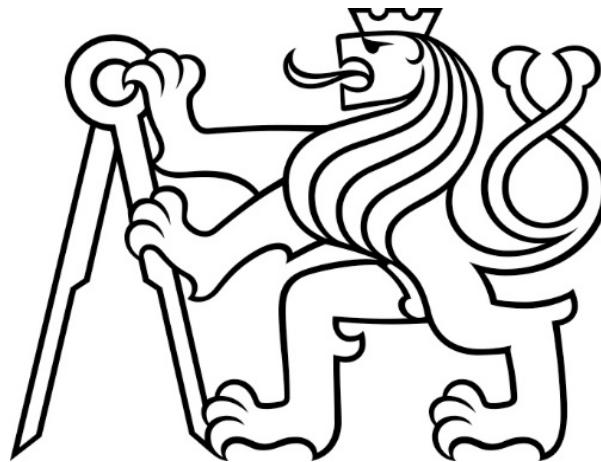


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



TUHOST PREFABRIKOVANÝCH SPOJŮ A MOŽNOST  
JEJÍHO ZARUČENÍ

STIFFNESS OF PRECAST JOINTS AND POSSIBILITIES  
OF ITS ASSURANCE

Bakalářská práce

2020

Veronika Schutová

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Schulová Jméno: Veronika Osobní číslo: 468365

Zadávatel: katedra: 133 - katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: St - stavební inženýrství

Studijní obor: C - konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Tuhost prefabrikovaných spojů a možnosti jejího zaručení

Název bakalářské práce anglicky: Stiffness of precast joints and possibilities of its assurance

Pokyny pro vypracování:

- výběr konkrétních detailů
- vliv tuhosti na výpočetní modely
- návrh variant výzbuže
- varianty návrhu detailu spoje
- porovnání variant a jejich vyhodnocení

Seznam doporučené literatury:

Betonové vícepodlažní a halové budovy - prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc., Ing. Jiří Šmejkal, CSc.

Kohoutková A., Procházka J., Šmejkal J., Modelování a vyztužování betonových prvků, ČVUT v Praze, Praha 2013

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michaela Frantová, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 27.2.2020

Termín odevzdání bakalářské práce: 18.5.2020

Údaj uvést v souladu s datem v časovém pásmu středoevropského času

[Redacted signature]

Podpis vedoucího práce

[Redacted signature]

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

18.5.2020

Datum převzetí zadání

[Redacted signature]

Podpis studenta(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 23. 5. 2020

.....

Veronika Schutová

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji paní Ing. Michaele Frantové, Ph. D. za její odborné vedení mé bakalářské práce, za její vstřícný přístup a trpělivost při konzultacích v této neobvyklé situaci. Dále bych chtěla poděkovat panu prof. Ing. Petru Štemberkovi, Ph. D., D. Eng. za cenné rady a náměty.

Děkuji také svým přátelům a rodině za podporu v celé době mého studia a za to, že při mně stáli i v těžkých chvílích.

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá tuhostí prefabrikovaných spojů a jejich vlivem na statické schéma. Najdete zde rozdělení spojů podle různých kritérií: dle tuhosti, provedení a přenosu vnitřních sil. Jsou zde obecně popsány možnosti provádění spojů prefabrikovaných dílců, kloubových i tuhých. Práce se zabývá návrhem styku spojitých průvlaků v místě sloupu. Styk je navrhován jako tuhý, tzn. působí jako vetknutí a přenáší ohybový moment nad podporou. Pro tento styk jsou navrženy čtyři varianty spoje: svařovaný, šroubový, pomocí bezzávitové spojky a spoj přesahem. Tyto varianty jsou zde popsány a porovnány podle těchto kritérií: cena, pracnost a doba provádění. Na základě vyhodnocení spojů je vybrána nejlepší varianta spojení nosné výztuže.

Byl proveden návrh výztuže průvlaků nad podporou. Všechny čtyři výše zmiňované varianty spoje spojitého průvlaků jsou schématicky rozkresleny. Byla vypočtená délka přesahu prutů výztuže (pro provedení stykování výztuže). Veškeré uvedené výpočty a schémata jsou v přílohách.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** bezzávitové spoje, kloubové spoje, prefabrikované spoje, spojitý průvlak, stykování přesahem, svařované spoje, šroubové spoje, tuhost styčníku

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the stiffness of prefabricated joints and their influence on the static scheme. Here you will find the division of joints according to various criteria: according to stiffness, design and transmission of internal forces. The possibilities of making joints of prefabricated parts, articulated and rigid, are generally described here. The work deals with the design of the contact of continuous beams at the location of the column. The contact is designed as rigid, ie. acts as fixed support and transmits a bending moment above the support. For this contact four joint variants are suggested: welded, screw, threadless coupling and overlap connection. These variants are described and compared here according to the following criteria: price, labor and execution time. Based on the evaluation of the joints, the best variant of the connection of the load-bearing reinforcement is selected.

A design of the beam reinforcement over the support was made. All four above-mentioned variants of the joint of the continuous beam are schematically drawn. The length of the overlap of the reinforcement bars was calculated (to perform the reinforcement joining). All the above calculations and diagrams are in the appendices.

**KEYWORDS:** articulated joints, continuous beam, joint stiffness, precast joints, screw connections, splicing overlap, threadless joints, welded joints

## Obsah

1. ÚVOD.....	7
2. TUHOST PREFABRIKOVANÝCH SPOJŮ.....	10
2.1 DRUHY SPOJŮ.....	10
2.2 VLIV TUHOSTI NA VÝPOČETNÍ MODELÝ.....	12
2.3 SPOJENÍ VÝZTUŽE DLE PŘENOSU VNITŘNÍCH SIL.....	14
2.3.1 Svařované spoje.....	14
2.3.2 Šroubované spoje.....	16
2.3.3 Bezzávitové spojky.....	19
2.3.4 Stykování výztuže.....	19
2.3.5 Provedení spoje na stavbě.....	21
3. ANALÝZA VYBRANÉHO SPOJE.....	22
3.1 REFERENČNÍ STAVBA.....	22
3.2 NÁVRH TYPOVÝCH DETAILŮ REFERENČNÍ STAVBY.....	23
3.3 GEOMETRIE SPOJITÉHO PRŮVLAKU.....	26
3.4 NÁVRH VÝZTUŽE.....	27
3.5 VARIANTY SPOJE.....	28
3.5.1 Varianta 1 - svařovaný spoj.....	28
3.5.2 Varianta 2 - šroubovaný spoj.....	31
3.5.3 Varianta 3 - spoj přesahem.....	35
3.6 POROVNÁNÍ VARIANT A JEJICH VYHODNOCENÍ.....	37
4. ZÁVĚR.....	38
5. ZDROJE.....	39
Příloha č.01 - STATICKÝ VÝPOČET.....	41
Příloha č.02 - SCHÉMATA VÝZTUŽE SPOJŮ SPOJITÉHO PRŮVLAKU.....	47
Příloha č.03 - VÝPOČET DÉLKY PŘESAHU.....	52

## 1. ÚVOD

Beton jakožto stavební materiál byl používán již velmi dávno, například Peršany či Římány. Dodnes patří mezi nejpoužívanější materiály. Samozřejmě v průběhu let nastaly změny v jeho složení a vývoj se i nadále ubírá kupředu. V dnešní době existuje mnoho druhů betonů, které můžeme odlišit podle pevnosti, materiálu plniva (kamenivo, keramzit, drcený beton atd.) nebo také podle různých přísad (plastifikátory, provzdušňovací látky, zpomalovače/urychlovače tuhnutí atd.) a příměsí (filer, pigment, popílek a další).

Dříve probíhala výroba betonu přímo na stavbě, tzn. nebyly zajištěny stejné vlastnosti směsi. Dnes výroba betonové směsi probíhá v betonárnách a poté je dovezena na stavbu. Při této přípravě směsi je možno docílit stejných požadovaných vlastností několikrát. V betonárně dochází k dávkování jednotlivých složek přesně dle požadované receptury. Je možno značně ovlivnit hutnost a zpracovatelnost betonové směsi.

Dalším stupněm vývoje byla, a dodnes je, výroba prefabrikovaných betonových dílců. K největšímu rozmachu této výroby došlo v 50. letech 20. století. V té době docházelo k výstavbě převážně panelových bytových domů. Panelové domy se dělily na několik typů: G 40, G 57, T06B, VVU ETA (viz. obr. 1.1) a další. Každý z těchto typů měl své charakteristické rysy, díky kterým je dodnes možné tyto typy domů rozeznat.



**1.1 - VVU ETA, Zdeněk Kuna, Proměny české architektury, Praha 1987 [18]**

V dnešní době naopak v prefabrikované výstavbě převažují halové skeletové stavby. Jedná se většinou o vazníkové stavby (viz. obr. 1.2). Rozpony vazníků bývají v desítkách metrů, jejich výroba na stavbě by byla tedy velice komplikovaná. Prvky nosného systému jsou tedy vyráběny ve výrobně prefabrikátů - tzv. „prefě“. Je zde snaha o velkou opakovatelnost prvků. Díky tomu je možné bednění jednotlivých dílců využít několikrát, což usnadňuje výrobu těchto dílců. Aby bylo opakování prvků možno, je potřeba kvalitního návrhu. Snažíme se zachovat geometrii průřezu pro každý druh dílců (sloupy, trámy, vazníky atd.). Průřez by tedy neměl být předimenzovaný pro nejméně namáhaný prvek, zároveň ale musí být dostačující pro nejvíce zatížený prvek. Ke změnám v únosnosti dochází díky odlišnému vyztužení těchto prvků. Pokud je navrženo několik typů jednoho prvku, např. právě díky odlišnému vyztužení, je potřeba tyto prvky již po betonáži odlišit, aby nedošlo k záměně dílců. Takováto záměna by mohla mít fatální následky.





### 1.2 - prefabrikovaný železobetonový skelet [20]

Jednotlivé dílce jsou vyrobeny z přesně namíchané směsi v betonárně, která je většinou součástí prefy, nebo stojí v její blízkosti. Dochází zde i k vyvázání výztuže jednotlivých prvků. Tato výztuž je poté vložena do předem připravených forem bednění, které se nakonec vylijí betonem. Po určitém čase je možné prvky odbednit a přesunout na skládku k vyschnutí. Odtud jsou hotové prvky dováženy na stavbu, kde dochází k jejich vzájemnému spojení.

