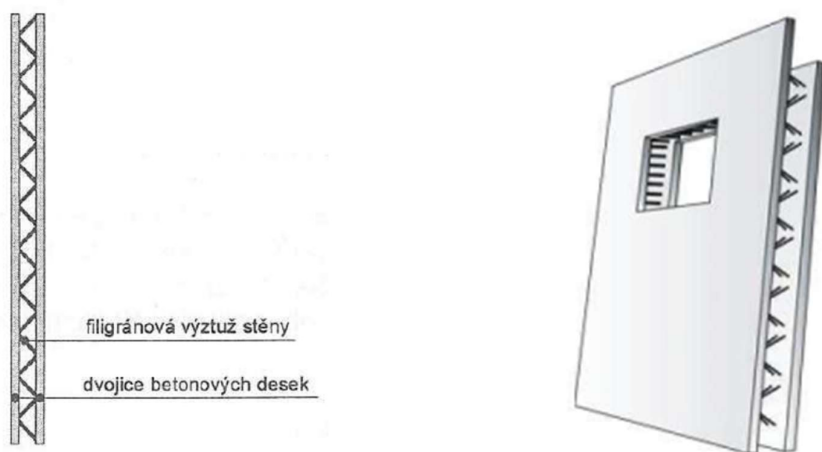
Obrázek 32- Řez napojení filigránové stěny na filigránový strop [16]



Obrázek 33- Půdorysné napojení filigránových stěn [16]

Tyto stěny tvoří tzv. „ztracené bednění“. Jsou tvořeny dvěma prefabrikovanými deskami o tloušťce zpravidla 50 – 60 mm, jejichž vzájemné spojení je zajištěno příhradovou výztuží z oceli B500B. Kvůli správnému probetonování čerstvým betonem je mezera mezi deskami minimálně 50 mm široká. Krytím výztuže je dána tloušťka jedné části stěny. Téměř většina armovací práce, stejně jako u filigránových stropních desek, probíhá při výrobě dílců a tím pádem se výrazně urychluje výstavba. Po usazení na stavbě zbývá mezeru mezi panely zalít betonem třídy pevnosti minimálně C 20/25, čímž vznikne stěna, která se chová jako monolitická. Má stejné vlastnosti a eliminuje vznik trhlin

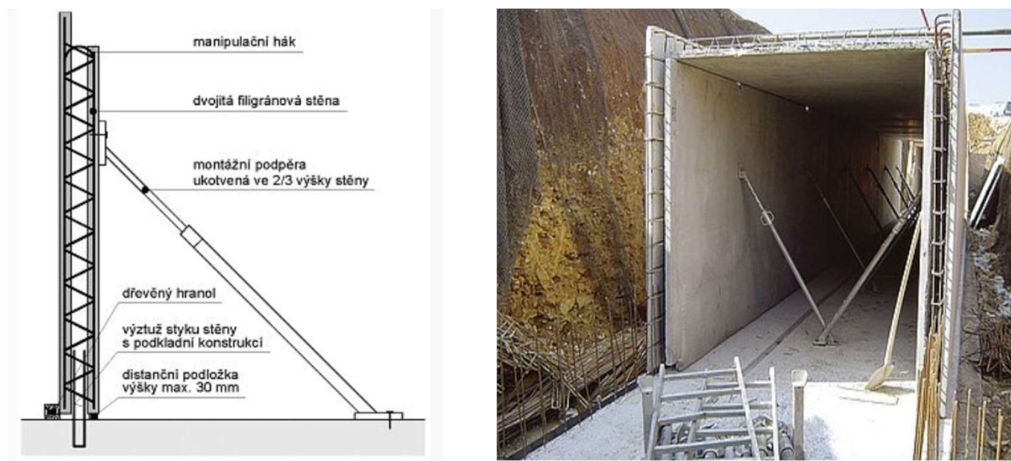
v místech mezi panely, která jsou pro výskyt trhlin kritická. Důvodem je, že v monolitické dobetonávce není výztuž, která by byla uložena přes rozhraní těchto panelů. Pro každý projekt se návrh tvaru a vyztužení desek provádí samostatně, protože je nezbytné zachytit svislá zatížení z horních podlaží a vodorovná zatížení vyvolaná zemním tlakem či větrem. Pomocí statického výpočtu je stanovena tloušťka stěnového dílce, která se pohybuje v rozmezí 150 – 400 mm. Výška jednotlivých desek odpovídá výšce podlaží. Maximální výšky desek mohou být až 11 m, ale standardně se pohybují okolo 2,2 m. Přípustná výrobní odchylka rozměrů prvků je 5 – 10 mm. Hmotnost jednoho prvku může dosáhnout až 11 t, přičemž plošná hmotnost se pohybuje okolo 300 kg/m². Tato technologie umožňuje snadné vytváření prostupů oken a dveří, zabudování elektroinstalačních rozvodů nebo osazení lišt pro zakotvení svislých i vodorovných konstrukcí. Ve výrobnách lze vyrobit desky atypického tvaru, přičemž desky jednoho dílce se mohou svým tvarem lišit. Není to však jediná výhoda. Stejně jako u stropních desek z filigránů i zde odpadají tesařské a armovací práce na stavbě, čímž se velmi urychluje výstavba. Další z výhod je velmi hladký povrch na obou lícových stranách, který není potřeba omítat. Tyto stěny se obvykle vyrábějí bez tepelné izolace, která je poté zajištěna, na vnější stěně, vhodným zateplovacím systémem. [16] [20]



Obrázek 34- Řez filigránovou stěnou (vlevo) a filigránová stěna s otvorem (vpravo) [16]

4.2.2 Použití

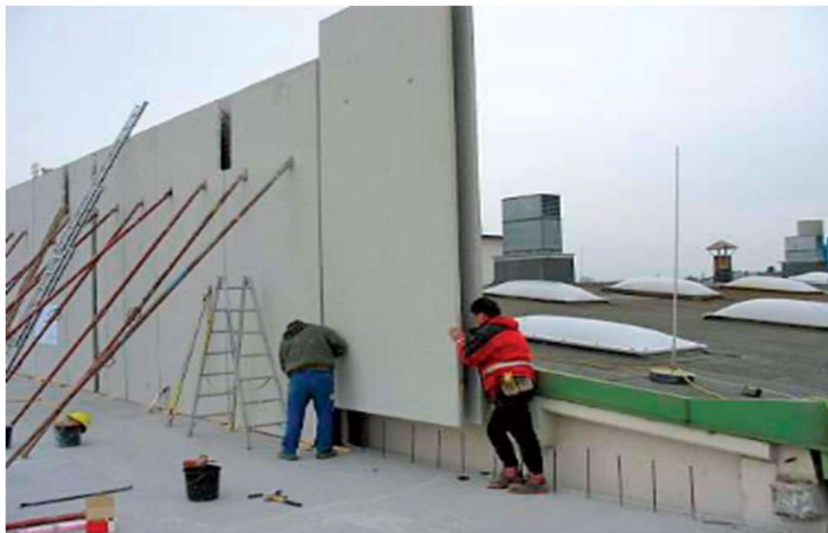
Systém dvojitých filigránových stěn se nejčastěji používá pro suterénní stěny, úhlové opěrné zdi, kolektory, podzemní nádrže, garáže a sklepy. Není však vyloučeno ani použití prvků pro vrchní stavbu. Ve stěnových systémech lze tento systém použít jako nosné vnější či vnitřní stěny s nižší konstrukční výškou. V případech skeletového systému se používají jako stěny výplňové. I zde je ale potřeba zajistit montážní podepření stejně jako v případě stropních konstrukcí (*Obr. 35 vlevo*). Podklad pro dvojitě filigránové stěny tvoří monolitický podkladní beton a zastropení se provede z filigránových desek. Vnější stěna dvojitě filigránové desky vytváří pro stropní konstrukce ztracené bednění. [16] [20]



Obrázek 35- Schéma montážního podepření (vlevo) [16] a kolektor z filigránových konstrukcí (vpravo) [20]

Při práci s filigránovými dvojitými stěnami je potřeba dodržovat bezpečnostní pravidla a celkově zvýšit pozornost při montáži. Prvním krokem při montáži těchto stěn je připravit plastové montážní podložky v místech osazení. Jejich rozestupy musí být v souladu s plánem kladení a rovinnost podkladových podložek ověří dělník pomocí vodováhy. Montážní spára bývá standardně 1 cm. Poté přichází na řadu zvednutí panelu. To je zajištěno pomocí jeřábu. Při zvedání panelu je potřeba dbát na rovnoměrný tah v závěsném zařízení. S panelem je potřeba manipulovat pomalu a opatrně. Jeřábík by se měl vyvarovat prudkým a trhaným pohybům. Dále se panel nasměruje a osadí na předpřipravené montážní podložky. Při nasměrování panelu je nutné se vyhnout už dříve osazeným panelům, aby nedošlo k jejich porušení či posunutí. Po osazení je potřeba zkontrolovat (opět pomocí vodováhy) svislou polohu dílce a následně ukotvit patu stěny

dřevěnou deskou, která se přišroubuje samořeznými šrouby. Tento krok zajistí stabilitu stěny v průběhu betonáže. Dalším krokem je vybudovat montážní podepření šikmými stojkami. Stojky se kladou pod vnitřním úhlem 50° a jsou minimálně dvě na jeden panel. Úchyty pro šikmé stojky jsou vyhotoveny již ve výrobně prefabrikované desky. Do panelu se stojka připevní samořeznými šrouby pomocí ráčny či dotahovačky. Druhý konec stojky se přichytí do základové desky šroubem. Jakmile je stěna zajištěna oběma šikmými stojkami, může se stěna odpojit od jeřábu. Dřívější odpojení je zakázáno. Před betonáží se do vertikálních spár mezi filigránové stěny vloží stykovací armokoš, který slouží jako výztuž. Poté se zkontroluje plynulá horní hrana panelů a může začít betonáž. Ta se provádí ve vrstvách standartní rychlostí 1 m/h. [9]



Obrázek 36- Montáž filigránových stěnových panelů na stavbě [9]

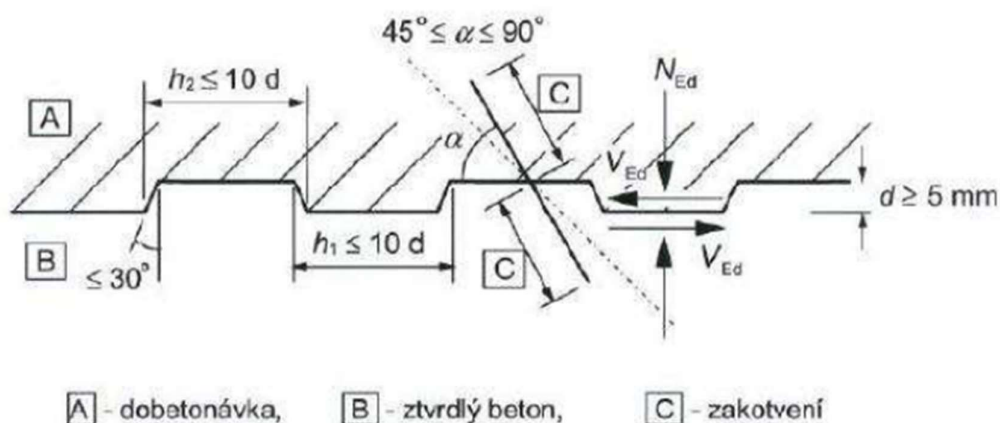
5 Spřažení

Spřažení je základní a nezbytná podmínka působení prefamolitické konstrukce. Spřažení těchto konstrukcí musí zaručit bezpečný přenos smykových sil a je docíleno zdrsněním povrchu (*Tab. 1*) a vyčnívající spřahující prostorovou příhradovou výztuží (smykové žebříčky) podle ČSN EN 10080. To ovšem není jediný účel této výztuže. Tato výztuž zároveň plní funkci nosného prvku v montážním stavu manipulace a zmonolitnění.

[21]

Tabulka 1- Součinitele c a μ definující vliv drsnosti horního povrchu prefabrikované desky [21]

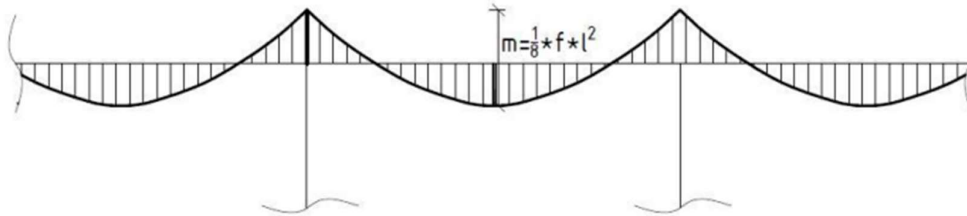
Charakteristika povrchu	c	μ
velmi hladký povrch - ocelové a plastové bednění, speciální dřevěné bednění	0,025 až 0,10	0,50
hladký povrch - posuvné bednění, povrch po vytlačování nebo ponechán po vibraci bez úpravy	0,20	0,60
drsňý povrch - nejméně nerovnosti 3mm nerovnosti po vzdálenostech okolo 40mm - záměrné zdrsnění	0,40	0,70
zazubený povrch - Obr.4.2.	0,50	0,90



Obrázek 37- Posouzení smyku v zazubené pracovní spáře spřažené konstrukce [21]

Návrh spřahující výztuže závisí na velikosti smykových sil ve vodorovné styčné spáře a montážních zatěžovacích stavech a jejich kombinacích. Podélná nosná výztuž vychází z průběhu ohybových momentů a posouvající síly ve stropní konstrukci. V případě, že se ve stropní konstrukci vyskytují záporné momenty (např. nad podporami u spojitých stropů o více polích), je třeba navrhnout kromě podélné výztuže

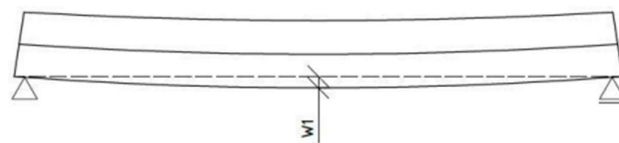
v prefabrikovaných deskách, která se zpravidla navrhuje na provozní stadium stropu, i horní výztuž v monolitické části průřezu stropu. V tomto případě se po zmonolitnění začne spřažená stropní deska chovat jako monolitický spojitý nosník. Tím pádem dochází ke snížení maximálních momentů v poli a zvýšení momentů nad podporami. Zároveň se zvýší celková ohybová a normálová tuhost desky, což způsobuje snížení průhybu.



Obrázek 38- Průběh momentů spřažené stropní desky o více polí

Spřažení dělíme na tři druhy (Obr. 39).

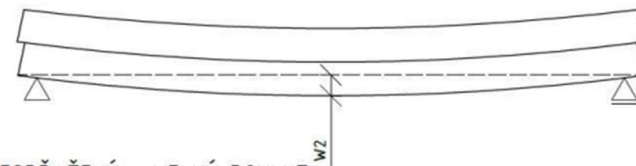
1) PLNÉ SPŘAŽENÍ - BEZ POKLUZU



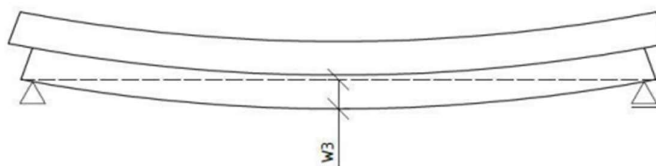
PRŮBĚH PŘETVOŘENÍ:



2) ČÁSTEČNÉ SPŘAŽENÍ - MALÝ POKLUZ



3) NESPŘAŽENÝ - VELKÝ POKLUZ



$$w_1 < w_2 < w_3$$

Obrázek 39- Druhy spřažení [10]

Nespřažené konstrukce se chovají jako nekompozitní materiál. V tomto případě obě části průřezu reagují samostatně. Mají vlastní neutrální osu, ohýbají se nezávisle na sobě, v jejich styku dochází ke vzniku velkého prokluzu a nedochází k přenosu sil ani ke vzniku tření. Jak je patrné z obr.39, tak u těchto konstrukcí je průhyb největší. Opakem jsou plně

spřažené (dokonale tuhé) konstrukce, u kterých je průhyb nejmenší. U tohoto typu spřažení dochází k plně kompozitnímu chování, při kterém se průřez chová jednotně. Má tedy pouze jednu neutrální osu a nevzniká žádný prokluz. Pro vyjádření vztahu dílčích ploch je podle Eurokódu stanoven součinitel γ , který je pro nespřažené roven 0 a pro dokonale tuhé roven 1. V praxi se ale nulovému prokluzu nelze vyhnout, a proto se s dokonale tuhým spřažením nepočítá. Průřez se chová jako částečně spřažený a součinitel γ leží v tomto rozmezí: $0 < \gamma < 1$.