Mezi hlavní výhody prefabrikace (oproti monolitu) patří urychlení výstavby. Vzhledem k tomu, že dílce jsou dováženy hotové, dostatečně pevné, dochází na stavbě pouze k provádění jejich spojů. Tím dojde k výraznému zkrácení doby výstavby. Další výhodou jsou pouze malé nepřesnosti rozměrů jednotlivých prvků.

Prefabrikace s sebou nese i nevýhody, mezi ně patří například nutnost velmi podrobného návrhu. Je potřeba počítat s několika fázemi zatížení: vyjmutí z formy, přesun, skladování, doprava, umísťování prvků na stavbě, před provedením spojů (montážní stadium), po provedení spojů (provozní stadium). Další nevýhodou je nutnost mechanizace. Jednotlivé dílce bývají dováženy v jiné poloze, než v jaké budou zabudovány na stavbě. Je tedy potřeba s nimi manipulovat, což s ohledem na jejich váhu není snadné. Mezi další nevýhody patří například malá prostorová tuhost.

Tuhost prefabrikovaných staveb lze zajistit několika způsoby. Součástí stavby mohou být ztužující stěny, které budou vzájemně kolmé. Tyto stěny budou tedy přenášet vodorovné zatížení. Problém nastává při narůstající výšce stavby, kdy je potřeba velké množství ztužujících stěn. Další možností, jak zajistit stabilitu stavby, je spřažení sloupů. To lze zajistit například tím, že vytvoříme dostatečně tuhou stropní tabuli. V rovině stropní konstrukce je možné dosáhnout spřažení pomocí tužších prvků - příčlů, průvlaků, trámů apod. Další možností je spřažení sloupů pomocí šikmých prvků (diagonál) nebo pomocí stěn (membrán, diafragmat). [14]



### 1.3 - varianty spřažení sloupů [14]

Při zajišťování tuhosti pomocí vodorovných prutových prvků jsou velmi důležitým místem spoje dílců a zajištění jejich pevnosti, spolehlivosti a tuhosti. Je potřeba zajistit spojení hlavně tažených prutů výztuže a zároveň docílit řádného vyplnění spoje v místě tlakového namáhání. Již v začátku návrhu konstrukce je potřeba rozmyslet umístění spojů, resp. rozdělení konstrukce na jednotlivé části. (viz. obr. 1.4) Spoje těchto částí je možné provádět jako klouby, částečné vetknutí nebo vetknutí.



**1.4 - spoje prefabrikované sloupové konstrukce, PZ ŠKODA Plzeň [19]**

## 2. TUHOST PREFABRIKOVANÝCH SPOJŮ

Styky prefabrikovaných prvků zásadně ovlivňují statické působení a účinnost systému při přenosu zatížení (veliký vliv při mimořádném zatížení). Kritéria pro návrh prefabrikovaných spojů jsou: tuhost, únosnost, pracnost a ekonomie.

Řešení spojů souvisí se snahou dosáhnout konstrukce se shodnými vlastnostmi, jaké by měla monolitická. Statické vlastnosti spojů (styků) v konstrukci určují její statické schéma, tzn. ovlivňují působení dané konstrukce.

*Určení nejvhodnějšího místa a tuhosti styku je velmi náročná úloha. Cílem je odstranění lokálních extrémů vnitřních sil a napětí v dané konstrukci.[14]*

Návrh spoje musí být proveden během první fáze návrhu prefabrikované budovy. Geometrie a provedení spoje ovlivňuje mnoho navazujících věcí - rozmístění a propojení prutů výztuže uvnitř prvku, tvar bednění, způsob ochrany spojovacích prvků při betonáži atd.

### 2.1 DRUHY SPOJŮ

Spoje prefabrikovaných konstrukcí můžeme dělit podle několika kritérií: tuhosti, pracnosti, provedení apod., jak je to uvedeno například v [1;2; 13; 14;22].

- Dle tuhosti rozlišujeme tři druhy spojů.

#### **Tuhé**

Tuhé spoje mají stejné vlastnosti jako monolitické konstrukce. Musí být řádně vyplněny cementovou zálivkou a oboustranně vyztuženy stykovanou výztuží procházející stykem. Tento druh spoje přenáší veškeré vnitřní síly a namáhání ze spojovaných prvků.

#### **Pružné spoje**

U pružného spoje dochází k pootočení dílců vůči sobě vlivem ohybového momentu. Tuhost tohoto styku se vyjadřuje poměrem momentu a pootočení.

Poměrem momentu pružně uloženého prutu a momentu tuze připojeného prutu se vyjadřuje míra tuhosti ( $\mu$ ) styku příčle a sloupu.

$$\mu = \frac{M_p}{M_t} \leq 1 \quad [14]$$

$M_p$  - moment pružně připojeného prutu

$M_t$  - moment tuze připojeného prutu

#### **Kloubové spoje**

V kloubovém spoji dochází vlivem působícího ohybového momentu ke vzájemnému pootočení prvků v rovině zatížení, které zde působí. Při uvolnění spoje dochází k návratu do jeho původní polohy. Tento druh spoje nepřenáší ohybové momenty.

- Z hlediska provádění spojů rozlišujeme. (viz. obr. 2.1)

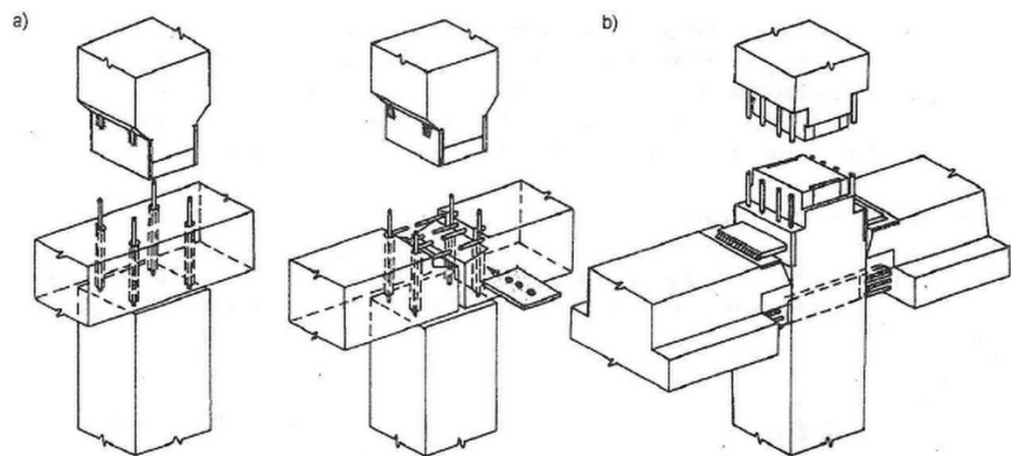
### Kontaktní

Za kontaktní spoj považujeme spoj prvků, které se navzájem dotýkají. Dochází zde k přímému spojení výztuže a zároveň se tlaková zatížení přenáší dotykem jednotlivých částí prvků.

### Nekontaktní

Za nekontaktní spoj považujeme spoj prvků, skrze který prochází další prvek. Napojení výztuže se provádí pomocí stykacích prvků, které mohou být tvořeny ocelovými destičkami, úhelníky, nebo pomocí přesahů výztuže.

Příkladem může být průvlakový sloupový systém s průběžnými průvlakky. V tomto systému budou kontaktně napojené průvlakky a nekontaktně spojené sloupy.



### 2.1 - základní typy spojů sloupů s průvlakky [14]

a) nekontaktní styk sloupů b) kontaktní spoj sloupů

- Dále je možné spoje dle způsobu provádění dělit na: mokré, suché a kombinované.

### Mokré styky

Ložné spáry jsou prováděny zalitím cementovou směsí, popř. polymercementovou nebo betonovou směsí. Musíme docílit dokonalého kontaktu styčných ploch prvků. Tloušťka těchto spár bývá 5 až 15mm. Pokud je tloušťka spáry větší (více jak 25mm), musí se provést vyztužení ložné spáry vyztužnou mřížkou. Tím zabráníme porušení spáry příčným tahem (vytlačení výplně). [14]

### Suché styky

U těchto styků je mezi jednotlivé spojované prvky vloženo pryžové, popř. neoprénové ložisko. Tato ložiska mohou být vyztužená nebo nevyztužená. Suché styky lze také provádět pomocí ocelových botek (sešroubovaných k sobě).

### Kombinované styky

Tyto styky kombinují obě předchozí varianty. Může zde být pryžové ložisko, popř. šroubový spoj a poté je styk zalit cementovou záplivkou.

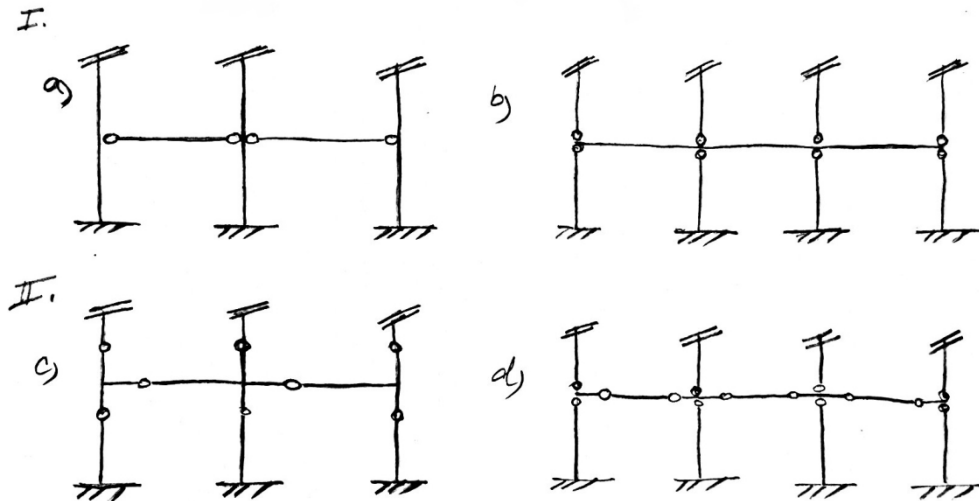
- Z hlediska přenosu silových účinků rozlišujeme:

### Styky se statickou funkcí

Tyto styky přenášejí silové účinky. Při kloubovém působení spoje dochází k přenosu normálové a posouvající síly. V případě vetknutí, popř. částečného vetknutí, dochází k přenosu ohybového momentu, normálové i posouvající síly.