Všechny tři možnosti mají jinou hodnotu tuhosti, kterou lze stanovit pomocí efektivního momentu setrvačnosti I_{ef} . Zároveň v kombinaci s dílčími modely pružnosti stanovuje účinnou tuhost v ohybu EI_{ef} .

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1) Plné spřažení (dokonale tuhé) | $I_{eff} = \frac{b \cdot h^3}{6}$ |
| 2) Částečné spřažení | $I_{eff} = 4 * \frac{b \cdot h^3}{6}$ |
| 3) Nespřažený | $I_{eff} = \sum I_i + \gamma * \sum a_i^2 * A_i$ |

[23]

6 Navrhování spřažených konstrukcí

Návrh železobetonové stropní desky ve spřažené technologii vychází z extrémních vnitřních sil a je obdobný jako u monolitické varianty. Návrh průřezu pro mezní stav porušení ohybem se stanoví běžným postupem jako u monolitické varianty v případě, že se mezi prefabrikovanou a monolitickou částí uvažuje plné spřažení. Stejným způsobem se určí silové účinky vnitřních sil, posouzení únosnosti průřezu v ohybu a vliv posouvajících sil na výsledný prvek. V průběhu návrhu se nesmí opomenout dočasné návrhové situace působící na prefabrikát během výroby, skladování, dopravy a montáže. Prefabrikovaná deska musí unést zatížení dodatečně přidělané monolitické desky a zatížení od pracovní čety. Dalším faktorem ovlivňujícím návrh průřezu je montážní stav podepření. Konečný stav únosnosti při porušení ohybem nebude ovlivněn v případě, že se zvolí náležité podepření. V montážním stavu je zatěžována pouze prefabrikovaná část s vyčnívající prostorovou výztuží, zatímco ve finálním stavu působí celý průřez desky. Kvůli zjednodušení se s prostorovou výztuží uvažuje v montážním stavu a v konečném stavu pouze napomáhá přenosu smyku ve vodorovné spáře.

Posouzení mezního stavu porušení účinkem posouvající síly se vzhledem k vodorovné pracovní spáře liší oproti monolitickým konstrukcím. Ve vodorovné pracovní spáře je pro návrh spřažené desky rozhodující přenos smyku příhradovou výztuží.

Dále se technologie spřažených a monolitických železobetonových stropních desek liší při řešení mezního stavu použitelnosti. Prefabrikáty mají vyšší třídu betonu, např. C35/45 a smrštění probíhá volně bez omezení. Monolitická nabetonávka, která tvoří větší část stropní desky, se provádí za cca 30 dní a je z betonu třídy C20/25. Její smrštění je podstatně vyšší než u prefabrikátu. Přenos sil ve styčné spáře v důsledku rozdílného smrštění je společně s účinky zatížení rozhodujícím faktorem pro návrh spřažené konstrukce. Ve styčné spáře dochází k napětí způsobené zatížením konstrukce a vlivem rozdílného smrštění. Tuto spáru je nutné po celou dobu chránit a ošetřovat.

Po odstranění montážních podpěr dochází k dalšímu problému, a to k vlivu dotvarování. Aby se průhyby stropní konstrukce eliminovaly, jsou montážní liniové podpory obvykle nadvýšeny.

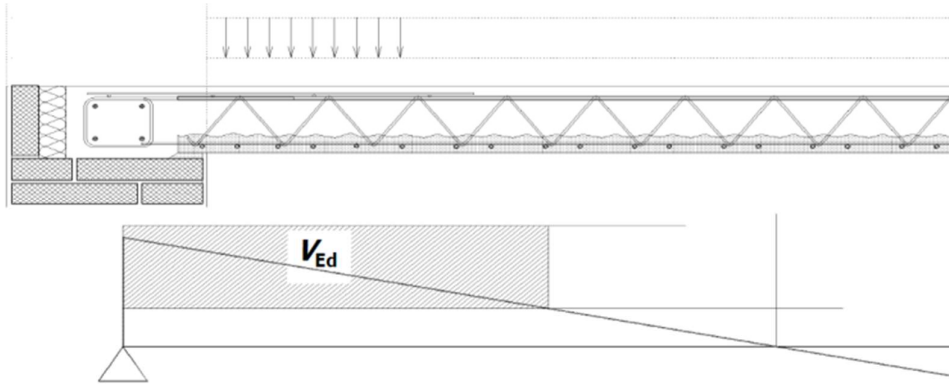
Spolupůsobení prefabrikované a monolitická částí začíná v okamžiku, kdy mezi oběma částmi vzniknou smykové síly, které se aktivují tuhnutím a tvrdnutím monolitické části. Při dotvarování betonu začne spřažená konstrukce působit jako celek. Podle účinnosti spolupůsobení dělíme spřažené konstrukce do tří skupin viz *kapitola 5 Spřažení*.

Výsledkem návrhu prefamonolitických filigránových stropních konstrukcí je výkres tvaru a skladby daného stropu včetně montážního návodu dodavatele. Tyto výkresy jsou společně s důležitými detaily vyhotoveny na základě statického výpočtu. Statický výpočet obsahuje celkovou výšku složeného průřezu, třídu betonu a návrh podélné a vyčnívající filigránové výztuže. Ve statickém výpočtu nesmí chybět posouzení účinku smršťování a dotvarování monolitické části a návrh technologického opatření. V montážním návodu jsou uvedeny pokyny jednotlivých dodavatelů, kterými je třeba se řídit, např. přípravné práce, informace na správné uložení prefabrikované části, konstrukční zásady dodatečné výztuže, ošetření pracovní spáry a následné zmonolitnění. Dodavatel také udává potřebnou dobu montážního podepření.

Ze statického hlediska se filigránové stropní desky nejčastěji používají pro desky prostě uložené, vyztužené v jednom směru. Dále to mohou být desky konzolové s přerušeným nebo bez přerušení tepelného mostu. Tyto desky se dělají i vetknuté či spojitě o více polích. A v poslední řadě to jsou desky křížem armované, uložené po třech nebo čtyřech stranách. [16] [21]

6.1 Podélný smyk - posouzení ve styčné spáře

Mezi prefabrikovanou a monolitickou částí vzniká vodorovná styčná spára, ve které dochází k přenosu posouvajících sil. V této spáře je přenos smyku pro návrh spřažené stropní konstrukce rozhodující. Smykové síly mezi betony jsou přenášeny pomocí spřahující prostorové výztuže a zdrsňeného povrchu viz *kapitola 5 Spřažení*. Posouzení únosnosti průřezu na posouvající sílu se provádí stejně jako v případě monolitické konstrukce.



Obrázek 40- Ukázka průběhu posouvající síly [10]

Podle ČSN EN 1992-1-1 se posouzení smyku ve vodorovné pracovní spáře provede pomocí vztahu

$$v_{Ed,i} \leq v_{Rd,i}$$

$$v_{Ed,i} = \beta * \frac{V_{Ed}}{z * b_i}$$

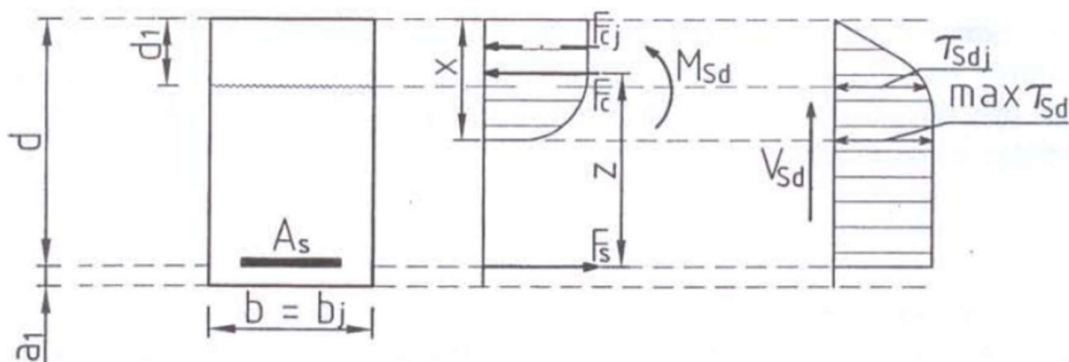
$$\beta = \frac{F_{cdi}}{F_{cd}}$$

kde: β je poměr podélné normálové síly F_{cj} působící v nadbetonávce k celkové podélné síle F_c viz obr. 41,

V_{Ed} návrhová posouvající síla,

z rameno vnitřních sil,

b_i šířka řešeného průřezu.



Obrázek 41- Napětí v průřezu [10]

Únosnost vodorovné spáry se stanoví vztahem

$$v_{Rd,i} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} * (\mu * \sin\alpha + \cos\alpha) \leq 0,5v * f_{cd}$$

kde: c, μ součinitele definující vliv drsnosti horního líce prefabrikované desky viz *tabulka 1*,

σ_n normálové napětí v průřezu,

f_{ctd} návrhová pevnost betonu v tahu spočítaná z charakteristické pevnosti $f_{ctk,0.05}$,

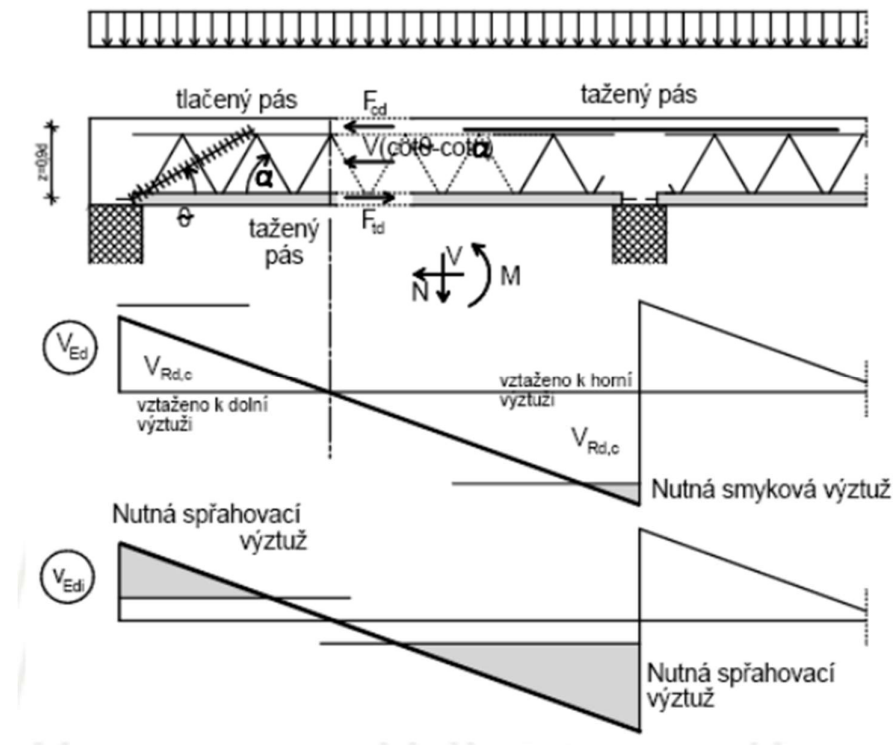
ρ stupeň vyztužení styčné plochy spřahující výztuží $\rho = \frac{A_s}{A_i}$,

v redukční součinitel pevnosti v tlaku $v = 0,60 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$,

A_s plocha výztuže probíhající spárou,

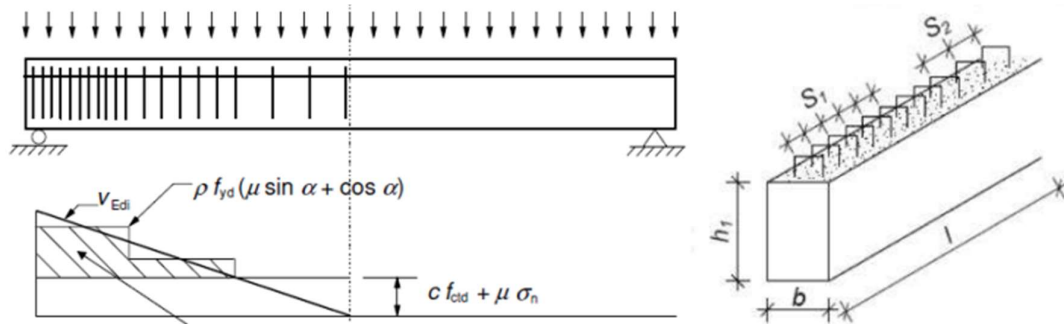
A_i plocha styčné spáry,

α úhel sklonu výztuže od normály styčné spáry $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.



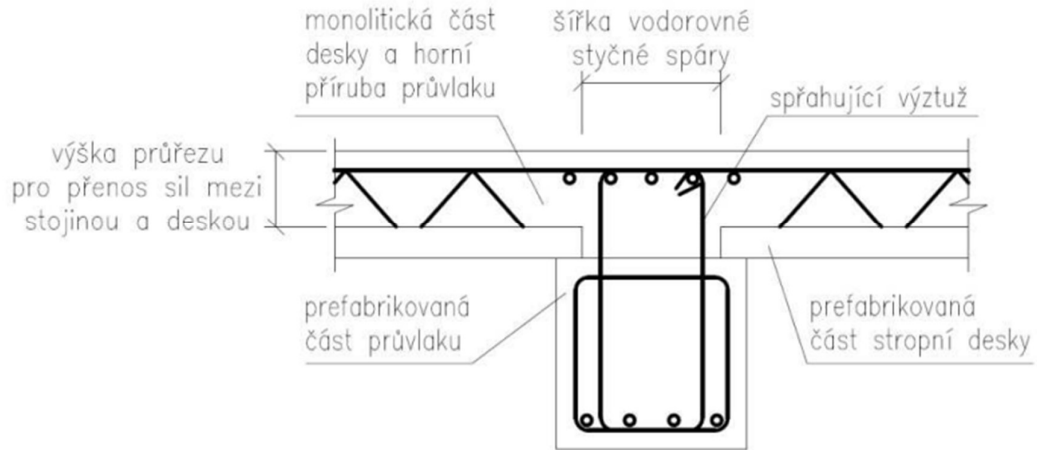
Obrázek 42- Posouzení smyku ve vodorovné styčné spáře spřahené stropní desky [21]

Požadovaná betonářská výztuž ve styčné ploše se stanoví na základě průběhu smykových napětí. Rozmístění spřahující výztuže se určí podle *obrázku 43*.



Obrázek 43- Rozmístění spřahující výztuže na základě stanovení výztuže plochy ve vodorovné styčné spáře [10]

U smyku mezi deskou a podporujícím spřaženým průvlakem je při návrhu T-průřezu nutné posouzení únosnosti mezi stojinou a přírubami. V případě, že se jedná o spřaženou konstrukci, kde je stojina vyrobena jako prefabrikát, pak je nutné posoudit smyk ve vodorovné pracovní spáře stejně jako u spřažených stropních desek. [21]



Obrázek 44- Posouzení smyku u spřaženého T-průřezu [21]

6.2 Dočasné návrhové situace

Tyto návrhové situace jsou dalším důležitým faktorem při návrhu spřažené prefamonolitické stropní desky. Působí na prefabrikovanou část spřažené konstrukce, a to od výroby až po konečné uložení prvku na stavbě. Prvky jsou během dočasných zatěžovacích stavech zatíženy pouze vlastní tíhou konstrukce. Manipulace s prvky by měla být co nejmenší a pouze v nutných situacích. Tím se sníží možnost porušení prvku a zvýší se bezpečnost práce.

6.2.1 Návrh manipulačních úchytů

K první manipulaci, a tím pádem k prvnímu dočasnému namáhání, dochází při zvedání z formy ve výrobně. Při výpočtu manipulační síly N_d se uvažuje s vlastní tíhou panelu a vlivu adheze dílce k bedněni.

Výpočtová manipulační síla je stanovena jako maximum ze sil $N_{d,1}$ a $N_{d,2}$, kde síla $N_{d,1}$ je síla při odbedňování a síla $N_{d,2}$ je síla při ostatní manipulaci. Výpočet se stanoví podle vztahu

$$N_{d,1} = \delta * \frac{\gamma_{go}}{n * \cos\beta} * (F_p + F_{adh})$$

$$N_{d,2} = \delta * \frac{\gamma_{go}}{n * \cos\beta} * F_p$$

kde: δ je dynamický součinitel stanovený podle *tabulky 2*,

γ_{go} součinitel bezpečnosti 1,35,

n počet aktivních úchytů,

β úhel závěsů od svislé roviny viz *obr. 45*,

F_p vlastní tíha panelu $F_p = V * \rho$,

F_{adh} vliv adheze dílce k bedněni $F_{adh} = A * q$, kde:

A styčná plocha mezi dílcem a bedněním,

q součinitel přilnavosti viz *tabulka 3*.

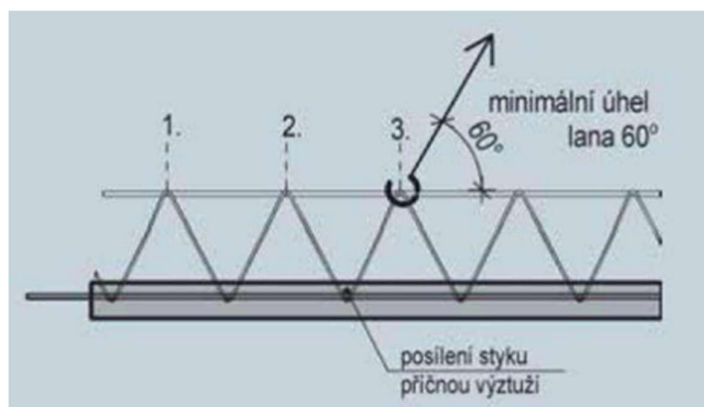
[22]

Tabulka 2- Hodnoty dynamického součinitele [22]

Doporučené hodnoty dynamického součinitele	
Nepohyblivý jeřáb, kolejový jeřáb < 90m/min	1,0 – 1,2
Nepohyblivý jeřáb, kolejový jeřáb > 90m/min	1,3 – 1,4
Zvedání a doprava na rovném terénu	1,5 – 1,65
Zvedání a doprava na nerovném terénu (staveniště)	> 2,0

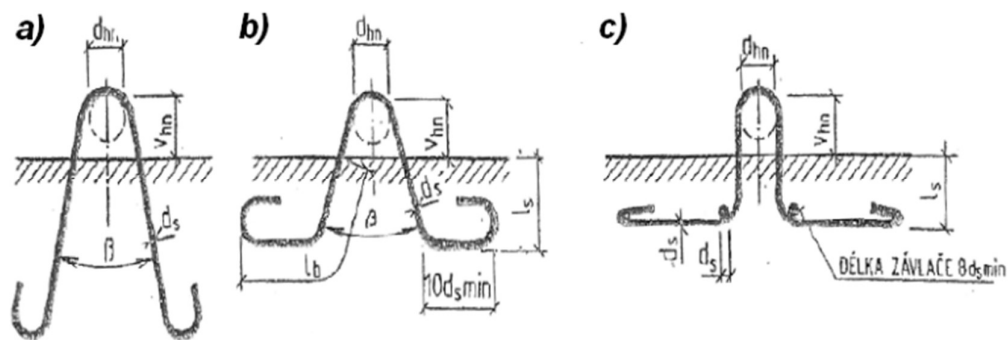
Tabulka 3- Součinitel přilnavosti k bedněni [22]

Součinitel přilnavosti k bedněni	
Hladké, naolejované bedněni	$q = 1 \text{ kN/m}^2$
Hladké, neolejované bedněni	$q = 2 \text{ kN/m}^2$
Hrubé bedněni	$q = 3 \text{ kN/m}^2$



Obrázek 45- Minimální úhel pro manipulaci s filigránovou deskou [17]

V případě, že jsou pro manipulaci zvoleny speciální úchyty, je návrh vlastního úchytu dalším krokem po stanovení montážní síly na úchyt. Úchyt může být vytvořen z výztuže, nebo se použijí standartní vyráběné úchyty od dodavatelů např. Halfen.



Obrázek 46- Možnosti vlastního tvaru úchytů [22]



Obrázek 47- Ukázka trnu s kulovou hlavou (vlevo) [22] a ukázka osazení klasického úchytu (vpravo) [22]

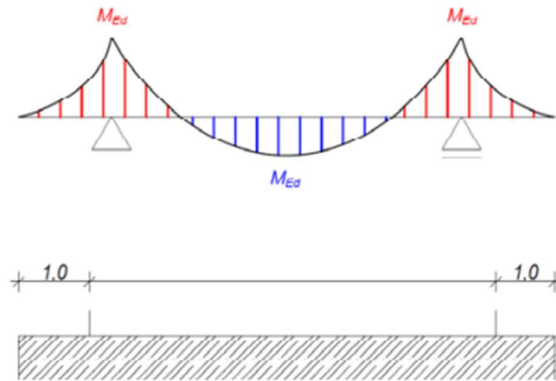


Obrázek 48- Finální podoba úchytu: trn s kulovou hlavou + zvedací oko [22]

6.2.2 Posouzení prvku při přepravě

Manipulační úchyty nelze umístit na kraj prvku, protože by se úchyty snadněji vytrhávaly. Rozmístění úchyťů v případě, kdy postačí pouze spřažená příhradová prostorová výztuž, je uvedeno v kapitole 4.1.3 *Montáž*. Pomocí speciálních úchyťů za předpokladu, že se umístí 1,0 m od kraje, se začne stropní panel chovat jako prostý nosník s převislými konci.

To má za následek vznik záporných momentů (*Obr. 49*). Panel tudíž nemůže být vyztužen pouze spodní nosnou výztuží, ale je potřeba doplnit i horní výztuž na záporné momenty během přepravy. [22]



Obrázek 49- Průběh vnitřních sil při přepravě panelu [22]

6.2.3 Skladování prvků

Filigrány se na stavbě i ve výrobních skladují na dostatečně únosný a rovný povrch. Skladují se vždy pouze ve vodorovné poloze a maximálně v sedmi vrstvách bez prokladu. Jakmile je vrstev více, je potřeba mezi desky vložit příčné dřevěné prvky popřípadě hranoly, které musí být přímo nad sebou. Tyto proklady také zabraňují nárůstu deformace vlivem dotvarování, protože prvky se na sebe skladují relativně mladé, takže v nich proces dotvarování ještě neproběhl. Nejspodnější deska je také podložena hranolem. Při skladování desek do délky 6 m postačí proklady vkládat ve vzdálenostech $L/5$ od kraje. Pokud je délka větší než 6 m, je nutné přidat do prostředka desky další proklad. [22]



Obrázek 50- Skladování filigránů [10]

6.2.4 Zásady pro montážní podepření

Montážní podepření musí spolehlivě přenést vlastní tíhu prefabrikovaného dílce, tíhu nabetonávky z čerstvého betonu a dodatečné výztuže a zároveň zajistit dostatečně rovný spodní líc stropu. Navrhuje se rozteč nosníků a stojek montážního podpůrného systému, který musí bezpečně přenést zatížení

$$q = (t_p * \rho_p) * \gamma_p + (t_m * \rho_m) * \gamma_m * \nu_b * \gamma_b$$

kde: t_p je tloušťka prefabrikovaného dílce,

t_m tloušťka monolitické vrstvy,

- ρ_p objemová hmotnost betonu prefabrikátů (železobetonu),
- ρ_m objemová hmotnost čerstvého betonu monolitické vrstvy,
- v_b montážní zatížení při betonáži monolitické vrstvy,
- γ_i součinitelé zatížení.

Osová vzdálenost montážních nosníků B ve směru kolmo na rozpětí prefabrikovaných dílců, nesmí překročit hodnotu B_{max} , která je stanovena podle vztahu

$$B_{max} = \left[\frac{0,292 * R_{btn} * t_p^2}{\alpha * q} \right]^{1/2}$$

- kde: R_{btn} je normová pevnost betonu prefabrikátů v tahu,
- t_p tloušťka prefabrikovaného dílce,
- α součinitel určující při velikost ohybového momentu,
- q výsledné plošné zatížení.

Osová vzdálenost stojek L, podporující montážní nosníky, nesmí překročit hodnotu L_{max} . Tato hodnota je nejmenší ze tří hodnot L_N , L_M , L_y stanovených podle vztahů

$$L_N = N_u / (q * B)$$

$$L_M = [M_u / (\alpha * q * B)]^{1/2}$$

$$L_y = [E * I / (n_y * \beta * q * B)]^{1/3}$$

$$\Rightarrow L_{max} = \min(L_N, L_M, L_y)$$

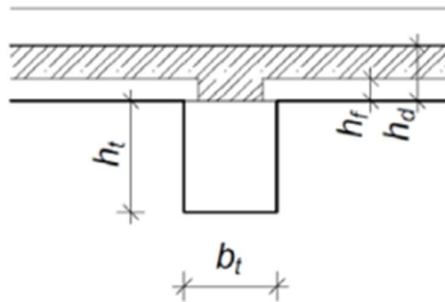
- kde: N_u je výpočtová hodnota únosnosti ve vzpěrném tlaku jedné stojky při dané délce,
- M_u výpočtová hodnota ohybového momentu na mezi únosnosti průřezu jednoho montážního nosníku,
- n_y hodnota limitního průhybu vyjádřená vztahem $n_y = L/y$,
- q výpočtové zatížení,
- B osová vzdálenost montážních nosníků,

- α součinitel určující velikost ohybového momentu,
- E modul pružnosti podpůrných nosníků,
- I moment setrvačnosti průřezu montážních nosníků,
- β součinitel určující velikost průhybu. [16]

6.2.5 Zmonolitnění stropní konstrukce

Velmi podstatný dočasný zatěžovací stav. V tomto okamžiku jsou všechny konstrukce zatíženy výrazně více, než tomu bylo dosud. Doposud platilo, že je prefabrikovaný panel zatížen pouze vlastní tíhou, to ale již neplatí. Při zmonolitnění je nutné uvažovat tíhu čerstvého betonu (2600 kg/m^3) právě přibetonované monolitické části a hodnotu montážního užitečného zatížení, kterou určuje norma ČSN EN 1991-1 na hodnotu $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$.

Rozměry nosné konstrukce neodpovídají celkové konstrukci, ale jen prefabrikované části. Výška trámu h_t je pouze pod deskou. Stropní panely mají výšku stále jen h_f nikoli h_d .

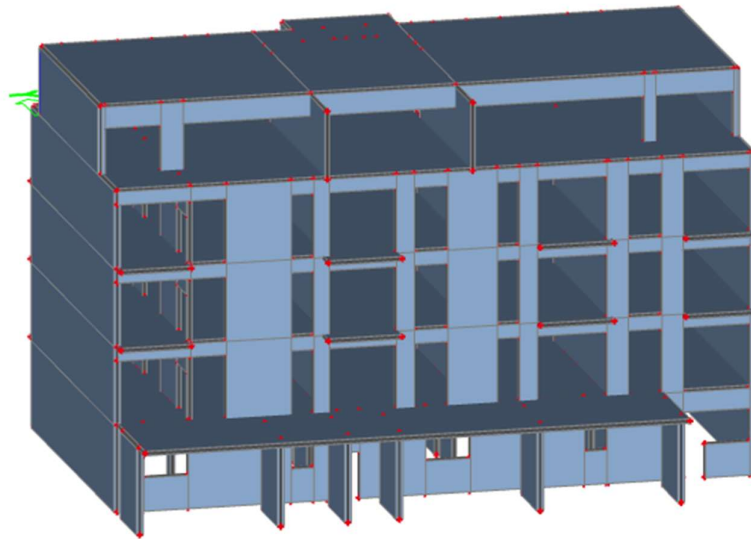


Obrázek 51- Příčný řez konstrukcí před zmonolitněním [22]

V neprospěch konstrukce také vede fakt, že před zmonolitněním působí deska jako prostý nosník, ale v konečné fázi je navrhována jako spojitý nosník. Dále je nezbytné v průběhu betonáže eliminovat průhyb bednicí konstrukce, protože tato deformace by po vytvrdnutí betonu byla nevratná. Z tohoto důvodu se provádí podepření konstrukce s nadvýšením. Podepření stropní konstrukce tohoto typu je nezbytné a je třeba si uvědomit, že při podepření vzniká spojitý nosník, což vede ke změně průběhu vnitřních sil a ke vzniku záporných momentů. Popis podepření stropní konstrukce je uveden v kapitole 4.1.3 *Montáž* a jeho zásady jsou popsány v kapitole 6.2.4 *Zásady pro montážní podepření*.

7 Konstrukční návrh filigránové konstrukce

Pro návrh vybraných filigránových desek je použit vyhotovený globální model budovy z předmětu Projekt 2C (133P02C) vytvořený v programu SCIA Engineer 20.0. Vybranými prvky jsou stropní deska druhého nadzemního podlaží na pravé straně budovy mezi obvodovou stěnou a vnitřní nosnou stěnou o světlém rozpětí 6,3 m a vnější obvodová stěna k ní přilehlá. Přesná poloha řešených prvků je znázorněna na *obr. 53*.



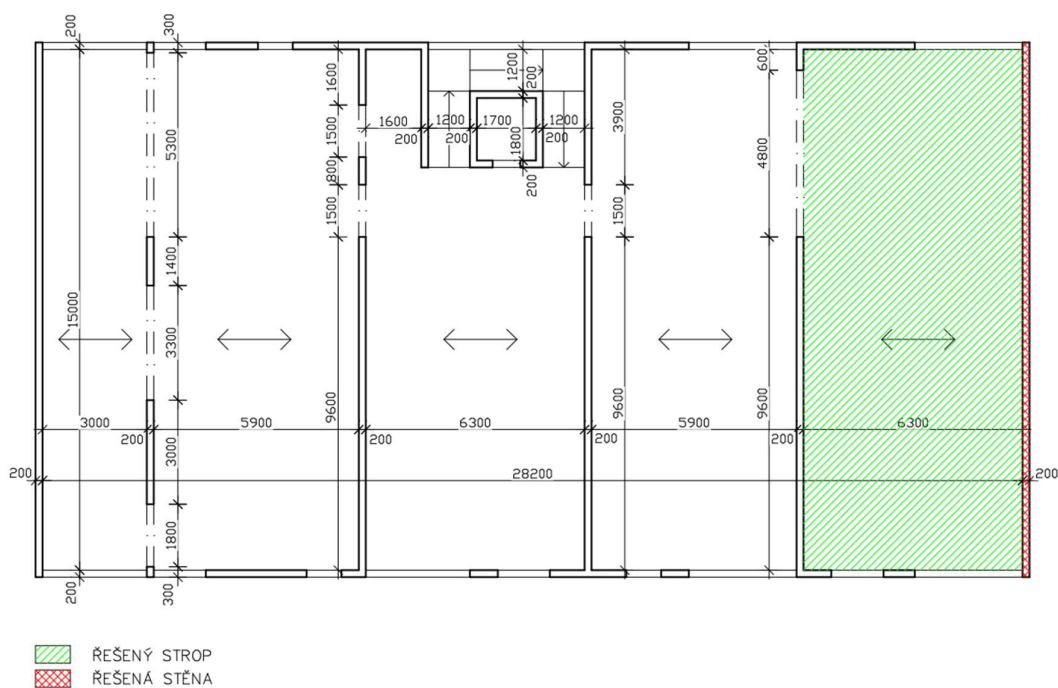
Obrázek 52- Globální model budovy v programu SCIA Engineer 20.0.