### Styky bez významné statické funkce

U těchto styků nedochází k přenosu podstatnější síly. Bývají umístěny v jedné třetině pole (popř. výšky sloupu), v místě nejmenšího ohybového momentu.



### 2.2 - schéma (několika) možností umístění spojů v prefabrikované konstrukci

- I.
  - a) průběžné sloupy, průvlaky uložené na ozub/krátké konzoly
  - b) průběžné průvlaky, sloupy přerušeny v místě průvlaků
- II.
  - c) rozdělení skeletu na části
  - d) rozdělení skeletu na části - využití tzv. vloženého pole

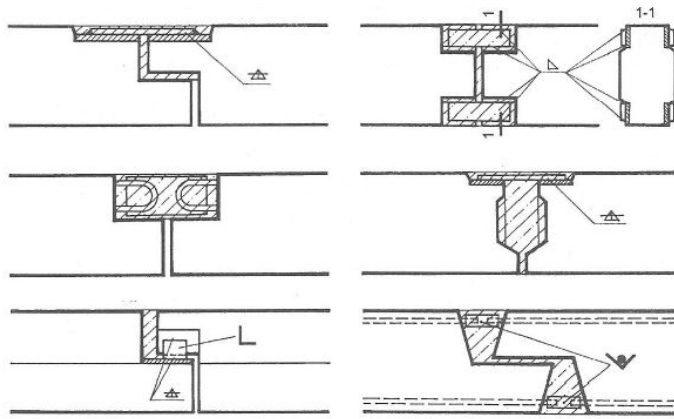
## 2.2 VLIV TUHOSTI NA VÝPOČETNÍ MODEL

Řešením styků lze ovlivnit výpočetní model. V případě zatížení spoje ohybovým momentem se snažíme dosáhnout tuhého spoje, tzn. spoje s tuhostí odpovídající monolitické konstrukci. V ostatních případech však můžeme spoj řešit jako kloub nebo posuvný kloub. [14]

Spoje prefabrikovaných dílců se pokoušíme umísťovat do míst, kde působí malá namáhání nebo do míst, kde je to výhodné z hlediska skladby dílců. Například v případě spoje dvou průvlaků v místě sloupů dochází k přitížení (přitlačení) zhlaví průvlaků horním sloupem, čímž je bráněno pootočení průvlaků. [14]

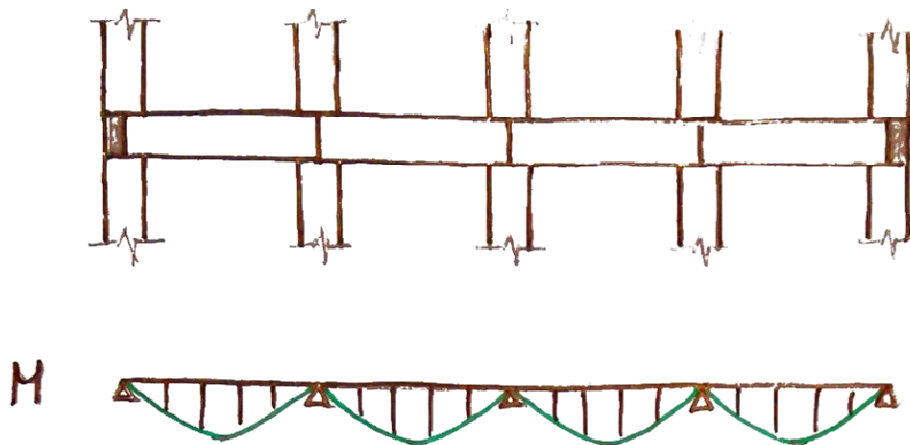
Umístění spoje v rámci konstrukce tedy velmi zásadně ovlivňuje jeho tuhost. Poloha spoje může limitovat, co se provedení týče. Například provedení spoje průvlaků v poli tak, aby se jednalo o tuhý spoj je velmi složité a pracné. Příklady provedení tuhého spoje prvků v poli jsou na obr. 2.3.

Tyto spoje se většinou řeší jako kloubové. Vzhledem k jejich poloze (v místě nulových momentů) je to naprosto dostačující. Například při řešení nosníku docílíme toho, že dojde k přenosu záporného ohybového momentu v místě podpory. Nosník tedy ve výsledku působí jako spojitý.



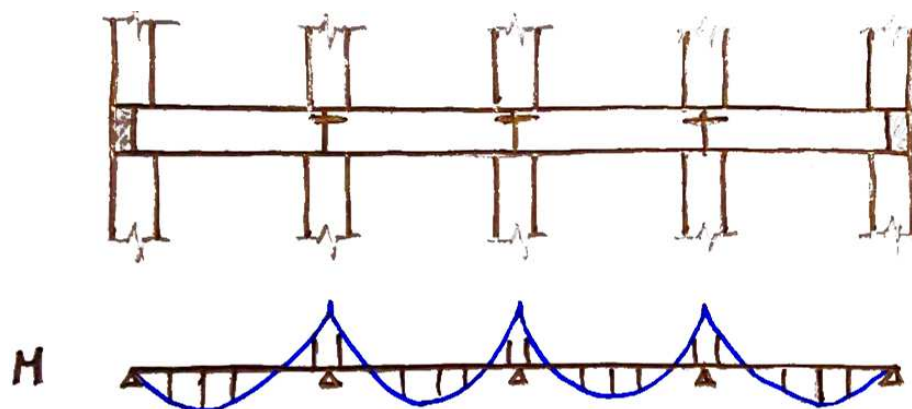
### 2.3 - příklady tuhých spojů (v poli) [14]

Spoje dílců v místě podpor lze řešit jako kloubové (prostě uložené) nebo jako vetknuté (tuhé). V případě kloubových spojů vodorovných prvků se jedná většinou o usazení na trn, který zajišťuje správnou polohu prvku. V osazovaném prvku je tedy připraven otvor, skrze který prochází trn výztuže. Po usazení dojde k zalití otvoru cementovou směsí. Takto uložené prvky působí jako prosté nosníky (viz. obr. 2.4).



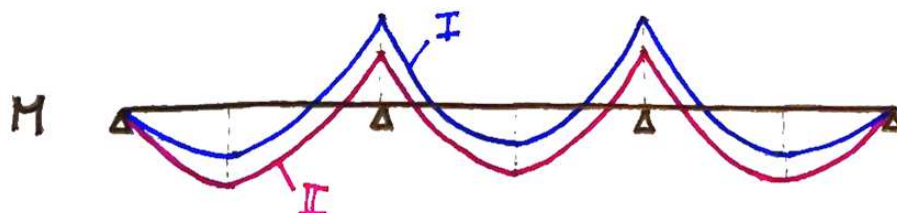
### 2.4 - schéma působení prostě uložených nosníků a průběh jejich ohybových momentů

Tuhé spoje u vodorovných prvků v místě podpory lze provádět několika způsoby. Spoje mohou být svařované, šroubové, popř. mohou být řešeny přesahem prutů výztuže. Podrobnější popis variant provedení spojů prefabrikovaných dílců dle tuhosti je uvedeno v následující kapitole. V tomto případě je tedy spojená ohybová výztuž prvků. Dochází k přenosu ohybových momentů nad podporou. Prvky tedy působí jako spojitě. Obdobným způsobem lze spojovat svislé nosné prutové prvky (sloupy, pilíře). Jejich spoje lze provést jako tuhé, čímž docílíme spojitěho působení. (viz. obr. 2.5)



2.5 - schéma uložení tuze spojených nosníků a průběh jejich ohybových momentů

V případě tuhých spojů u spojitých prvků je potřeba počítat s poklesem jejich tuhosti v průběhu životnosti stavby. Na rozdíl od monolitických konstrukcí může k poklesu docházet i díky nedokonalému provedení spoje dílců. V takovém případě se z tuhého spoje stane pružný spoj, resp. vetknutí se změní na částečné vetknutí. Následkem je redistribuce ohybových momentů (viz. obr. 2.6). Dojde tedy k poklesu ohybového momentu v místě spoje a zároveň nastane zvětšení ohybového momentu v poli. S redistribucí je tedy potřeba počítat již při návrhu výztuže prvku a návrh výztuže provést s dostatečnou rezervou.



2.6 - schéma redistribuce momentů  
I.- původní průběh ohybových momentů  
II. - průběh ohybových momentů po redistribuce

## 2.3 SPOJENÍ VÝZTUŽE DLE PŘENOSU VNITŘNÍCH SIL

Při návrhu styku výztuže je potřeba si uvědomit, zda se jedná o výztuž taženou/tlačenou nebo ohýbanou, popř. namáhanou smykem. Je nutné plynule navázat jednotlivé pruty výztuže spojovaných prvků. Je také potřeba brát ohled na provádění (montáž) spoje. Spoje by neměly být náročné na montáž a měly by být realizovatelné v souladu s přípustnými nepřesnostmi (výrobními i montážními).

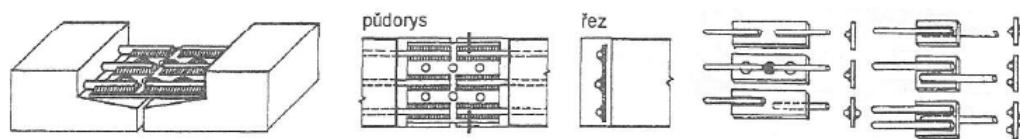
Tuhé styky působí jako vetknutí, dochází tedy k přenosu všech vnitřních sil včetně ohybového momentu. U kloubového spoje dochází k přenosu pouze posouvajících, popř. normálových sil.

Za předpokladu, že chceme docílit tuhého spoje, máme několik možností styků výztuže. Pruty můžeme spojit svařováním, šroubovými spojkami, bezzávitovými spojkami, pomocí kotevní rohože nebo přesahem.