Funkce a tvar budovy

Jedná se o bytový dům s pěti nadzemními podlažími a parkovacím stáním v prvním nadzemním podlaží vně budovy. V prvním nadzemním podlaží se nacházejí komerční prostory (kavárna, obchod, atd.). V ostatních nadzemních podlažích jsou bytové jednotky. Vertikální komunikace mezi jednotlivými podlažími je zajištěna výtahem a trojramenným schodištěm. Konstrukční výška činí všude krom prvního nadzemního podlaží 3500 mm. Ve zmíněném prvním nadzemním podlaží je konstrukční výška 3900 mm. Budova má obdélníkový půdorys s rozměry cca 28,6 m x 15,4 m a plochou střechou.

Konstrukční systém

Konstrukce je navržena z monolitického železobetonu (beton: C 25/30 a ocel: B500B). Konstrukční systém je navržen jako příčný stěnový systém, s tloušťkou stěn 200 mm, který je lokálně doplněn o sloupy. Stropní desky o tloušťce 200 mm jsou navrženy železobetonové jako jednosměrně pnuté monolitické ve všech podlažích až na poslední stropní (střešní) desku. Ta je tvořena z prefabrikovaných předpjatých panelů Spiroll o výšce 320 mm. Průvlaky jsou ze železobetonu o celkové výšce 600 mm (včetně tloušťky desky). Schodišťová ramena jsou navržena jako monolitická. Výtahová šachta je navržena z monolitického železobetonu.



Obrázek 53- Půdorys konstrukčního systému řešeného podlaží + vyznačené prvky pro konstrukční návrh

7.1 Návrh spřažené stropní desky

Nejprve jsou v této kapitole zvoleny materiálové vlastnosti prefabrikované i monolitické vrstvy. Používá se stejná ocel (B500B), ale prefabrikát má zpravidla vyšší třídu betonu (C30/37) než monolitická část (C20/25). V této kapitole jsou tři různé návrhy vybrané spřažené stropní konstrukce.

V prvním návrhu 7.1.2 *Ruční výpočet* se idealizuje uložení konstrukce. Tento výpočet je především kontrolní. Momenty vycházející z ručního výpočtu byly stanoveny podle statických tabulek. [24]

Druhý návrh 7.1.3 *Návrh a posouzení výztuže v programu FINE- beton 2022* vychází z výsledků globálního modelu budovy vypracovaném v programu SCIA Engineer 20.0.

V kapitole 7.1.4 *Filigránové stropní desky z liaporbetonu- Liastrop* je ukázka návrhu podle vyhotovených tabulek od dodavatele včetně návrhu montážního podepření.

V závěru této kapitoly je srovnání hodnot ručního výpočtu a hodnot získaných z programu SCIA Engineer 20.0 a popsán důvod, proč při stejném zatížení a rozpětí prvků k rozdílným výsledkům dochází.

7.1.1 Materiálové vlastnosti

Tabulka 4- Vlastnosti monolitické části

Monolitická část tl. 140mm			
Beton C20/25	$f_{ck}= 20$ MPa	$\gamma_M= 1,5$	$f_{cd}= 13,33$ MPa
Ocel B500B	$f_{yk}= 500$ MPa	$\gamma_M= 1,15$	$f_{yd}= 435$ MPa

Tabulka 5- Vlastnosti prefabrikovaných dílců

Prefabrikované dílce tl. 60mm			
Beton C30/37	$f_{ck}= 30$ MPa	$\gamma_M= 1,5$	$f_{cd}= 20$ MPa
Ocel B500B	$f_{yk}= 500$ MPa	$\gamma_M= 1,15$	$f_{yd}= 435$ MPa

7.1.2 Ruční výpočet

7.1.2.1 Empirický návrh tloušťky desky

$$h = \left(\frac{1}{25} \div \frac{1}{20}\right) * L = \left(\frac{1}{25} \div \frac{1}{20}\right) * 6500 = 260 \div 325$$

7.1.2.2 Návrh dle ohybové štíhlosti

$$d \geq \frac{L}{\lambda_d} = \frac{L}{k_{c1} * k_{c2} * k_{c3} * \lambda_{d,tab}} = \frac{6500}{1 * 1 * 1,2 * 24,1} = 224,76mm$$

$$h \geq d + c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 224,76 + 20 + \frac{10}{2} = 250,76mm$$

NÁVRH – h= 200 mm

7.1.2.3 Výpočet krycí vrstvy

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm}) = \max(10; 15; 10)$$

$$c_{min} = 15\text{mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$$

$$c_{nom} = 15 + 10 = 25\text{mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \frac{\emptyset}{2} = 200 - 25 - \frac{8}{2} = 171\text{mm}$$

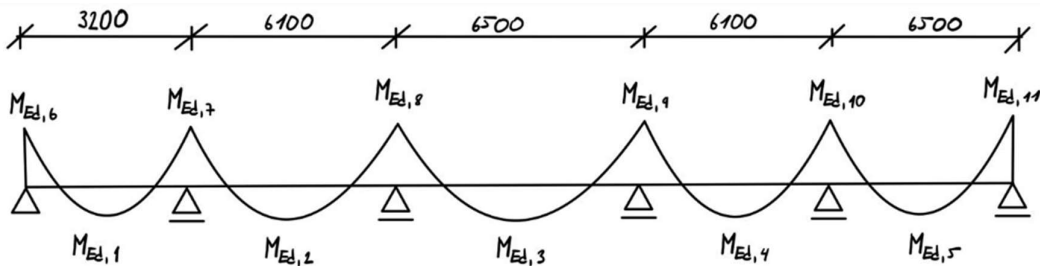
7.1.2.4 Výpočet zatížení

Tabulka 6- Výpočet zatížení

typ zatížení	název	h [m]	γ [kN/m ³]	f_k [kN/m ²]	γ [-]	f_d [kN/m ²]
stálé	vl. tíha	0,2	25	5	1,35	6,75
	podlaha	/	/	2		2,7
	příčky	/	/	0,5		0,675
proměnné	kategorie A	/	/	1,5	1,5	2,25
celkem				8		12,375

Příčky jsou zde navrženy jako přemístitelné s hmotností menší než 1 kN/m, z čehož vyplývá plošné zatížení $f_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ (Tab. 6).

7.1.2.5 Průběh vnitřních sil a výpočet ohybových momentů



Obrázek 54- Průběh momentů na spojitém nosníku

Podle obr. 32 se na kraji konstrukce uvažuje vetknutí. Z tohoto důvodu se s vetknutím na krajích konstrukce počítá i při výpočtu ohybových momentů na obr. 54.

$$M_{Ed1} = \frac{1}{16} * f_d * L^2 = \frac{1}{16} * 12,375 * 3,2^2 = 7,92 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed2} = M_{Ed4} = \frac{1}{16} * f_d * L^2 = \frac{1}{16} * 12,375 * 6,1^2 = 28,78 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed3} = M_{Ed5} = \frac{1}{16} * f_d * L^2 = \frac{1}{16} * 12,375 * 6,5^2 = 32,68 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed6} = -\frac{1}{12} * f_d * L^2 = -\frac{1}{12} * 12,375 * 3,2^2 = -10,56 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed7} = -\frac{1}{12} * f_d * L^2 = -\frac{1}{12} * 12,375 * 6,1^2 = -38,37 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,8} = M_{Ed,9} = M_{Ed,10} = M_{Ed,11} = -\frac{1}{12} * f_d * L^2 = -\frac{1}{12} * 12,375 * 6,5^2 \\ = 43,57 \text{ kNm}$$

Srovnání s výsledky z programu SCIA Engineer 20.0 jsou k nalezení v kapitole 7.1.5
Vyhodnocení.

7.1.2.6 Návrh a posouzení spodní ohybové výztuže v poli

$$a_{s,prov} = a_{s1} * \frac{1000}{S} = \frac{\pi * 8^2}{4} * \frac{1000}{100} = 502,65 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,req} = \frac{b * d * f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$a_{s,req} = \frac{1000 * 171 * 13,33}{435} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 32,68 * 10^6}{1000 * 171^2 * 13,33}} \right) = 456,794 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,req} = 456,794 \text{ mm}^2 \leq a_{s,prov} = 502,65 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: Ø8 po 100mm (a_{s,prov}= 503mm²)

Ověření konstrukčních zásad - plocha výztuže

$$a_{s,min} < a_{s,prov} < a_{s,max}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d ; 0,0013 * b * d \right)$$

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 * 20^{\frac{2}{3}} = 2,2 \text{ Mpa}$$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 * \frac{2,2}{500} * 1000 * 171 ; 0,0013 * 1000 * 171\right)$$

$$= \max(195,6 ; 222,3)$$

$$a_{s,min} = 222,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,max} = 0,04 * b * h = 0,04 * 1000 * 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} = 222,3 \text{ mm}^2 < a_{s,prov} = 502,65 \text{ mm}^2 < a_{s,max} = 8000 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Ověření konstrukčních zásad - rozteč výztuže

$$s_{min} < s < s_{max}$$

$$s_{min} = \max(20 \text{ mm} ; 1,2 * \emptyset ; D_{max} + 5)$$

$$s_{min} = \max(20 ; 9,6 ; 21) \Rightarrow s_{min} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2 * h ; 250 \text{ mm})$$

$$s_{max} = \min(400 ; 250) \Rightarrow s_{max} = 250 \text{ mm}$$

$$s_{min} = 21 \text{ mm} < s = 100 \text{ mm} < s_{max} = 250 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet výšky tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{502,65 * 435}{0,8 * 1000 * 13,33} = 20,52 \text{ mm}$$

Poměrné přetvoření výztuže

$$\frac{-0,0035}{-x} = \frac{\varepsilon_s}{d - x} \Rightarrow \varepsilon_s = \frac{-0,0035}{-x} * (d - x)$$

$$\varepsilon_s = \frac{-0,0035}{-20,52} * (171 - 20,52) = 0,0255$$

$$\varepsilon_s \geq \frac{f_{yd}}{E_s} \Rightarrow 0,0255 \geq \frac{435}{210000} \Rightarrow 0,0255 > 0,00207 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Ověření předpokladu plastické analýzy

$$\frac{x}{d} \leq 0,45 \Rightarrow \frac{20,52}{171} \leq 0,45 \Rightarrow 0,12 < 0,45 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet momentu únosnosti

$$M_{RD} = a_{s,prov} * f_{yd} * z$$

$$z = d - 0,4 * x = 171 - 0,4 * 20,52 = 162,79mm$$

$$M_{RD} = 502,65 * 435 * 162,79 = 35619265Nmm = 35,62kNm$$

$$M_{RD} = 35,62kNm > M_{ED} = 32,68kNm \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.1.2.7 Návrh a posouzení horní ohybové výztuže nad podporou

$$a_{s,prov} = a_{s1} * \frac{1000}{S} = \frac{\pi * 10^2}{4} * \frac{1000}{100} = 785,4mm^2$$

$$a_{s,req} = \frac{b * d * f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$a_{s,req} = \frac{1000 * 171 * 13,33}{435} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 43,57 * 10^6}{1000 * 171^2 * 13,33}} \right) = 622,74mm^2$$

$$a_{s,req} = 622,74mm^2 \leq a_{s,prov} = 785,4mm^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH: Ø10 po 100mm ($a_{s,prov} = 785mm^2$)

Ověření konstrukčních zásad - plocha výztuže

$$a_{s,min} < a_{s,prov} < a_{s,max}$$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d ; 0,0013 * b * d\right)$$

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 * 20^{\frac{2}{3}} = 2,21 Mpa$$

$$a_{s,min} = \max\left(0,26 * \frac{2,2}{500} * 1000 * 171 ; 0,0013 * 1000 * 171\right)$$

$$= \max(195,6 ; 222,3)$$

$$a_{s,min} = 222,3mm^2$$

$$a_{s,max} = 0,04 * b * h = 0,04 * 1000 * 200 = 8000mm^2$$

$$a_{s,min} = 265,41mm^2 < a_{s,prov} = 785,4mm^2 < a_{s,max} = 8000mm^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Ověření konstrukčních zásad - rozteč výztuže

$$s_{min} < s < s_{max}$$

$$s_{min} = \max(20mm ; 1,2 * \emptyset ; D_{max} + 5)$$

$$s_{min} = \max(20 ; 12 ; 21) \Rightarrow s_{min} = 21mm$$

$$s_{max} = \min(2 * h ; 250mm)$$

$$s_{max} = \min(400 ; 250) \Rightarrow s_{max} = 250mm$$

$$s_{min} = 21mm < s = 100mm < s_{max} = 250mm \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet výšky tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{785,4 * 435}{0,8 * 1000 * 13,33} = 32,04mm$$

Poměrné přetvoření výztuže

$$\frac{-0,0035}{-x} = \frac{\epsilon_s}{d - x} \Rightarrow \epsilon_s = \frac{-0,0035}{-x} * (d - x)$$

$$\epsilon_s = \frac{-0,0035}{-32,04} * (171 - 32,04) = 0,0152$$

$$\epsilon_s \geq \frac{f_{yd}}{E_s} \Rightarrow 0,0152 \geq \frac{435}{210000} \Rightarrow 0,0152 > 0,00207 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Ověření předpokladu plastické analýzy

$$\frac{x}{d} \leq 0,45 \Rightarrow \frac{32,04}{171} \leq 0,45 \Rightarrow 0,19 < 0,45 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet momentu únosnosti

$$M_{RD} = a_{s,prov} * f_{yd} * z$$

$$z = d - 0,4 * x = 171 - 0,4 * 32,04 = 158,18mm$$

$$M_{RD} = 785,4 * 435 * 158,18 = 54042038Nmm = 54,04kNm$$

$$M_{RD} = 54,04kNm > M_{ED} = 43,57kNm \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.1.2.8 Návrh konstrukční výztuže

Rozdělovací výztuž = lemovací výztuž

$$a_{s,roz} \geq 0,25 * a_{s,prov} = 0,25 * 503 = 125,75mm^2$$

$$a_{s,roz} \geq 125,75mm^2$$

NÁVRH Ø8 po 250mm ($a_{s,roz} = 201mm^2$)

Kotevní délky

$$l_{bd1 \text{ na levé straně uložení}} = \frac{1}{5} * L = \frac{1}{5} * 3200 = 640mm$$

$$l_{bd2 \text{ na pravé straně uložení}} = \frac{1}{5} * L = \frac{1}{5} * 6500 = 1300mm$$

$$l_{bd3 \text{ nad podporami}} = \frac{1}{4} * L = \frac{1}{4} * 6500 = 1625mm$$

7.1.2.9 Posouzení smyku ve vodorovné pracovní spáře

$$v_{Ed,i} \leq v_{Rd,i}$$

$$v_{Ed,i} = \beta * \frac{V_{Ed}}{z * b_i} = 1 * \frac{25,85 * 10^3}{162,79 * 1000} = 0,16MPa$$

$$\beta = \frac{F_{cdi}}{F_{cd}} = \frac{1}{1} = 1$$

Výpočet únosnosti vodorovné spáry

$$v_{Rd,i} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} * (\mu * \sin\alpha + \cos\alpha) \leq 0,5v * f_{cd}$$

$$v_{Rd,i} = 0,4 * 1 + 0,7 * 0 + 0,005 * 435 * (0,7 * \sin(45^\circ) + \cos(45^\circ)) = 3,02MPa \\ \leq 0,5 * 0,552 * 13,33 = 3,68MPa$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 * \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$$

$$v_{Rd,i} = 3,02MPa < 3,68MPa \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$v_{Ed,i} = 0,16MPa < v_{Rd,i} = 3,02MPa \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.1.2.10 Návrh manipulačních úchytů

$$N_d = \max(N_{d,1}; N_{d,2})$$

$$N_{d,1} = \delta * \frac{\gamma_{go}}{n * \cos\beta} * (F_p + F_{adh}) = 1,3 * \frac{1,35}{4 * \cos(30^\circ)} * (65 + 17,25) = 41,67kN$$

$$F_p = a * b * c * \rho = 6,5 * 2 * 0,2 * 25 = 65kN$$

$$F_{adh} = A * q = 17,25 * 1 = 17,25kN$$

$$A = 2 * (b * c + a * c) + a * b = 2 * (2 * 0,2 + 6,5 * 0,2) + 6,5 * 2 = 17,25m^2$$

$$N_{d,2} = \delta * \frac{\gamma_{go}}{n * \cos\beta} * F_p = 1,3 * \frac{1,35}{4 * \cos(30^\circ)} * 65 = 32,93kN$$

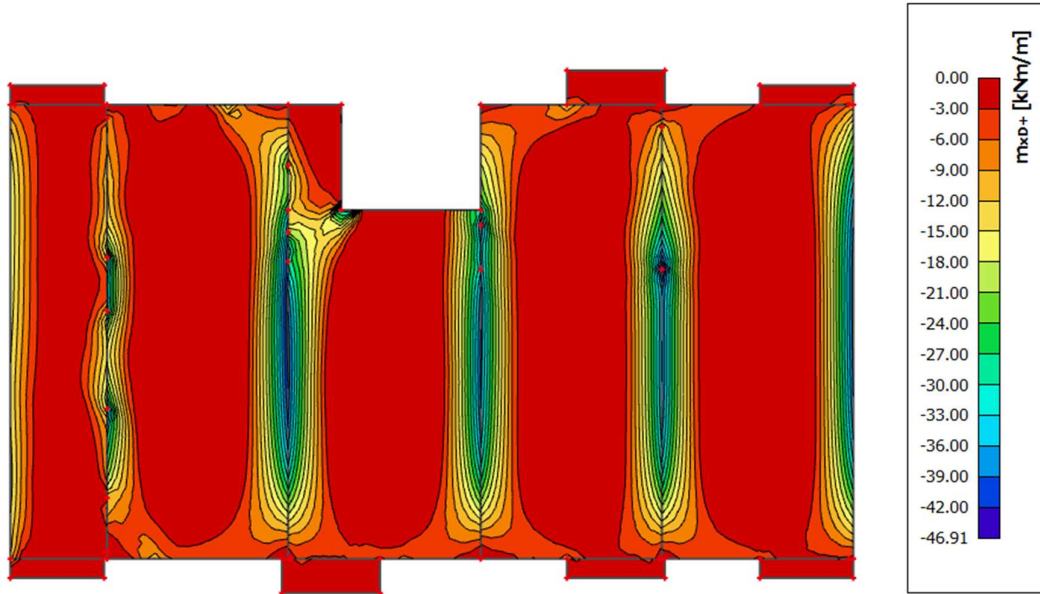
$$N_{d,1} = 41,67kN > N_{d,2} = 32,93kN$$

MANIPULAČNÍ ÚCHYTY JSOU NAVRŽENY NA SÍLU $N_{d,1} = 41,67kN$

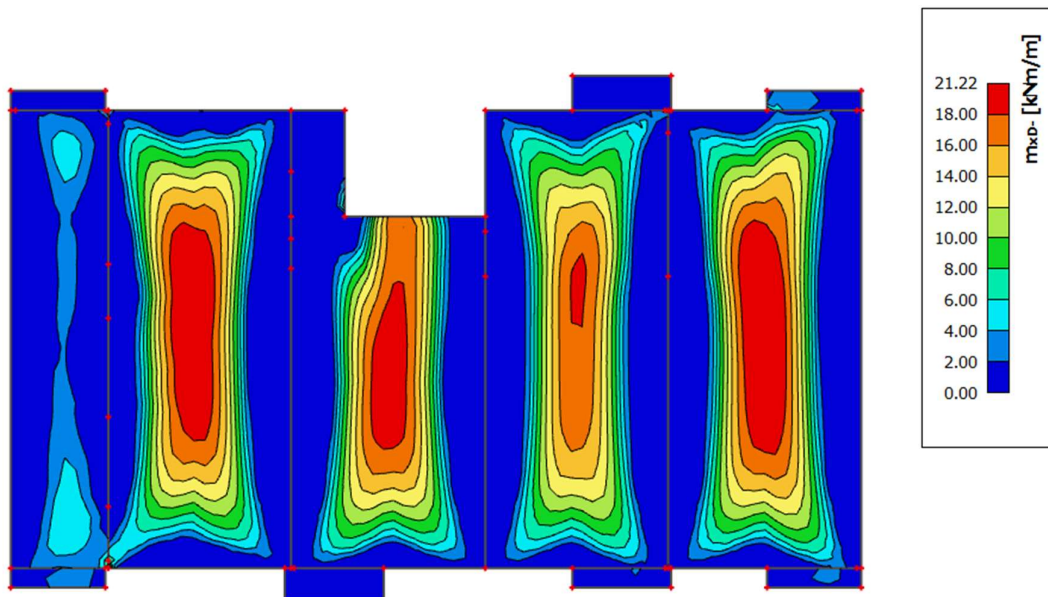
7.1.3 Návrh a posouzení výztuže v programu FINE- beton 2022

Základní návrhové veličiny stropní desky jsou stanoveny pomocí programu SCIA Engineer 20.0 a vychází z globálního modelu budovy viz *obr. 52*. Jsou vykresleny na *obrázcích 55-58*. Pro výpočet jsou zvoleny maximální hodnoty na integračním pásu (*Obr. 60*).

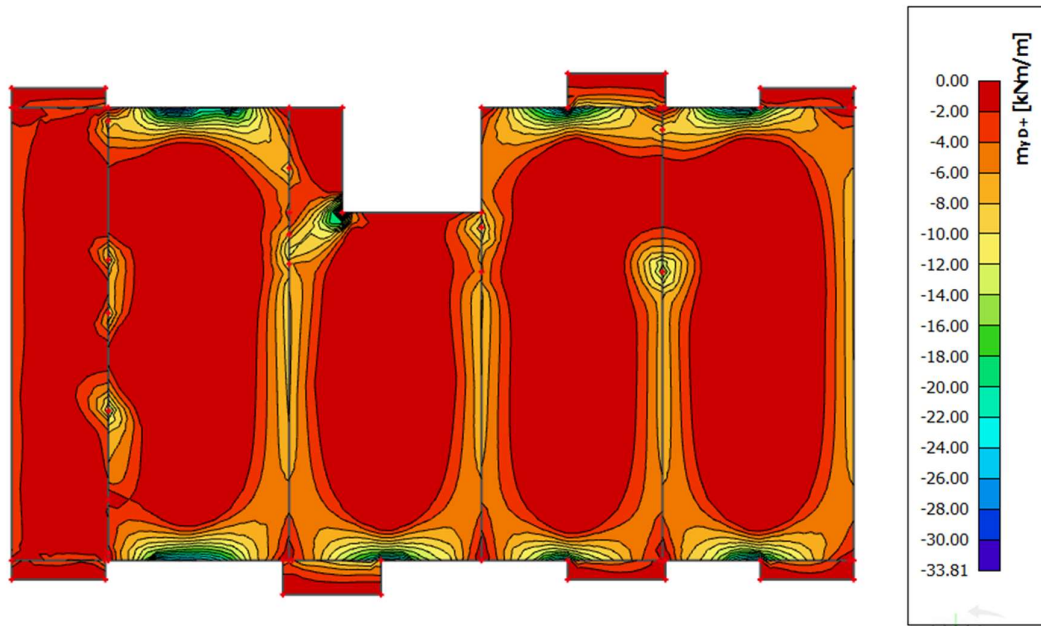
7.1.3.1 Základní návrhové veličiny stropní desky



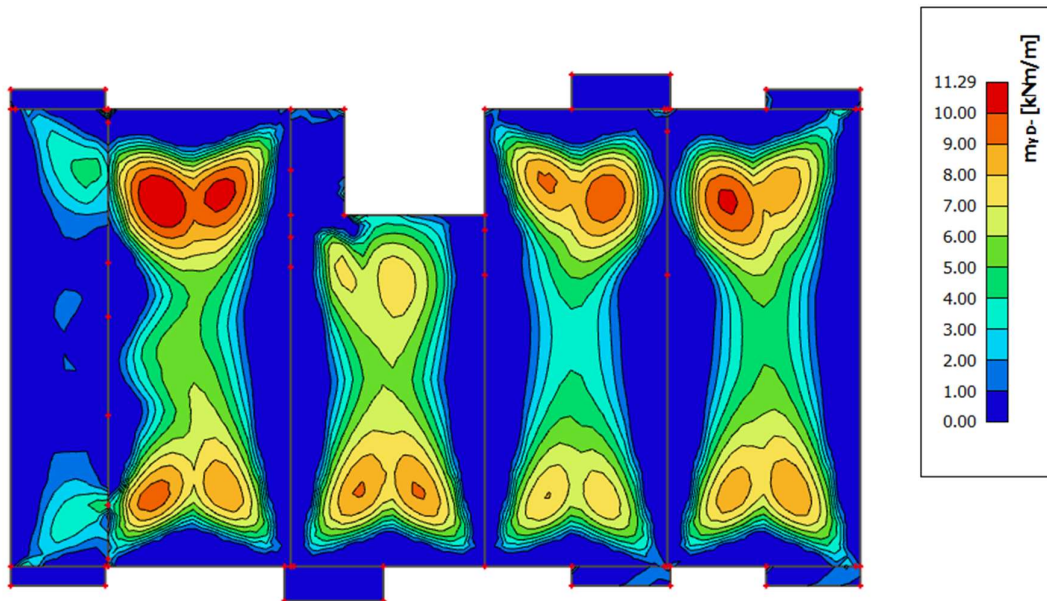
Obrázek 55- Moment u horních vláken ve směru osy x - m_{xD+}



Obrázek 56- Moment u spodních vláken ve směru osy x - m_{xD-}



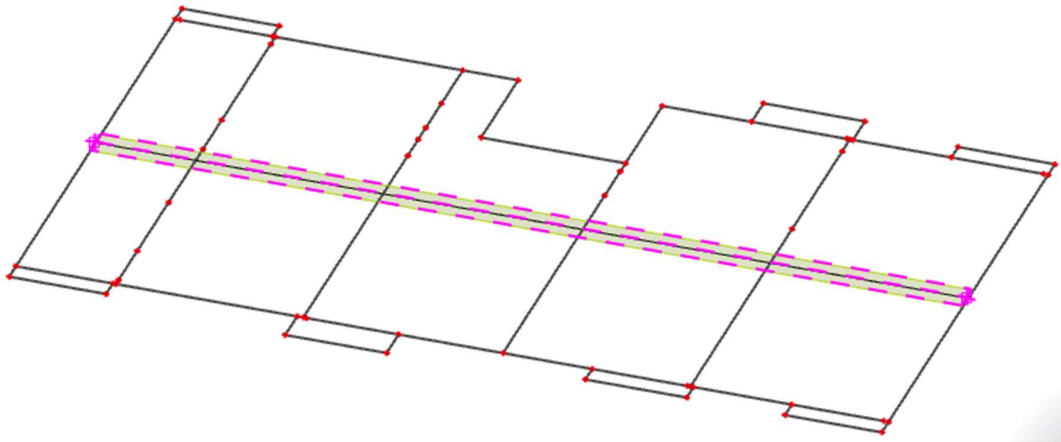
Obrázek 57- Moment u horních vláken ve směru osy y- m_{yD+}



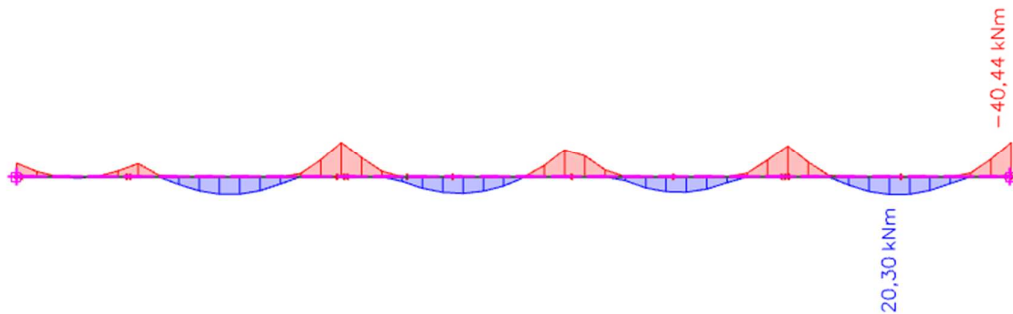
Obrázek 58- Moment u spodních vláken ve směru osy y- m_{yD-}

7.1.3.2 Integrační pás

Integrační pás prochází osou konstrukce a je široký jeden metr. Výsledky z tohoto pásu jsou průměrovány ze zmíněného jednoho metru konstrukce.