### 2.3.1 Svařované spoje

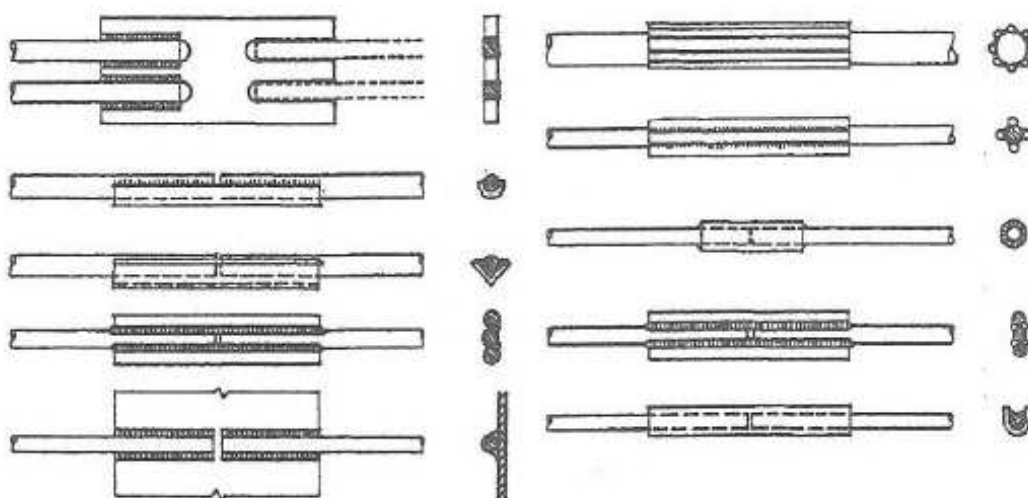
Svařované styky výztuže jsou jedny z nejběžnějších druhů styků. Jedná se o velice spolehlivý způsob spojování výztuže. Svařování je prováděno pomocí dodatečně vložených spojovacích prvků, které jsou navařeny na vyčnívající výztuž. Tyto spojovací prvky mohou být

tvořeny stykovacími destičkami (viz. obr. 2.7), prutové příložky (viz. obr. 2.8, 2.9), nebo k sobě mohou být svařeny rovnou protilehlé pruty prefabrikovaných prvků.



### 2.7 - - Stykování výztuže přivařením ke stykovací (ocelové) destičce, [14]

Stykovací destičky jsou využívány v případě, že je potřeba spojit větší množství prutů výztuže v jednom místě. Tuhost této destičky je velmi důležitým faktorem. Pro správné zaplnění styku závlivkovou směsí jsou v těchto destičkách provedeny otvory. Vzhledem k umístění destičky pod pruty výztuže dojde jejím přivařením k jisté výstřednosti v místě spoje. Dojde tedy k vnesení excentricity do působení vnitřních sil.



### 2.8 - Stykování výztuže pomocí přivaření příložek, [14]

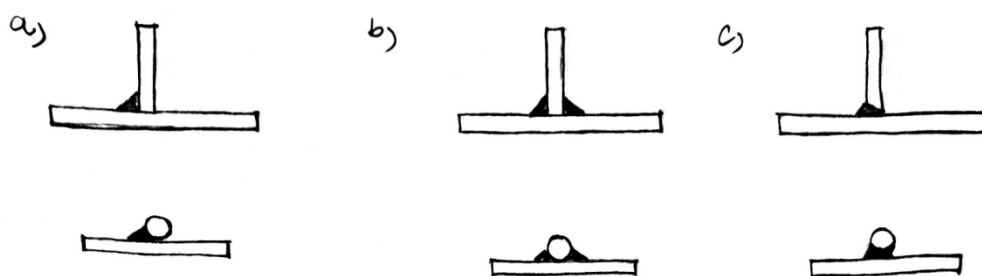
Prutové příložky jsou využívány v případě, že je potřeba spojit pouze jednotlivé pruty výztuže. Příložky mohou být z betonářské oceli, páskové oceli, z ocelových úhelníků atd. Při tomto provedení svařovaného spoje lze minimalizovat vzniklou výstřednost. Toho lze docílit symetrickým umístěním příložek (viz. obr. 2.9). Zároveň je u tohoto spoje snadnější prostup závlivkové směsí.



### 2.9 - Provedení spoje ocelovými prutovými příložkami [21]



Při svařování tažených prutů je potřeba vysoká přesnost výroby i montáže. Nejčastěji se využívají koutové svary, ojediněle svary na tupo (viz. obr. 2.10). Jednostranné svary jsou nevhodné. [14]



2.10 - typy svarů

a) koutový svar jednostranný

b) koutový svar oboustranný

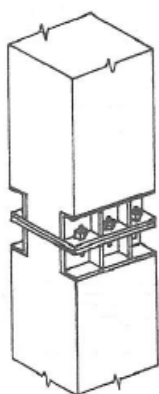
c) tupý svar

Ke spojování tlčené výztuže se používají ocelové botky, kotevní destičky nebo příložky. U těchto styků je menší kotevní délka prutů výztuže. Dochází ke zvýšení tuhosti styku a ke zlepšení podmínek pro přenos tlakového namáhání. [14]

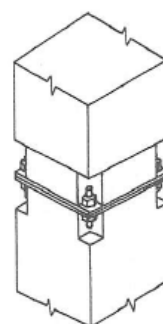
### 2.3.2 Šroubované spoje

Tyto spoje mají velký rozsah uplatnění. Jsou používány nejen pro sloupové systémy, ale také pro stěnové systémy staveb. Jejich využití je hlavně u dočasných, rozebíratelných staveb. Provedení šroubového styku u stěnového systému je provedeno pomocí zabudovaných spojovacích profilů (většinou ocelových úhelníků), které jsou poté spojeny pomocí šroubů. Ve spojovacích profilech jsou předem připraveny otvory pro umístění spojovacích prvků. Toto řešení je vhodné i pro styky, kde je potřeba spojit více dílců. V tomto případě se však jedná spíše o kloubové spojení dílců. [14]

U sloupových systémů máme 2 varianty šroubových styků. Můžeme provést celý styk jako šroubový. Konce prvků budou tedy opatřeny ocelovou botkou, ve které budou připravené otvory. Skrze tyto otvory budou poté prvky sešroubovány k sobě. Takto prováděné styky lze považovat za tuhé (viz. obr. 2.11), ale i za kloubové (viz. obr. 2.12). Záleží na pevnosti, resp. tuhosti provedeného spoje. Výhodou těchto styků je možnost případné demontáže.



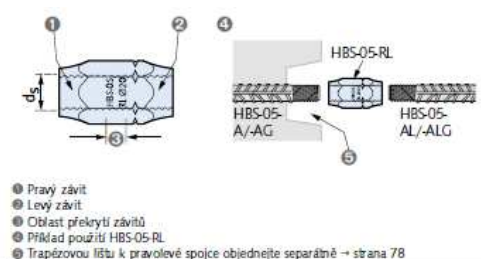
2.11 - styk sloup-sloup, tuhý [14]



2.12 - styk sloup-sloup, kloub [14]

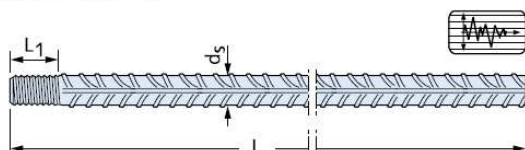
Druhou variantou je šroubové spojení pouze tažených prutů výztuže. Tímto způsobem lze spojovat vždy pouze dva pruty výztuže. U tohoto způsobu spojování je důležité dbát na výrobu prvků již v prefě. Je potřeba ohlídat správné směry závitů na prutech výztuže, zároveň je potřeba precizního provedení ochranných krytek těchto částí. Existuje několik možností, jak tyto spoje prutů výztuže provést.

Jedním ze spojovacích prvků jsou pravolevé závitové spojky (viz. obr. 2.13). V tomto případě je výztuž spojovaných dílců opatřena závitem na vyčnívající části (viz. obr. 2.14). Při spojování dvou dílců je potřeba, aby v každém z nich byl jiný směr závitu. Na stavbě dojde k uložení dílců na místo jejich zabudování. Poté se pruty výztuže sešroubují k sobě pomocí pravolevých závitových spojek a následně je celý spoj zaplněn cementovou směsí.



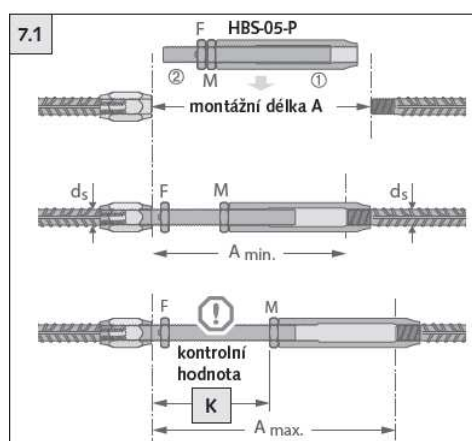
### 2.13 - spojka s pravolevým závitem, HALFEN HBS-05-RL [11]

Šroubové spojení s maximální tažností, vhodné pro budovy v oblastech náchylných k zemětřesení



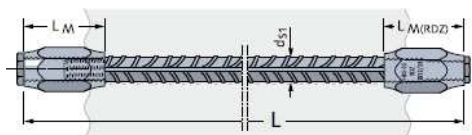
### 2.14 - prut se závitem, HALFEN HBS-05-A-Seismic, speciální typ pro budovy v oblastech zemětřesení [4], stejné zakončení mají i pruty pro běžné použití

Dalším spojovacím prvkem jsou rektifikační spojky (viz. obr. 2.15). Tyto spojky slouží ke spojení prutů, se kterými nelze otáčet. Podélnou objímku je potřeba natočit na závit napojovacího prutu, přes zafixovanou matici „F“ se zatočí potřebným momentem závitový čep do prutu s objímkou a volnou maticí „M“ je třeba zajistit proti podélné objímce. Musí být dodržen maximální kontrolní rozměr „K“, který slouží ke kontrole dostatečné délky zašroubované části výztuže. [5]



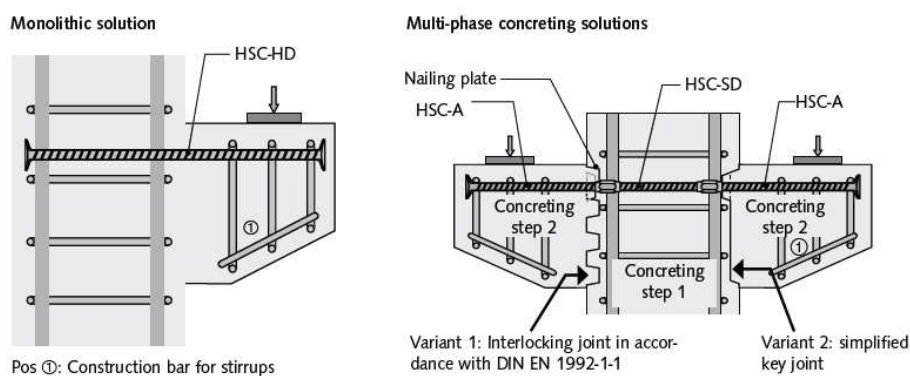
### 2.15 - rektifikační spojka, HALFEN HBS-05-P [5]

Dalším případem spoje je například propojení výztuže skrz jiný prvek. Tento spoj lze provést zabetonováním prutu se dvěma šroubovanými objímkami (viz. obr. 2.16). Do těchto objímk se pak našroubuje další část výztuže. Existují jak typy, které zachovávají průměr prutu, tak typy, které umožňují změnu průměru prutů výztuže.