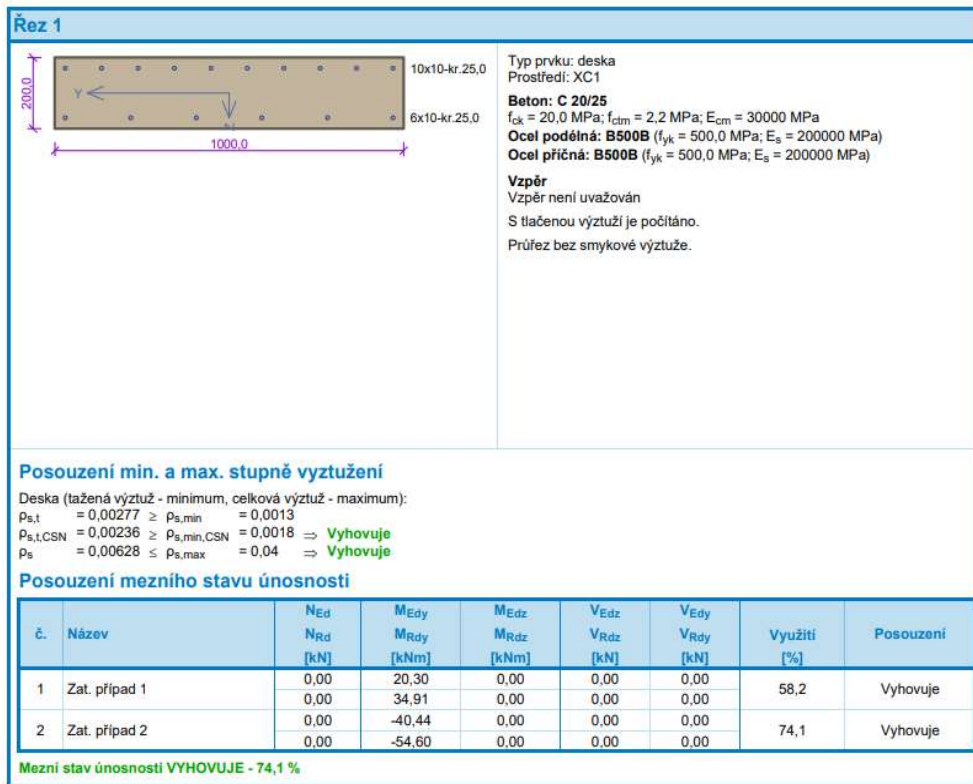
Obrázek 59- Poloha integračního pásu



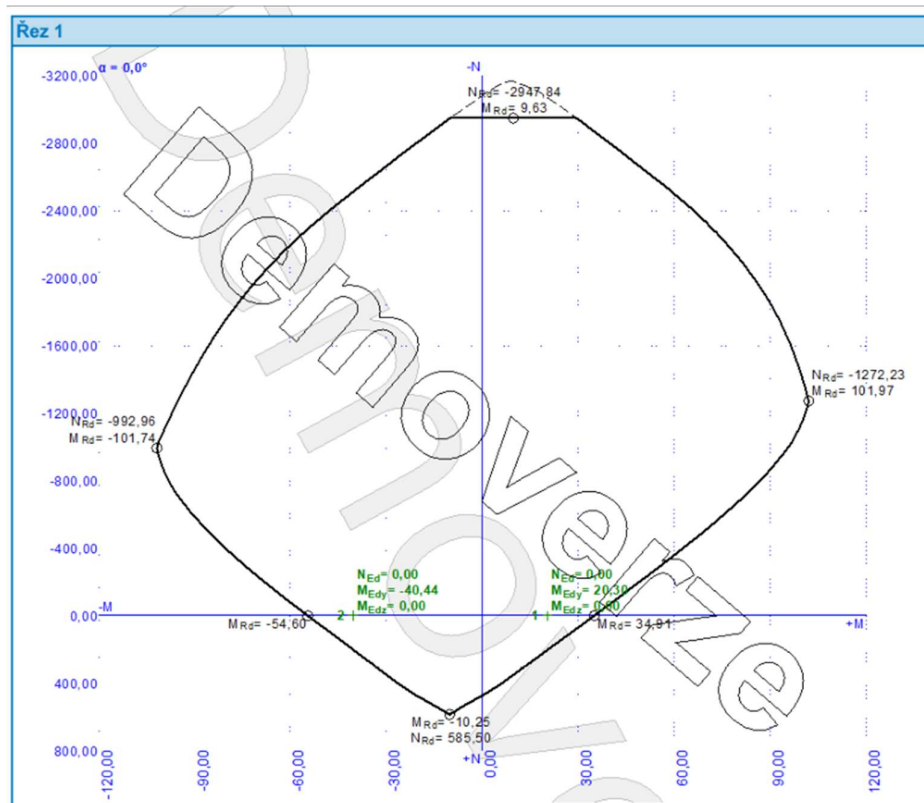
Obrázek 60- Maximální hodnoty ohybového momentu na integračním pásu

7.1.3.3 Posouzení

Pro návrh nosné ohybové výztuže se používají maximální hodnoty na integračním pásu. Maximální kladný moment má hodnotu 20,3 kNm a nachází se v pravém krajním poli. Největší záporný moment je nad pravou krajní podporou a jeho velikost je -40,44 kNm (Obr. 60). Posouzení a integrační diagram jsou na obrázcích 61 a 62.



Obrázek 61- Posouzení desky v programu FINE- beton 2022



Obrázek 62- Interakční diagram N-M

7.1.4 Filigránové stropní desky z liaporbetonu - Liastrop

7.1.4.1 Základní technické údaje

Spřažená železobetonová stropní konstrukce se sestává z prefabrikované filigránové stropní desky z liaporbetonu vyrobené z lehkého betonu třídy LC 25/28 D1,6 a z monolitické části vyrobené z obyčejného betonu třídy min. C20/25. Tyto filigránové stropní desky se vyrábí dle normy ČSN EN 13747 *Betonové prefabrikáty- Stropní deskové dílce pro spřažené stropní systémy* [19].

Tloušťka filigránové stropní desky z liaporbetonu je 90 mm, což je více než u „klasických filigránů“, které mají výšku 60 mm. Výška dobetonávky je 90 mm nebo 160 mm. Celková tloušťka stropní konstrukce je 180 mm nebo 250 mm. Maximální rozpětí desek je 7,5 m a maximální šířka je 2,39 m. Základní vlastnosti filigránové stropní desky jsou uvedeny v tabulce

Tabulka 7- Základní technické údaje filigránové stropní konstrukce z Liaporbetonu [19]

Tloušťka filigránu	90 mm
Tloušťka dobetonávky	90 mm / 160 mm
Šířka skladebná / výrobní	maximální šířka 2 400 / 2 395 mm
Doplňkové šířky	od 300 mm do 2 390 mm libovolně
Krytí betonu	20 mm
Manipulační hmotnost dílců 90 mm	142 kg/m ² (bez zabudovaného kování)
Objemová tíha filigránových desek	15,8 kN/m ³
Součinitel tepelné vodivosti betonu λ	0,4140 W/mK
Třída betonu filigránu	LC 25/28 D1,6
Třída betonu dobetonávky	min. C20/25
Druh oceli	ocel 10505(R) + KARI
Třída prostředí	XC1-XC3

Mezi výhody těchto filigránů oproti „klasickým filigránům“ patří možnost plynule pracovat v daném podlaží, protože je potřeba méně stojek a minimálně zabírají prostor. Díky menší tloušťce dobetonávky se snižuje pracnost na stavbě a urychluje betonáž. Další výhodou liaporbetonového stropu je jeho nižší hmotnost až o 37% než u betonového stropu, přičemž únosnost zůstává stejná a jeho lepší tepelně-izolační vlastnosti. [19]

7.1.4.2 Vstupní hodnoty

Tabulka 8- Délka filigránové desky

Délky	Světlá délka Ls [mm]	Uložení U [mm]	Délka panelu L [mm]
		6300	2x 100

Tabulka 9- Zatížení působící na filigránovou desku

typ zatížení	název	h [m]	γ [kN/m ³]	f_k [kN/m ²]	γ [-]	f_d [kN/m ²]
stálé	vl. tíha	/	/	/	1,35	/
	podlaha	/	/	2		2,7
	příčky	/	/	0,5		0,675
proměnné	kategorie A	/	/	1,5	1,5	2,25
celkem				4		5,625

Vlastní tíha stropní konstrukce je zahrnuta v tabulkách výrobce.

7.1.4.3 Řešení

Tabulka 10- Únosnost stropního systému: filigrán + dobetonávka z liaporbetonu 5kN/m² [19]

Délka panelu L [mm]	Světlé rozpětí Ls [mm]	Síť	Přídavná výztuž	Výška panelu [mm]		Síť	Přídavná výztuž	Výška panelu [mm]	
				180				250	
				f_d [kN/m ²]	f_k [kN/m ²]			f_d [kN/m ²]	f_k [kN/m ²]
1 750	1 500	Q 188	ø 6 / 250	57,14	38,80	Q 188	ø 8 / 250	92,54	62,40
2 000	1 750	Q 188	ø 6 / 250	42,14	28,80	Q 188	ø 8 / 250	79,49	53,70
2 250	2 000	Q 188	ø 6 / 250	32,09	22,10	Q 188	ø 8 / 250	61,34	41,60
2 500	2 250	Q 188	ø 6 / 250	25,04	17,40	Q 188	ø 8 / 250	48,29	32,90
2 750	2 500	Q 188	ø 6 / 250	19,79	13,90	Q 188	ø 8 / 250	38,69	26,50
3 000	2 750	Q 188	ø 6 / 250	16,04	11,40	Q 188	ø 8 / 250	31,49	21,70
3 250	3 000	Q 188	ø 6 / 250	13,04	9,40	Q 188	ø 8 / 250	25,94	18,00
3 500	3 250	Q 188	ø 6 / 250	10,64	7,80	Q 188	ø 8 / 250	21,59	15,10
3 750	3 500	Q 188	ø 6 / 250	8,84	6,60	Q 188	ø 8 / 250	18,14	12,80
4 000	3 750	Q 188	ø 6 / 250	6,78	5,60	Q 188	ø 8 / 250	15,29	10,90
4 250	4 000	Q 188	ø 6 / 150	6,36	5,20	Q 188	ø 8 / 250	12,89	9,30
4 500	4 250	Q 188	ø 8 / 150	6,15	5,00	Q 188	ø 8 / 250	10,94	8,00
4 750	4 500	Q 188	ø 10 / 150	6,15	5,00	Q 188	ø 8 / 250	9,29	6,90
5 000	4 750	Q 257	ø 10 / 125	6,15	5,00	Q 188	ø 8 / 250	7,20	6,00
5 250	5 000	Q 257	ø 12 / 125	7,49	5,70	Q 188	ø 8 / 200	7,31	6,10
5 500	5 250	Q 335	ø 12 / 100	7,79	5,90	Q 188	ø 8 / 200	6,26	5,10
5 750	5 500	Q 424	ø 12 / 100	6,47	5,30	Q 188	ø 8 / 125	6,68	5,50
6 000	5 750					Q 257	ø 10 / 175	6,26	5,10
6 250	6 000					Q 257	ø 10 / 125	6,36	5,20
6 500	6 250					Q 257	ø 10 / 100	6,26	5,10
6 750	6 500					Q 335	ø 12 / 125	6,36	5,20
7 000	6 750					Q 335	ø 12 / 100	6,68	5,50
7 250	7 000					Q 424	ø 12 / 100	6,15	5,00
7 500	7 250								
7 750	7 500								

Tabulka 11-Výpočet montážního podepření [19]

Délka filigránu L [mm]	Světlé rozpětí Ls [mm]	Výška desky [mm]						Výška desky [mm]					
		180						250					
		Počet mezipodpor	Vzdálenost podpor	Profil horní výztuže [mm]	profil diagonály [mm]	Rozeč Trigonů [mm]	Výška Trigonů [mm]	Počet mezipodpor	Vzdálenost podpor	Profil horní výztuže [mm]	profil diagonály [mm]	Rozeč Trigonů [mm]	Výška Trigonů [mm]
1750	1 550	0	1,750	ø 8	ø 5	320	130	1	0,875	ø 8	ø 5	320	200
2000	1 800	1	1,000	ø 8	ø 5	320	130	1	1,000	ø 8	ø 5	320	200
2250	2 050	1	1,125	ø 8	ø 5	320	130	1	1,125	ø 8	ø 5	320	200
2500	2 300	1	1,250	ø 8	ø 5	320	130	1	1,250	ø 8	ø 5	320	200
2750	2 550	1	1,375	ø 8	ø 5	320	130	2	0,917	ø 8	ø 5	320	200
3000	2 800	1	1,500	ø 8	ø 5	320	130	1	1,500	ø 8	ø 5	320	200
3250	3 050	1	1,625	ø 8	ø 5	320	130	1	1,625	ø 8	ø 5	320	200
3500	3 300	1	1,750	ø 8	ø 5	320	130	1	1,750	ø 8	ø 5	320	200
3750	3 550	1	1,875	ø 8	ø 5	320	130	3	0,938	ø 8	ø 5	320	200
4000	3 800	1	2,000	ø 8	ø 5	320	130	1	2,000	ø 8	ø 5	320	200
4250	4 050	1	2,125	ø 8	ø 5	320	130	1	2,125	ø 8	ø 5	320	200
4500	4 300	1	2,250	ø 8	ø 5	320	130	1	2,250	ø 8	ø 5	320	200
4750	4 550	1	2,375	ø 8	ø 5	320	130	3	1,188	ø 8	ø 5	320	200
5000	4 800	1	2,500	ø 8	ø 5	320	130	1	2,500	ø 8	ø 5	320	200
5250	5 050	2	1,750	ø 8	ø 5	320	130	2	1,750	ø 8	ø 5	320	200
5500	5 300	2	1,833	ø 8	ø 5	320	130	2	1,833	ø 8	ø 5	320	200
5750	5 550	2	1,917	ø 8	ø 5	320	130	4	1,150	ø 8	ø 5	320	200
6000	5 800	2	2,000	ø 8	ø 5	320	130	2	2,000	ø 8	ø 5	320	200
6250	6 050	2	2,083	ø 8	ø 5	320	130	2	2,083	ø 8	ø 5	320	200
6500	6 300	2	2,167	ø 8	ø 5	320	130	2	2,167	ø 8	ø 5	320	200
6750	6 550	2	2,250	ø 8	ø 5	320	130	5	1,125	ø 8	ø 5	320	200
7000	6 800	2	2,333	ø 8	ø 5	320	130	2	2,333	ø 8	ø 5	320	200
7250	7 050	2	2,417	ø 8	ø 5	320	130	2	2,417	ø 8	ø 5	320	200
7500	7 300	3	1,875	ø 8	ø 5	320	130	3	1,875	ø 8	ø 5	320	200
7750	7 550	3	1,938	ø 8	ø 5	320	130	6	1,107	ø 8	ø 5	320	200

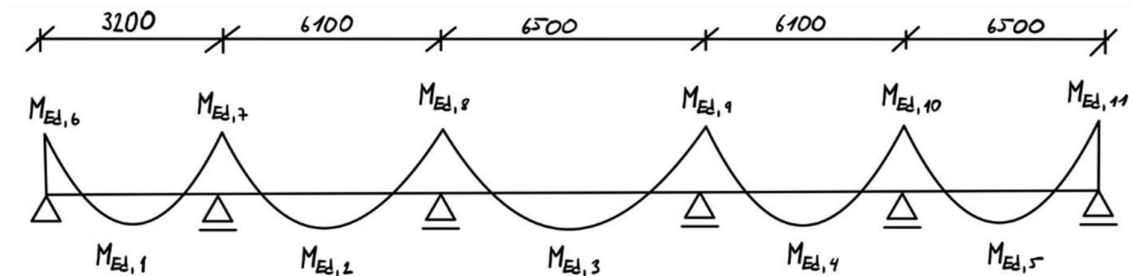
7.1.4.4 Závěr

Z tab. 10 je patrné, že těmto požadavkům vyhovuje deska tloušťky 250 mm s hlavní výztuží Q 257 a přídatnou výztuží Ø10 po 100 mm.

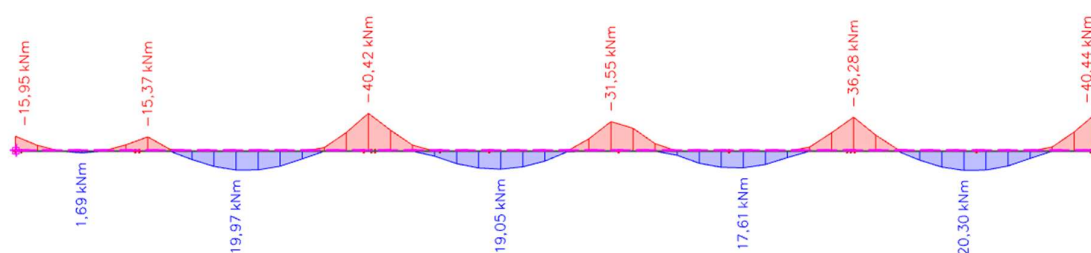
Hodnota únosnosti $f_d = 6,26 \text{ kN/m}^2 > 5,625 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$.

Montážní podepření je navrženo podle tab. 11 a bude se skládat ze dvou mezipodpor ve vzdálenosti 2,167 m. Horní výztuž Ø8 mm, spřahující příhradová výztuž Ø5 mm, osová vzdálenost Trigonů (nosníků s příhradovou výztuží) bude 320 mm a jejich výška bude 200 mm.

7.1.5 Vyhodnocení



Obrázek 63- Průběh momentů na spojitém nosníku



Obrázek 64- Hodnoty momentů z programu SCIA Engineer 20.0

Tabulka 12- Porovnání výsledků mezi ručním výpočtem a programem SCIA Engineer 20.0.

	Momenty v polích [kNm]					Momenty nad podporami [kNm]					
	$M_{Ed,1}$	$M_{Ed,2}$	$M_{Ed,3}$	$M_{Ed,4}$	$M_{Ed,5}$	$M_{Ed,6}$	$M_{Ed,7}$	$M_{Ed,8}$	$M_{Ed,9}$	$M_{Ed,10}$	$M_{Ed,11}$
Momenty stanovené ručním výpočtem	7,92	28,78	32,68	28,78	32,68	-10,56	-38,37	-43,57	-43,57	-43,57	-43,57
Momenty z programu SCIA Engineering 20.0	1,69	19,97	19,05	17,61	20,3	-15,95	-15,37	-40,42	-31,55	-36,28	-40,44

Z tabulky 12 je zřejmé, že hodnoty momentů stanovené ručním výpočtem a hodnoty získané z programu SCIA Engineer 20.0 jsou velmi rozdílné. To je způsobeno idealizací uložení nad podporami při ručním výpočtu. V ručním výpočtu se uvažuje dokonalé vetknutí z důvodu bezpečnosti a konstrukce se uvažuje jako dokonale tuhá, což ale na stavbě docílit nelze. Program SCIA Engineer 20.0 konstrukci jako dokonale tuhou nepovažuje.

7.2 Návrh spřažené stěny

7.2.1 Materiálové vlastnosti

Tabulka 13- Vlastnosti monolitické části

Monolitická část tl. 80mm			
Beton C20/25	$f_{ck}= 20$ MPa	$\gamma_M= 1,5$	$f_{cd}= 13,33$ MPa
Ocel B500B	$f_{yk}= 500$ MPa	$\gamma_M= 1,15$	$f_{yd}= 435$ MPa

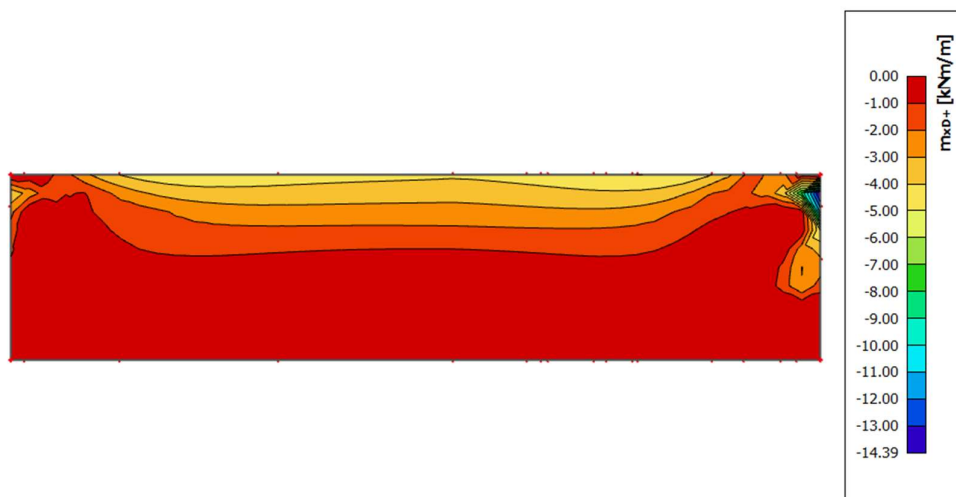
Tabulka 14- Vlastnosti prefabrikovaných dílců

Prefabrikované dílce 2x tl. 60mm			
Beton C30/37	$f_{ck}= 30$ MPa	$\gamma_M= 1,5$	$f_{cd}= 20$ MPa
Ocel B500B	$f_{yk}= 500$ MPa	$\gamma_M= 1,15$	$f_{yd}= 435$ MPa

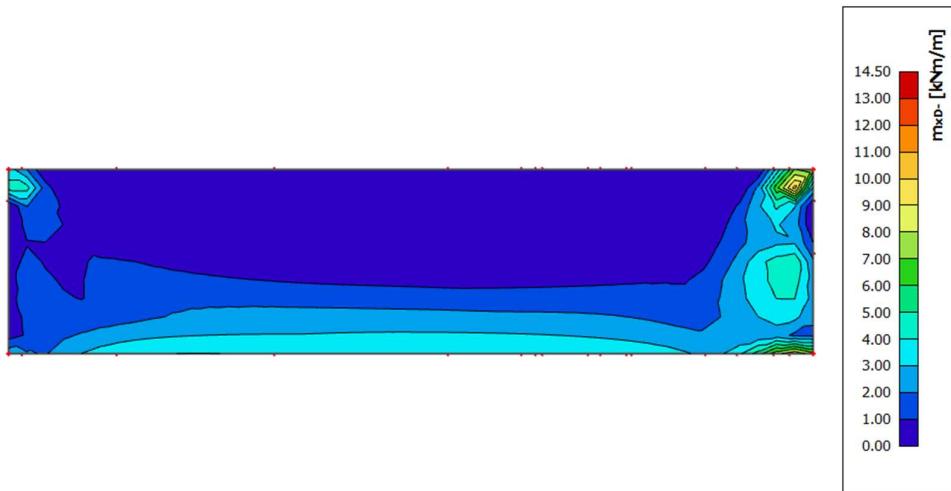
7.2.2 Návrh a posouzení výztuže v programu FINE- beton 2022

Základní návrhové veličiny stěny jsou stanoveny pomocí programu SCIA Engineer 20.0 a vychází z globálního modelu budovy viz *obr. 52*. Jsou vykresleny na *obrázcích 65-68*. Pro výpočet jsou zvoleny maximální hodnoty na integračním pásu (*Obr. 69 a 70*). Výztuž je navržena na kombinaci normálové síly a ohybových momentů.

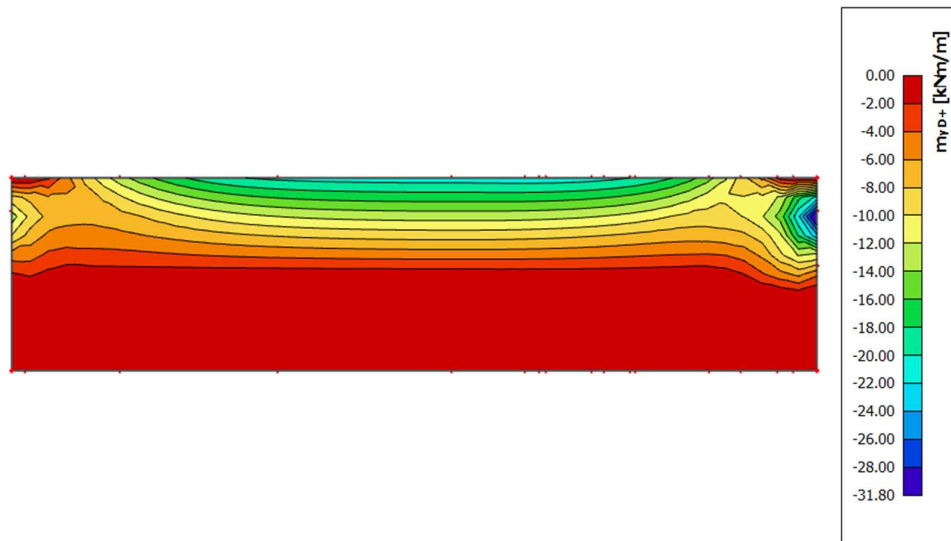
7.2.2.1 Základní návrhové veličiny stěny



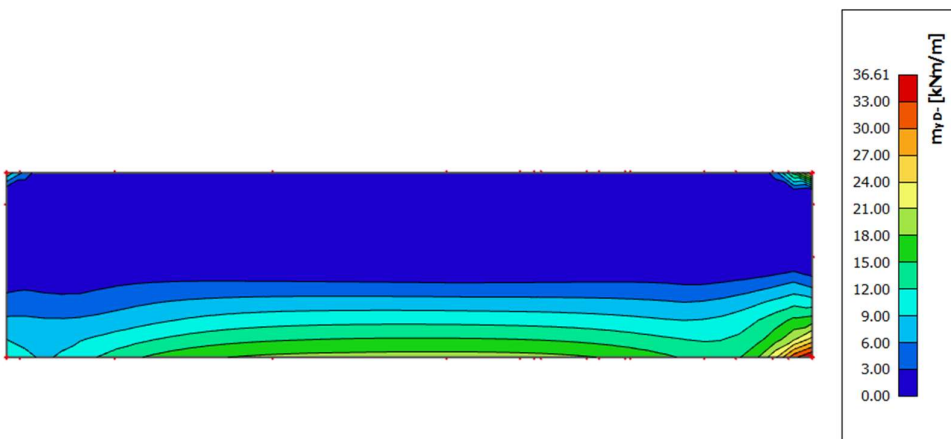
Obrázek 65- Ohybový moment ve směru osy x - m_{xD+}



Obrázek 66- Ohybový moment ve směru osy x m_{xD-}



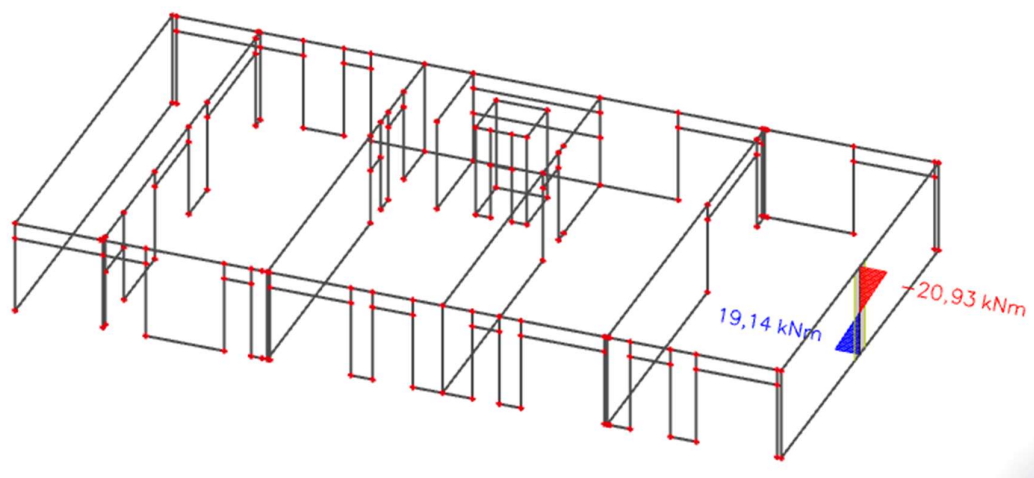
Obrázek 67- Ohybový moment ve směru osy y - m_{yD+}



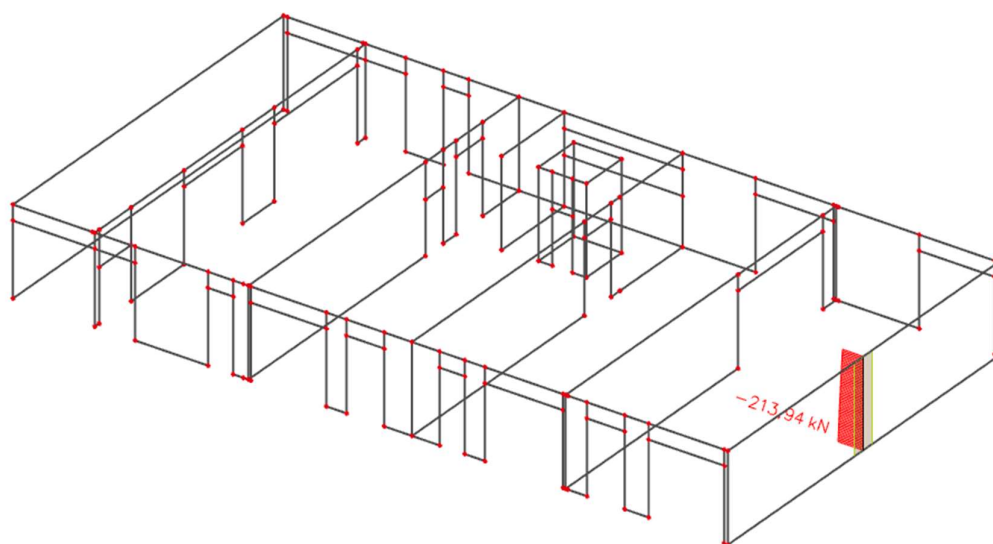
Obrázek 68- Ohybový moment ve směru osy y - m_{yD-}

7.2.2.2 Integrační pás

Integrační pás prochází osou konstrukce a je široký jeden metr. Výsledky z tohoto pásu jsou průměrovány ze zmíněného jednoho metru konstrukce.



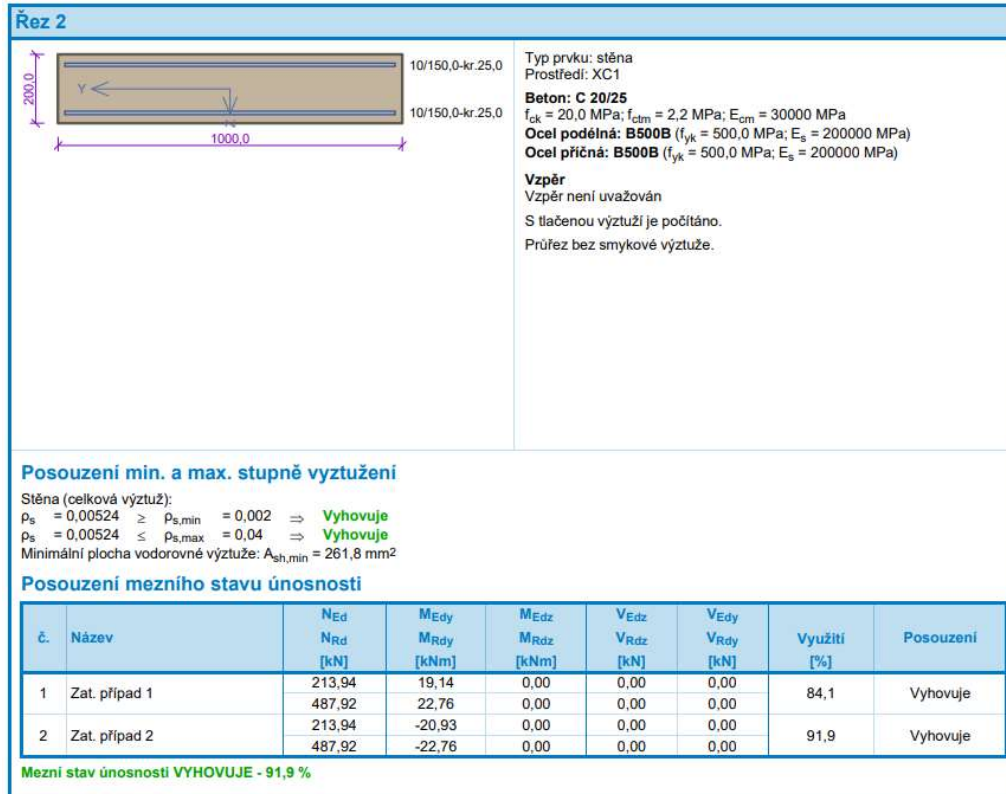
Obrázek 69- Poloha + maximální ohybové momenty na integračním pásu



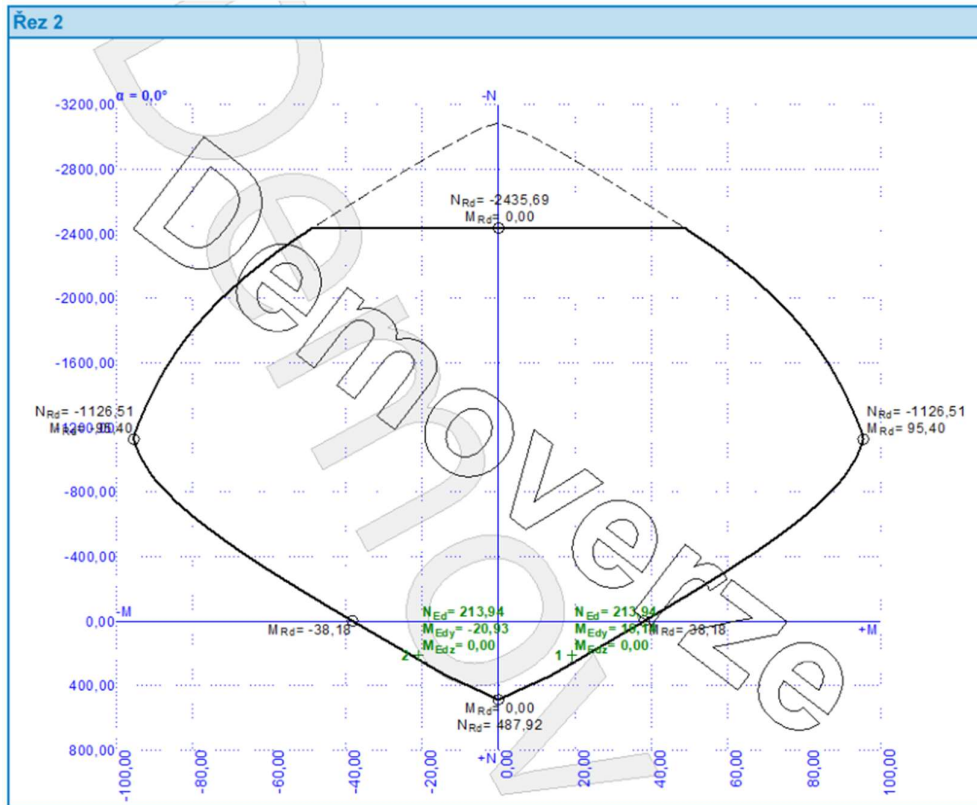
Obrázek 70- Maximální normálová síla N

7.2.2.3 Posouzení

Pro návrh se používají maximální hodnoty na integračním pásu. Největší kladný moment má hodnotu 19,14 kNm. Největší záporný moment má velikost -20,93 kNm (Obr. 68). Nejvyšší normálová síla je 213,94 kN. Posouzení a integrační diagram jsou na obrázcích 71 a 72.