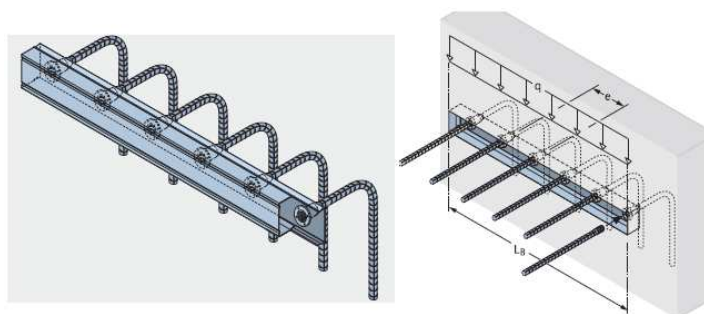
**2.16 - prut se dvěma šroubovanými objímkami umožňující změnu profilu výztuže, HBS-05-SRZ, [8]**

Další možností jsou například speciální spojky pro připojení krátkých konzol (viz. obr. 2.17). Tyto prvky jsou zakončeny „kotvou“, která je tvořena ocelovou destičkou. Tato kotva slouží k zachycení výztužných prvků za vyvázanou výztuž konstrukce. Tyto prvky lze použít při kombinaci prefabrikace a monolitu, nebo u pouze monolitických konstrukcí. [6; 9]



**2.17 - možnost využití prvků HALFEN HSC (různé typy) [6]**

Šroubové spoje výztuže lze použít i v místech napojení prefabrikátu s monolitem, popř. v místě napojení dvou monolitických částí (viz. obr. 2.18). Do prefabrikátu, resp. do dříve betonovaného prvku, se vloží prvky s pevnou závitovou hlavicí. Poté se do hlavic našroubují navazující pruty výztuže a provede se betonáž. Takto lze nahradit například vylamovací výztuž.

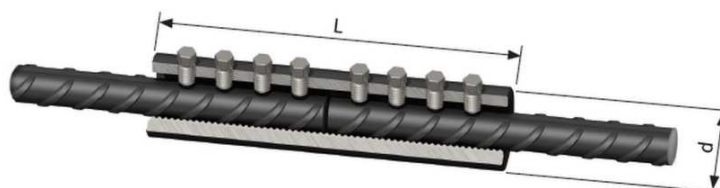


**2.18 - prvek sloužící k napojení např. prefabrikátu s monolitem, HALFEN HBS-05-Box [8]**

Všechny tyto spojovací prvky od výrobce Halfen jsou dodávány pro pruty o průměru od 12 do 32 mm. Pruty výztuže jsou zakončeny kónickým náběhem, který se dá snadno zašroubovat do spojky. Dále je potřeba použít speciální nástroj, kterým se výztuž zašroubuje na celou délku závitů. Díky tomu dojde k rozšíření objímky, čímž dojde ke spojení prutu s objímkou bez možnosti prokluzu. Jedná se o tzv. samosvorný systém. [11; 6]

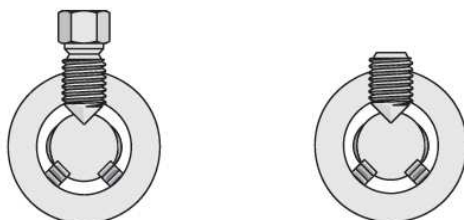
### 2.3.3 Bezzávitové spojky

Na rozdíl od šroubových spojek lze tento typ spojky použít bez speciální úpravy prutů výztuže. Dají se použít pro spojení výztuže stejného průměru (viz. obr. 2.19), ale i pro spojení výztuže s odlišným průměrem. Možnosti spojovaných průměrů udává výrobce.



2.19 - bezzávitová spojka, HALFEN MBT T [10]

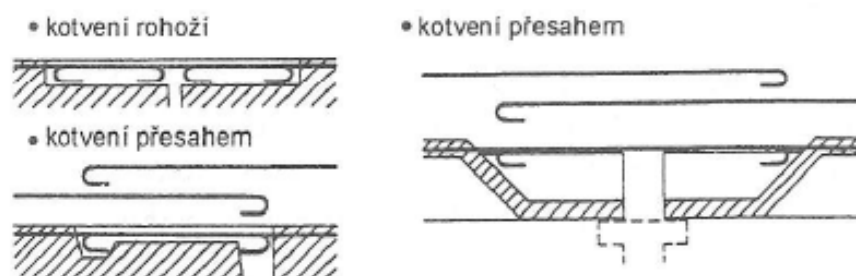
První prut výztuže se zasune přibližně do poloviny spojky nebo po zarážku uvnitř spojky. Poté je potřeba ručně utáhnout šrouby, aby nedošlo k posunu spojky. Stejný postup se opakuje i s druhým prutem výztuže. Dále musíme zkontrolovat, zda je spojka ve správné poloze. Na závěr jednotlivě dotáhneme šrouby pomocí nástroje tak, aby došlo k odtržení hlav těchto šroubů (viz. obr. 2.20). [7].



2.20 - schéma příčného řezu bezzávitovou spojkou - ručně dotažený šroub, finálně dotažený šroub s odtrženou hlavou, HALFEN MBT T [10]

### 2.3.4 Stykování výztuže

Tento způsob spojování výztuže je spjat s mokrým procesem na stavbě. Je nutné dobetonovat část dílce, kde dochází ke stykování výztuže. Nastykování je možné provést pomocí rohože nebo pomocí přesahu prutů výztuže (viz. obr. 2.21). Spoje jsou náročnější na spotřebu oceli. Jednotlivé pruty stykované výztuže je potřeba vzájemně dostatečně pevně spojit. Takovýto spoj se používá převážně v místě tahového namáhání prvku.



2.21 - Stykování výztuže přesahem, kotvení rohoží, [14]

Při provádění styku je důležité, aby byl přesah prutů dostatečný. Délku přesahu vypočítáme pomocí tohoto vzorce z normy [15]:

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

kde:

$l_{b,rqd}$  - základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma_{sd}}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$\sigma_{sd}$  - návrhové namáhání prutu v místě, odkud se měří přesah

$f_{bd}$  - návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$$

$f_{ctd}$  - návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu

$\eta_1$  - součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti a poloze prutu během betonáže

= 1,0 při dobrých podmínkách

= 0,7 v ostatních podmínkách

$\eta_2$  - součinitel závislý na průměru prutu

= 1,0 pro  $\varnothing \leq 32\text{mm}$

=  $(132 - \varnothing)/100$  pro  $\varnothing > 32\text{mm}$

$\alpha_1$  - součinitel vyjadřující vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu

$\alpha_2$  - součinitel vyjadřující vliv minimální betonové krycí vrstvy

$\alpha_3$  - součinitel vyjadřující vliv ovinutí příčnou výztuží

$\alpha_4$  - součinitel vyjadřující vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů

$\alpha_5$  - součinitel vyjadřující vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v navrhované kotevní délce

$\alpha_6$  - součinitel

$$\alpha_6 = \left(\frac{\rho_1}{25}\right)^{0,5} \leq 1,5$$

$\rho_1$  - procento výztuže stykované přesahem v oblasti  $0,65 * l_0$  od osy přesahu (v obou směrech)

$l_{0,min}$  - minimální délka přesahu

$$l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15 * \varnothing; 200\text{mm})$$

Pruty výztuže musí být dostatečně zakotveny, aby se síly v soudržnosti přenesly do betonu bez vzniku podélných trhlin nebo rozštěpení betonu. [15]

Namísto vybrání pro umístění výztuže lze celé prvky provést jako prefa-monolitické. V takovém případě jsou dílce vyrobeny bez horní podélné nosné i konstrukční výztuže. Tato výztuž je doplněna na stavbě a je připevněna ke třmínkům (popř. konstrukční výztuži), které vyčnívají z dílce. Jedná se tedy o specifický druh spoje přesahem. (viz. obr. 2.22)



2.22 - prefa-monolitické provedení spoje dílců [21]

### 2.3.5 Provedení spoje na stavbě

Nejen návrh styku má vliv na jeho tuhost. Dalším faktorem ovlivňujícím tuhost spoje je jeho provedení na stavbě. Spoje lze řešit jako mokré nebo suché, jak již bylo vysvětleno v kapitole 2.1. Jednotlivé dílce musí být chráněny proti korozi stykových prvků. Zároveň musí být zabráněno korozi uvnitř provedeného styku.

Pryžové, popř. neoprénové ložisko se používá při kloubových spojích. Využití těchto ložisek je hlavně při osazování dílců na trn. Prefabrikované dílce nelze ukládat přímo na sebe. Mohlo by zde docházet ke koncentraci napětí v místě nerovností. Ložisko zabrání vzniku lokálních napětí a umožní přenos zatížení celou plochou spoje. Při použití ložisek je důležité dbát na rovnoběžnost stykových ploch dílců, aby nedocházelo ke vzájemnému posunu. Zároveň je potřeba očistit stykové plochy hlavně od mastných látek. Nepřesnosti v tloušťce je možné vyrovnat vložním ocelového plechu pod ložisko, popř. doplněním cementovou směsí.

Ložisko má výrazně nižší modul pružnosti v tlaku než betonové dílce. V důsledku toho vznikají v okolí ložisek vodorovná tahová napětí. Velikost těchto napětí částečně závisí i na výšce ložiska. Při vyztužení ložiska je možné snížit namáhání prefabrikovaných dílců.

Další variantou provedení spoje je pomocí cementové zálivky. Tyto spoje jsou prováděny v tloušťce 5-15 mm, při větších rozměrech (více než 25mm) je potřeba vyztužit spáru příčnou výztuží. Pro vyztužení spáry je použita svařovaná mřížka, která zabraňuje porušení spáry příčným tahem. Při tloušťce spáry více než 25mm se zároveň cementová malta nahradí stykovým betonem. [14]

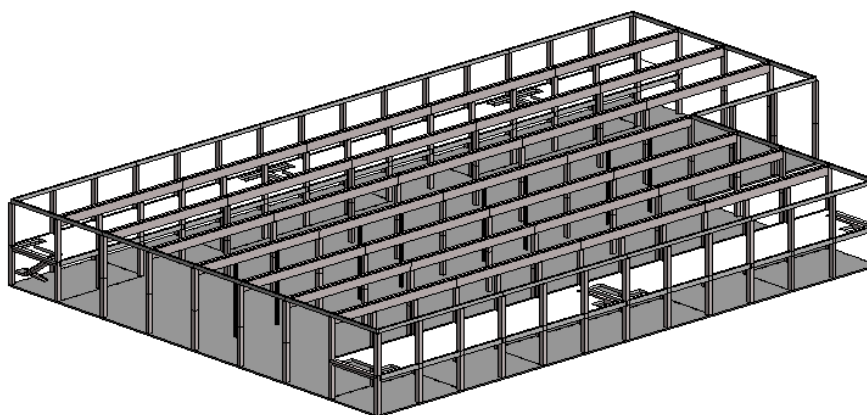
### 3. ANALÝZA VYBRANÉHO SPOJE

#### 3.1 REFERENČNÍ STAVBA

K analýze typového detailu byla vybrána halová stavba se sloupovým podélným systémem, jejíž konstrukční schéma je na obr. 3.1. Budova je určena pro průmysl. Daná stavba je rozčleněna na několik vnitřních pronajímatelných hal, které jsou zrcadlově uspořádané. Nad částí půdorysu je vytvořeno patro, které slouží jako administrativní zázemí ke každému provozu.

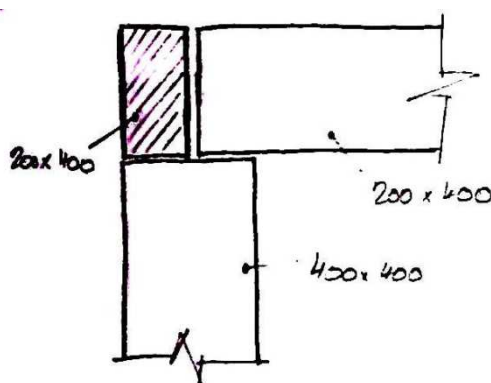
Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny sloupy v pravidelné síti 5x6 m a schodišťovými stěnami. Vodorovné konstrukce jsou tvořeny liniovými prvky – průvlaky, trámy a vazníky. Výjimkou jsou stropní panely Spiroll, které jsou umístěny v prostoru zázemí.

Dělicí konstrukce jsou tvořeny panelovými prvky umístěnými po obvodě jednotlivých provozů. Dále je zde použit zdící systém Ytong, který je použit v zázemí pro zaměstnance a v administrativní části jednotlivých hal.



3.1 - zjednodušený 3D model průmyslové haly z programu Revit

Sklon střešního pláště je řešen výškovým rozdílem jednotlivých sloupů. Vnitřní sloupy mají tedy odlišnou výšku (v podélných osách je výška sloupů stejná). Obvodové sloupy mají speciálně upravenou hlavu. Část, která nese ztužující nosníky, má neměnnou výšku po celém obvodu stavby. Část nesoucí střešní „T“ vazníky má odskákanou výšku tak, aby bylo docíleno požadovaného sklonu střešního pláště. Tato část hlavy odpovídá výšce sloupů v dané podélné ose. Rohové sloupy, které nesou pouze ztužující/okapové nosníky, nemají výše zmiňovanou upravenou hlavu.



3.2 - schéma uložení ztužujících trámů na rohový sloup

### 3.2 NÁVRH TYPOVÝCH DETAILŮ REFERENČNÍ STAVBY

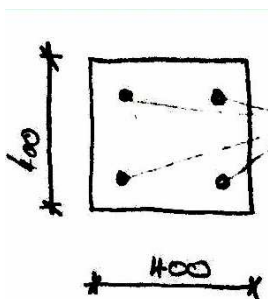
V rámci řešení halové stavby, bylo potřeba navrhnout spoje všech nosných prvků výše uvedené budovy. Orientační rozměry byly navrženy již v předmětu P02C. Prvky byly navrhovány pomocí předběžného statického výpočtu.

Typické spoje budou v následujících odstavcích stručně popsány. Podrobně bude řešen pouze spoj spojitých průvlaků v místě napojení sloupů. Pro tento spoj je navrženo několik variant řešení, podrobněji uvedeno v kapitole 3.5.

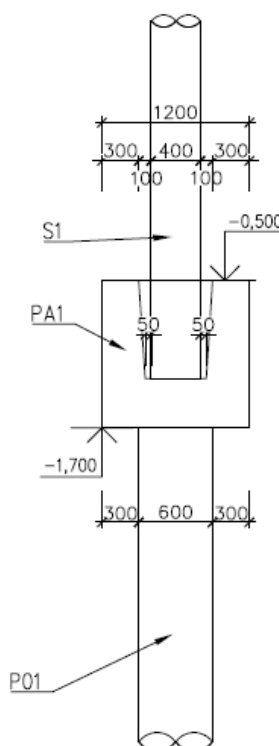
Sloupy jsou navrženy všechny o stejném průřezu - 400 x 400 mm (viz. obr. 3.3). Lišit se mohou pouze výškou a vyztužením. Sloupy jsou výškově odlišné, čímž tvoří sklon střešního pláště. Po obvodě jsou na sloupech uložena ztužidla obdélníkového průřezu, v prostoru haly jsou na sloupech uloženy střešní „T“ vazníky. U rohových a krajních sloupů musí být do návrhu výztuže započítán i účinek větru. Při předběžném návrhu bylo uvažováno se stupněm vyztužení 2%. Vzhledem k rozměrům sloupu vychází plocha výztuže poměrně veliká (3200 mm<sup>2</sup>). To odpovídá vyztužení sloupu 4 pruty  $\varnothing$  32 mm.

Napojení sloupů je provedeno v úrovni stropní konstrukce. Skrz spoj sloupů prochází spojitý průvlak. V hlavě spodního sloupu vyčnívá výztuž, která je provlečena skrz průvlak. V patě horního sloupu je tato výztuž přivařena k ocelovým botkám. Jedná se tedy o tuhý nekontaktní styk sloupů.

Do základové konstrukce jsou sloupy napojeny pomocí kalichových patek (viz. obr. 3.4). Vnější rozměry těchto patek jsou 1200x1200 mm. Patky tvoří hlavičky pilot, které mají průměr 600mm.



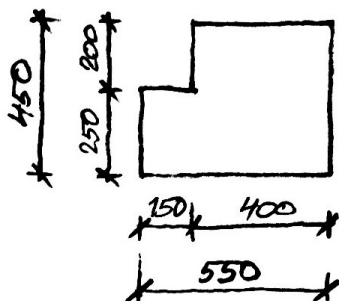
3.3 - rozměry sloupů



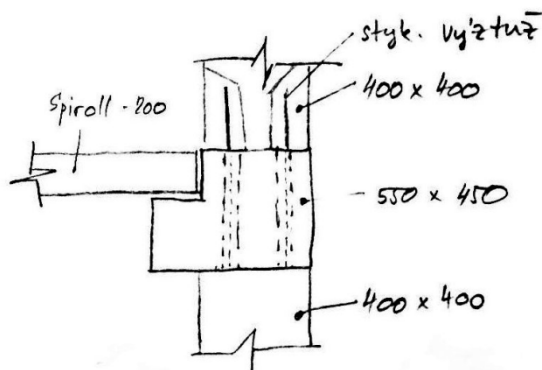
3.4 - schéma založení sloupu do kalichové patky



Průvlak vedoucí přes sloupy má průřez tvaru „L“ o rozměrech - 550 x 450 mm (viz. obr. 3.5). Tento průvlak je spojený přes tři pole, má tedy délku 15 metrů. Poté jsou průvlak spojujány v místě sloupů. Tvar průřezu byl navržen tak, aby na průvlak mohly být uloženy stropní panely Spiroll (tloušťky 200 mm). Dojde tak k vytvoření stropní roviny bez výčnělků (viz. obr. 3.6).

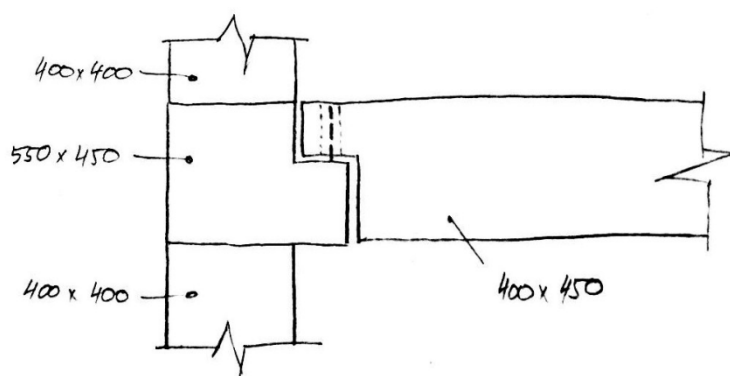


3.5 - rozměry spojeného průvlaku

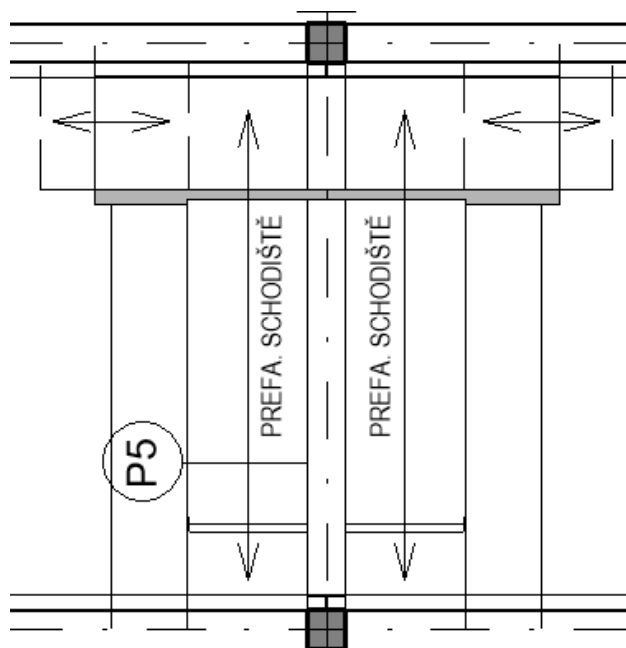


3.6 - schéma uložení stropních panelů na spojený průvlak

Na spojeném nosníku je také uložen trámobdélňíkového průřezu o rozměrech - 400 x 450 milimetrů, délky 6 metrů. Je osazen na trn (kloubově uložen), jak je znázorněno na obr. č. 3.7. Vzhledem k osově souměrnému uspořádání schodišť, zde vznikl úzký prostor, který nebylo možné vyplnit stropními panely. Tento trám je umístěn ve vzniklém prostoru mezi schodišťovými rameny a na krajích halového objektu (viz. obr. 3.8).