Obrázek 71- Posouzení stěny na momentové síly v programu FINE- beton 2022



Obrázek 72- Interakční diagram N-M

7.2.3 Vyhodnocení

Z obrázků 71 a 72 je zřejmé, že navržená výztuž vyhoví. Je ale potřeba dbát zvýšené pozornosti v pravém horním rohu. V tomto místě vznikají vysoké hodnoty, které se budou muset eliminovat přidáním výztuží.

8 Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku spřažených konstrukcí z filigránových desek. Nejprve je stručně popsán princip problematiky spřažené prefamonolitické technologie, včetně jejich výhod, nevýhod a možnosti využití. Poté jsou uvedeny obecné informace o spřažených prefamonolitických konstrukcích ocel-beton, dřevo-beton, plech-beton a keramika-beton. Jejich stručný popis, chování, použití, a to vše je doplněno o fotografie z realizace. Od následující kapitoly už jsou řešeny pouze spřažené konstrukce z filigránových desek. Jsou uvedeny obecné informace, vysvětlena podstata chování či metodika navrhování. V posledním kroku je ukázka návrhu vybraných konstrukčních prvků.

Během vypracování své bakalářské práce jsem pochopil hlubší souvislosti s návrhem a využitím filigránových desek. Není to pouze o položení desky a zalití betonem, ale o komplexnějším návrhu celé konstrukce. Bakalářská práce mi umožnila nahlédnout do této problematiky a alespoň částečně ji pochopit a celkově rozšířila mé znalosti nejen o konstrukcích z filigránových desek, ale celkově o spřažených prefamonolitických konstrukcích.

9 Seznam použitých podkladů

- [1] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [2] PROCHÁZKA, J., ŠTĚPÁNEK, P., KRÁTKÝ J., KOHOUTKOVÁ A., VAŠKOVÁ J.: *Navrhování betonových konstrukcí I*; ČBS Servis s.r.o., 2009
- [3] ŠMEJKAL, J.: *Únosnost spřažených betonových stropních desek v montážním stadiu zmonolitnění*. Beton TKS 2/2009
- [4] Plošné montované sropy- desky, panely - www.eluc.ikap.cz [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2209>
- [5] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství II: pro 2. ročník SPŠ stavebních*. 3., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-22-4.
- [6] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelobetonové spřažené konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04298-4.
- [7] ŠTEFKO, Jozef, REINPRECHT Ladislav, KUKLÍK Petr. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2., české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. Můj dom. ISBN 80-8076-043-8.
- [8] POŠTULKA, J., SANDANUS, J.: *Analýza sprahovacích prostriedkov a mezivrstvy v drevobetónových konštrukciách*. Sborník 2006
- [9] Filigránové stěny - www.asb-portal.cz. [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/pricky/filigranove-steny>
- [10] ŠTEFAN, Radek. K133PSBZ- přednáška B12 Spřažené konstrukce- stropní Beton-beton). In: Katedra betonových a zděných konstrukcí - ČVUT [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: [133PSBZ_Prednaska_B12 \(cvut.cz\)](https://www.cvut.cz/k133psbz/prednaska_b12)
- [11] PROCHÁZKA, Jaroslav, Alena KOHOUTKOVÁ a Jitka VAŠKOVÁ. *Navrhování železobetonových konstrukcí: příklady a postupy*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické v Praze, 2021. ISBN 978-80-01-06916-5.
- [12] Montáž prefamonolitického stropu z miako vložek, betonování a pozední věnec - www.estav.cz. [online]. 2018, [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:

<https://www.estav.cz/cz/6230.montaz-prefamonolitickeho-stropu-z-miako-vlozek-a-betonovani-stropu-a-pozedniho-vence>

[13] Nejvyšší ocelobetonový most v Praze - www.asb-portal.cz. [online]. 2010, [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/inzenyrske-site/nejvyssi-ocelobetonovy-most-vpraze>

[14] Porotherm - Řešení pro cihelné zdivo - www.wienebergerger.cz [online]. 2018, [cit. 2022-02-08].

Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/brochures/leaflets/CZ_Stropy_letak_NÁHLED.pdf

[15] DAŇKOVÁ, Jana, ŠAFRATA, Jiří. Vývoj a použití dřevobetonových kompozitních prefabrikovaných dílců v pozemním stavitelství [online]. 2015, [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/vyvoj-a-pouziti-drevobetonovych-kompozitnich-prefabrikovanych-dilcu-v-pozemnim-stavitelstvi_41996.html

[16] WITZANY, Jiří. *Konstrukce pozemních staveb 70: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02656-6.

[17] Stropní a filigránové desky - www.hbbeton.cz [online]. 2022, [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.hbbeton.cz/cz/produkty/stavebni-materialy/stropni-desky.html>

[18] Montážní postup - www.babc.cz [online]. 2017, [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: http://www.babc.cz/media/document/babc_mp-prefa_2a3-15_stropni_filigrany.pdf

[19] Technická příručka, stropní systémy Liastrop, podklady pro navrhování – www.liapor.cz [online]. 2011, [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz/assets/documents/liastrop/technicka-prirucka-stropni-systemy-liastrop-2011.pdf>

[20] Prefabrikované prvky MABA – stropní filigránové desky a dvojité filigránové stěny – www.stavebnictvi3000.cz [online]. 2008, [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/prefabrikovane-prvky-maba-stropni-filigranove-desk>

[21] PROCHÁZKA, Jaroslav, ŠMEJKAL, Jiří. *Betonové stropní a schodišťové konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06323-1

[22] FLÁDR, Josef, BÍLÝ, Petr. Teoretický podklad pro návrh prefamonolitického stropu. ČVUT, 2012.

Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~fladrjos/grant/frvs2012/manual.pdf>

[23] MÜLLER, Andreas. Holz-Beton-Verbundsysteme - Überblick und Ausblick. Burgdorf: Institut für Architektur, Berner Fachhochschule, 2013. Dostupné z: <https://docplayer.org/41772944-Ueberblick-und-ausblick.html>

[24] KOPŘIVA, František, TROJANOVÁ, Mahulena. *Statické a konstrukční tabulky*, 7. vydání. V Praze: Střední průmyslová škola stavební Josefa Gočára, 2015.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1- Lochkovský most (vlevo) [13] a strop z Miako vložek (vpravo) [12].....	11
Obrázek 2- Filigránová stropní deska (vlevo) [4] a spřažený trám (vpravo) [10].....	12
Obrázek 3- Prefamonolitický stěnový dílec na stavbě [9].....	12
Obrázek 4- Ocelobetonové nosníky [6].....	13
Obrázek 5- Typické průřezy spřažených sloupů [6].....	14
Obrázek 6- Tvary kotev Hilti HVB [6].....	15
Obrázek 7- spřažení lištou [6].....	15
Obrázek 8- Nízká lišta (vlevo) a vysoká lišta (vpravo) [6].....	16
Obrázek 9- Dokončený most přes Labe v obci Litol [6]	16
Obrázek 10- Způsoby přenášení podélného smyku u plechobetonové desky [6].....	17
Obrázek 11- Stropní konstrukce typu HBV [15].....	18
Obrázek 12- Přehled typů spřažení používaných pro dřevobetonové stropní konstrukce [7].....	19
Obrázek 13- Přehled typů spřažení používaných pro dřevobetonové stropní konstrukce [7].....	19
Obrázek 14- Nejvyšší budova v Evropě s dřevobetonovými dílci- Life Cycle Tower [15]	20
Obrázek 15- Stropní deska v budově Life Cycle Tower [15].....	20
Obrázek 16- Stropní nosník Porotherm (vlevo) a vložka Miako (vpravo) [14]	21
Obrázek 17- Usazování stropních trámů [12].....	22
Obrázek 18- Skládání stropních vložek [12]	22
Obrázek 19- Typická filigránová deska [16]	23
Obrázek 20- Řez filigránovým stropem [16].....	24
Obrázek 21- Standartní profily a vzdálenosti výztuže [17]	25
Obrázek 22- Minimální vzdálenost od kraje [17].....	25
Obrázek 23- Maximální vzdálenosti [17]	25
Obrázek 24- Ukázka vhodného užití filigránových stropů [17]	26
Obrázek 25- Variabilita tvarových úprav filigránové desky [16].....	26
Obrázek 26- ISO nosník od firmy MEA pro přerušení tepelného mostu u balkonu [16]	27
Obrázek 27- Vylehčení filigránových desek pomocí EPS [10].....	27

Obrázek 28- Zavěšení desky na vahadle (vlevo) a zavěšení desky bez vahadla (vpravo) [18].....	28
Obrázek 29- Správné přichycení (vlevo) a nesprávné přichycení (vpravo) [19].....	28
Obrázek 30- Osazení filigránové desky na nosnou stěnu [16]	29
Obrázek 31- Montážní, dočasné podepření spřažené stropní desky [17]	29
Obrázek 32- Řez napojení filigránové stěny na filigránový strop [16]	30
Obrázek 33- Půdorysné napojení filigránových stěn [16]	30
Obrázek 34- Řez filigránovou stěnou (vlevo) a filigránová stěna s otvorem (vpravo) [16]	31
Obrázek 35- Schéma montážního podepření (vlevo) [16] a kolektor z filigránových konstrukcí (vpravo) [20]	32
Obrázek 36- Montáž filigránových stěnových panelů na stavbě [9]	33
Obrázek 37- Posouzení smyku v zazubené pracovní spáře spřažené konstrukce [21] ...	34
Obrázek 38- Průběh momentů spřažené stropní desky o více polí.....	35
Obrázek 39- Druhy spřažení [10]	35
Obrázek 40- Ukázka průběhu posouvající síly [10]	39
Obrázek 41- Napětí v průřezu [10]	39
Obrázek 42- Posouzení smyku ve vodorovné styčné spáře spřažené stropní desky [21]40	
Obrázek 43- Rozmístění spřahující výztuže na základě stanovení výztuže plochy ve vodorovné styčné spáře [10]	41
Obrázek 44- Posouzení smyku u spřaženého T-průřezu [21].....	41
Obrázek 45- Minimální úhel pro manipulaci s filigránovou deskou [17]	43
Obrázek 46- Možnosti vlastního tvaru úchytů [22]	44
Obrázek 47- Ukázka trnu s kulovou hlavou (vlevo) [22] a ukázka osazení klasického úchyty (vpravo) [22]	44
Obrázek 48- Finální podoba úchyty: trn s kulovou hlavou + zvedací oko [22]	44
Obrázek 49- Průběh vnitřních sil při přepravě panelu [22]	45
Obrázek 50- Skladování filigránů [10]	46
Obrázek 51- Příčný řez konstrukcí před zmonolitněním [22]	48
Obrázek 52- Globální model budovy v programu SCIA Engineer 20.0.	49
Obrázek 53- Půdorys konstrukčního systému řešeného podlaží + vyznačené prvky pro konstrukční návrh	50
Obrázek 54- Průběh momentů na spojitém nosníku	52
Obrázek 55- Moment u horních vláken ve směru osy x- m_{xD+}	59

Obrázek 56- Moment u spodních vláken ve směru osy x- m_{xD-}	59
Obrázek 57- Moment u horních vláken ve směru osy y- m_{yD+}	60
Obrázek 58- Moment u spodních vláken ve směru osy y- m_{yD-}	60
Obrázek 59- Poloha integračního pásu	61
Obrázek 60- Maximální hodnoty ohybového momentu na integračním pásu.....	61
Obrázek 61- Posouzení desky v programu FINE- beton 2022	62
Obrázek 62- Interakční diagram N-M	62
Obrázek 63- Průběh momentů na spojitém nosníku	66
Obrázek 64- Hodnoty momentů z programu SCIA Engineer 20.0.....	66
Obrázek 65- Ohybový moment ve směru osy x- m_{xD+}	67
Obrázek 66- Ohybový moment ve směru osy x m_{xD-}	68
Obrázek 67- Ohybový moment ve směru osy y- m_{yD+}	68
Obrázek 68- Ohybový moment ve směru osy y- m_{yD-}	68
Obrázek 69- Poloha + maximální ohybové momenty na integračním pásu	69
Obrázek 70- Maximální normálová síla N	69
Obrázek 71- Posouzení stěny na momentové síly v programu FINE- beton 2022.....	70
Obrázek 72- Interakční diagram N-M	71

11 Seznam tabulek

Tabulka 1- Součinitele c a μ definující vliv drsnosti horního povrchu prefabrikované desky [21]	34
Tabulka 2- Hodnoty dynamického součinitele [22]	43
Tabulka 3- Součinitel přilnavosti k bednění [22]	43
Tabulka 4- Vlastnosti monolitické části	51
Tabulka 5- Vlastnosti prefabrikovaných dílců.....	51
Tabulka 6- Výpočet zatížení	52
Tabulka 7- Základní technické údaje filigránové stropní konstrukce z Liaporbetonu [19]	63
Tabulka 8- Délka filigránové desky.....	64
Tabulka 9- Zatížení působící na filigránovou desku	64
Tabulka 10- Únosnost stropního systému: filigrán + dobetonávka z liaporbetonu 5kN/m ² [19].....	64
Tabulka 11-Výpočet montážního podepření [19].....	65
Tabulka 12- Porovnání výsledků mezi ručním výpočtem a programem SCIA Engineer 20.0.	66
Tabulka 13- Vlastnosti monolitické části	67
Tabulka 14- Vlastnosti prefabrikovaných dílců.....	67

12 Seznam použitých programů

SCIA Engineer 20.0

FINE- beton 2022

CADKON+ 2018