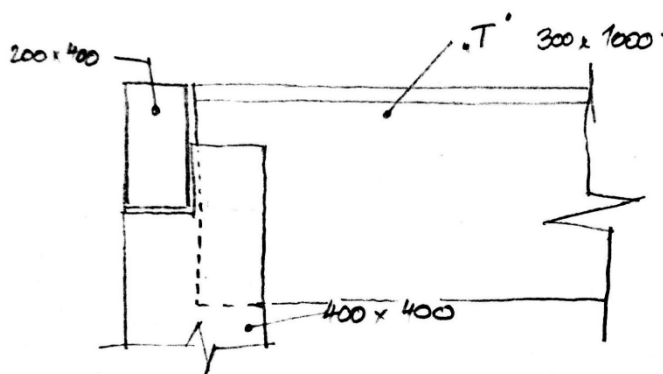
3.7 - schéma napojení mezischodišťového trámu na spojený průvlak - spoj na ozub s trnem



3.8 - výřez výkresu skladby v místě schodišť, P5 - mezischodišťový trám

Trám tvoří ztužení haly v příčném směru přibližně v polovině sloupů (vždy pouze na bočních stranách). Ztužení po celém obvodu haly tvoří střešní ztužidla (trámy) obdélníkového průřezu o rozměrech - 200x400 mm. Tato ztužidla působí jako prosté nosníky. Mají délku 6 metrů a jsou uloženy na hlavách sloupů (osazeny na trn). (viz. obr.3.2; 3.9)

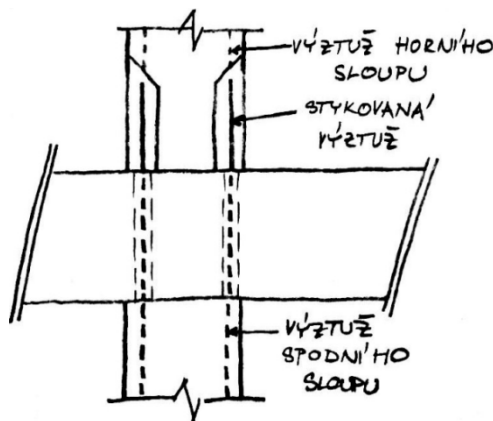
Dalším navrženým prvkem jsou střešní vazníky průřezu „T“ o rozměrech - 300 x 1000 mm. Tyto vazníky jsou uloženy na upravenou hlavu sloupů, jak již bylo řečeno v kapitole 3.1. Vazníky jsou z hlediska únosnosti značně předdimenzované. Jejich velikost je však velmi významná pro zajištění stability lehkého střešního pláště.



3.9 - schéma uložení ztužujícího nosníku a „T“ vazníku v hlavě sloupu

### 3.3 GEOMETRIE SPOJITÉHO PRŮVLAKU

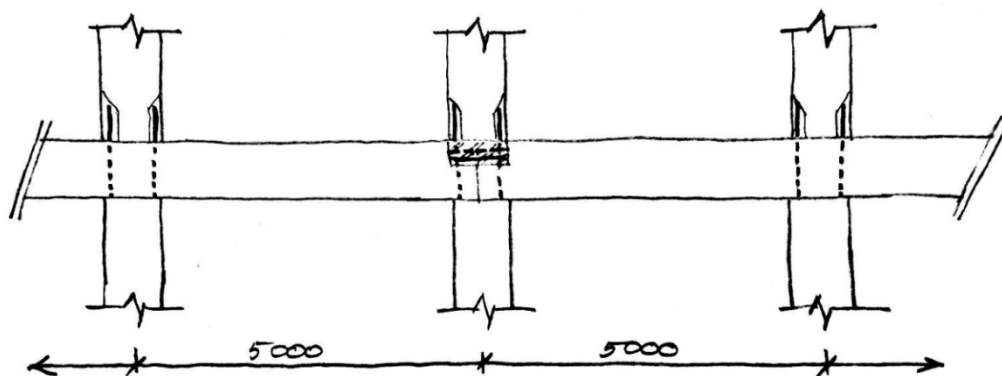
Je zde navržen nekontaktní spoj sloupů. Výztuž z hlavy dolního sloupu prochází kruhovými otvory v průvlaku. V patě horního sloupu bude tato výztuž přivařena k „L“ profilům, které tvoří botky v patě sloupu a jsou spojeny s výztuží tohoto sloupu. Tímto způsobem dojde k propojení výztuže obou sloupů. Takto provedený spoj sloupů je považovaný za tuhý styk.



3.10 - schéma nekontaktního spoje sloupů: výztuž spodního sloupu protažena skrz průvlak a přivařena k patě horního sloupu

Navržený průvlak je spojený přes tři pole - 3 x 5 metrů. V místě sloupu je poté spojován s navazujícím průvlakem (viz. obr. 3.11). Pro spoj průvlaků je zásadní styk výztuže při horním povrchu, tedy ohybové výztuže. Ve spodní části průřezu dochází k přenosu tlakového namáhání, je zde tedy potřeba důkladné vyplnění spoje cementovou maltou - zmonolitnění spoje. Tento styk se dá řešit několika způsoby - svařováním výztuže, šroubovým spojem, bezšroubovými spojkami, přesahem betonářské výztuže nad podporou. Každá z uvedených variant má své výhody i nevýhody. Je tedy nutné pečlivě zvážit, kterou variantu zvolit.

Tvar spoje vychází z jeho umístění. Je nutné spojit ohybovou výztuž průvlaku v místě sloupů a zároveň zde musí zůstat dostatek místa pro průchod výztuže spodního sloupu. Musíme zohlednit nepřesnosti výroby prvků (velikost a umístění otvorů) a manipulační prostor pro provádění styků výztuže průvlaku. Dalším důležitým faktorem je zmonolitnění spoje. Je potřeba zajistit dostatečný prostor v takové velikosti, aby se při vyplnění spoje cementová zálivka dostala do celé plochy. V horní části průvlaku bude tedy vybrání o neznámých rozměrech, resp. se rozměry budou lišit dle typu spoje. Pro každou variantu spoje je nutné provést ověření velikosti spoje, zda je možné tento spoj realizovat.



3.11 - schéma provedení spoje spojitého průvlaku v místě sloupů

### 3.4 NÁVRH VÝZTUŽE

Návrh výztuže je prováděn pro část průvlaku nad podporou. Jedná se tedy o výztuž při horním líci prvku. Potřebujeme zjistit, kolik prutů je, resp. bude, potřeba spojit, a jestli je to vzhledem k rozměrům průřezu vůbec možné.

Materiály:        BETON C 30/37  
                      OCEL B 500B

**NÁVRH: 5 Ø 20 mm**

$$A_{s,prov} = 1570 \text{ mm}^2$$

$$M_{Rd} = 256,64 \text{ kNm}$$

Podrobný statický výpočet a návrh výztuže viz. Příloha č.01. Veškeré výpočty byly prováděny pomocí [12] a [15].

Při návrhu spoje bylo potřeba změnit umístění výztuže tak, aby nedocházelo ke kolizi výztuže průvlaků s výztuží sloupu. Byla provedená kontrola, zda jsou konstrukční zásady splněny i po úpravě polohy výztuže (viz. Příloha č. 02).

Při úvaze, že ve styku průvlaků bude dokonalý přenos ohybového momentu, je nutné zde zachovat stejný počet prutů výztuže. Musíme tedy stykovat 5 prutů o průměru 20 mm.

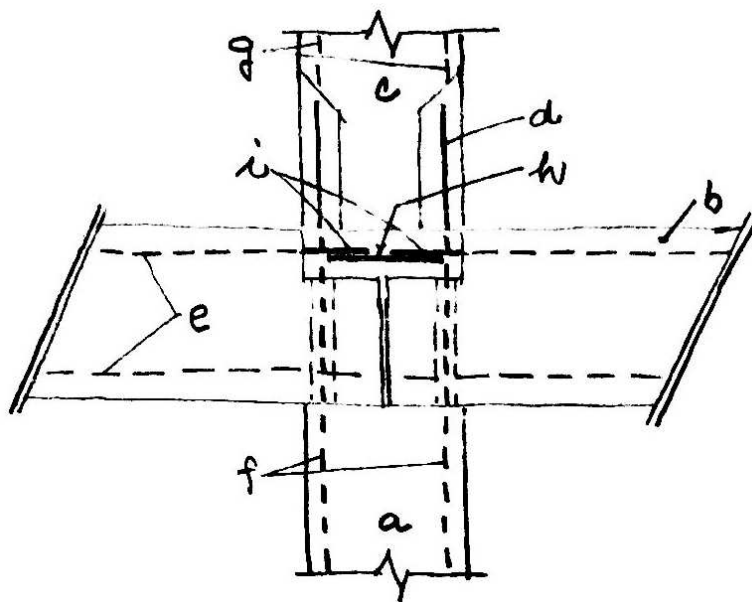
Za předpokladu provedení tuhého spoje, nastane změna statického působení spojitého nosníku. Z nosníku o třech polích se stane spojitý nosník o dvanácti, resp. patnácti polích. Dojde tedy ke značné změně ohybových momentů. Navržená výztuž bude výrazně předimenzovaná, čímž bude návrh na straně bezpečnosti.

### 3.5 VARIANTY SPOJE

Vzhledem k nekontaktnímu spoji sloupů je nutno navrhnout kontaktní styk spojitého nosníku. Zde je tedy návrh tří, resp. čtyř možností provedení spoje. Všechny varianty jsou navrženy jako tuhé spoje. Dochází tedy k přenosu vnitřních sil včetně ohybových momentů.

Schémata všech níže uvedených spojů jsou v příloze č. 02.

#### 3.5.1 Varianta 1 - svařovaný spoj



3.12 - schéma spoje sloupů s průvlaky - napojení prutů výztuže průvlaků svařením s ocelovou spojkou (destičkou)

- a - dolní sloup
- b - „L“ průvlak
- c - horní sloup
- d - stykovácí výztuž sloupu - přivařena k příložkám v patě horního sloupu
- e - výztuž průvlaků
- f - výztuž dolního sloupu
- g - výztuž horního sloupu
- h - ocelová spojka - přivařena ke stykové výztuži průvlaků
- i - stykovácí výztuž průvlaků

První varianta spojení průvlaků je svařovaný styk.

Tato varianta je pravděpodobně jedno z nejpoužívanějších, avšak poměrně zastaralých provedení. Ohybová výztuž obou průvlaků je přivařena k ocelové spojkce. Tuto ocelovou spojku tvoří ocelová destička, ve které jsou vytvořeny otvory pro průchod cementové malty (při zmonolitnění spoje). Svařováním dochází k dodatečným změnám ve vlastnostech betonářské výztuže. Navíc je zde riziko, že dojde k nedokonalému zaplnění spoje z důvodu hustého rozmístění výztuže (resp. plošnému ocelovému spoji).

Při návrhu spoje je nutné ověřit polohu prutů výztuže navrhnout rozměry ocelové spojovací destičky. Tato destička musí být dostatečně velká nejen pro přivaření výztuže, ale i pro vytvoření otvorů, které slouží pro průchod cementové malty. Velice důležitá je také tloušťka destičky. Průřezová plocha destičky v místě, kde již neprochází pruty výztuže průvlaků, musí odpovídat průřezové ploše těchto prutů.

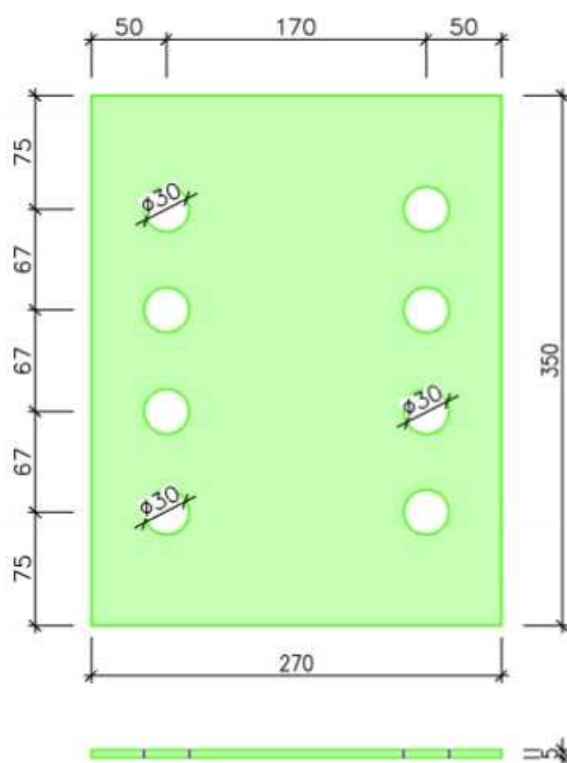
Rozměry ocelové destičky byly navrženy z polohy nosné výztuže sloupu a průvlaků. Její rozměry jsou 270x350 mm. V destičce je umístěno osm otvorů o průměru 30 mm. Tyto otvory jsou umístěny vždy mezi pruty výztuže průvlaků. (viz obr. 3.13)

Návrh tloušťky destičky:

- průřezová plocha výztuže průvlaků:  $A_s = 1570 \text{ mm}^2$
- průřezové rozměry destičky:  $350 \times „t_l“ \text{ mm}$

- tloušťka destičky:

$$t_l = \frac{A_s}{350} = \frac{1570}{350} = 4,48 \text{ mm} \doteq 5,0 \text{ mm}$$



3.13 - schéma ocelové spojky (destičky), M 1:5

Výhodou tohoto provedení je vysoká pevnost spoje. Jednou z dalších výhod je například znalost provádění v praxi. Vzhledem k dlouhodobému využívání svařovaných spojů je malá šance, že by byl spoj špatně proveden.

Největší nevýhodou této varianty je riziko nedokonalého vyplnění spoje cementovou maltou (zálivkou). Díky tomu může nastat pokles ohybového momentu, který má spoj přenést. Další nevýhodou je pracnost. Každý prut výztuže je potřeba oboustranně přivařit koutovým svarem.

### Cena svařovaného spoje

Cena svařovaného spoje je vypočtená pouze orientačně. Na obr. č. 3.14 je uvedena cena plechu tloušťky 5 mm od společnosti Feron. Cena svařování zde nebude započtena.

Výpočet:

- rozměry spojovací destičky: 270x350x5 mm
- celková plocha destičky:  $472500 \text{ mm}^2 = 4,725 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- plocha 1ks plechu:  $0,01 \text{ m}^2$
- cena plechu:  $1695,60 \text{ Kč/ks} = 169560 \text{ Kč/m}^2$  [17]

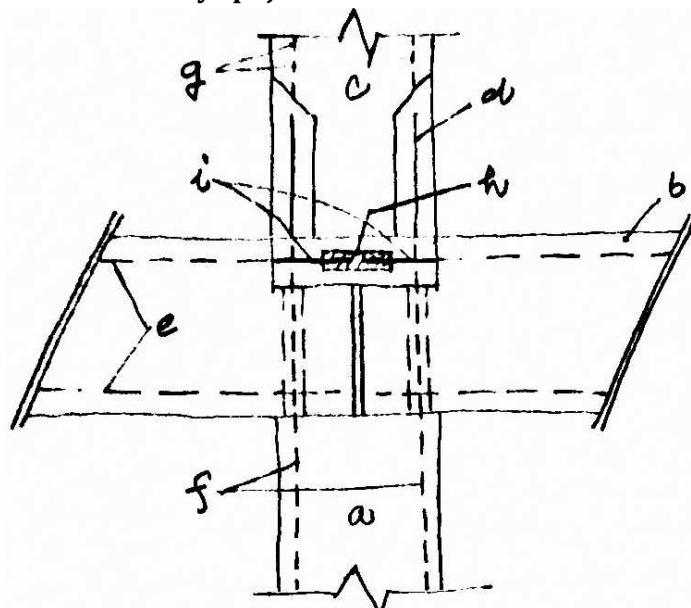
$$C_1 = \frac{1695,60}{0,01} * 4,725 * 10^{-4} = 80,12 \doteq \mathbf{81, -Kč}$$

Značka oceli / materiál	S235JR+N (1.0038) dle EN 10025-2
TDP	ČSN EN 10025-2
Hmotnost	78,5 kg/ks
Mezní úchylka tloušťky	±0,24 mm
Mezní úchylka rovinnosti	15 mm
Mezní úchylka šířky	+20 mm 0 mm
Hrany	přírodní neobstřížené
Cena bez DPH	<b>21,60 Kč / kg</b> <b>1 695,60 Kč / ks</b>
Minimální množství	78,500 kg / 1 ks

### 3.14 - cena ocelového plechu o rozměrech 5x1000x2000 mm, Feron [17]

Cena ocelového plechu tloušťky 5 mm je 81,- Kč. Celková cena spoje, včetně svařování, by tedy byla o něco vyšší.

### 3.5.2 Varianta 2 - šroubovaný spoj



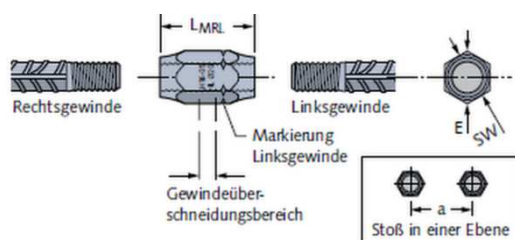
3.15 - schéma spoje sloupů s průvlaky: napojení výztuže se závity pomocí dvojjávitové spojky, resp. pomocí bezzávitové spojky se šrouby

- a - dolní sloup
- b - „L“ průvlak
- c - horní sloup
- d - stykovácí výztuž sloupu - přivařena k příložkám v patě horního sloupu
- e - výztuž průvlaku
- f - výztuž dolního sloupu
- g - výztuž horního sloupu
- h - dvojjávitová spojka; popř. bezzávitová spojka (Halfen)
- i - (závitová) stykovácí výztuž průvlaků

Druhou variantou je řešení spoje pomocí šroubových spojek s pravolevým závitem, popř. bezzávitovými spojkami. Obě řešení jsou si dost podobná. Podrobnější obecný popis těchto spojů je již uveden v kapitolách 2.3.2 a 2.3.3.

Tato varianta je při správném provedení velmi spolehlivá. Výrobci spojovacích prvků zaručují přesnost výroby a deklarovanou pevnost. Na trhu je široký sortiment spojovacích prostředků. Vždy je potřeba vybírat všechny prvky spoje od jednoho výrobce, aby byla zaručena kompatibilita prvků.

Jedná se o spoj poměrně náročný na provedení. Při provádění spoje na stavbě je potřeba manipulovat se spojovacími prvky nejen při jejich umístění, ale i při jejich upevnění. Je třeba zajistit minimální požadovanou vzdálenost mezi jednotlivými spojkami (viz. obr. 3.16 a 3.17). Tato vzdálenost bývá udána výrobcem.



3.16 - napojení výztuže pomocí pravolevé závitové spojky, HALFEN HBS [8]



Navržená výztuž je 5 Ø 20 mm (viz. Příloha č.01). Osová vzdálenost mezi jednotlivými pruty je 66,5 mm, resp. 66 mm a 67 mm. Je tedy splněna podmínka na osovou vzdálenost prutů dle konstrukčních zásad (max. 250 mm) a zároveň je splněna minimální vzdálenost prutů udávaná výrobcem šroubových spojek (55 mm, viz. obr. 3.17).

R-/L-Verbindungsmuffe [mm]					
Artikelbezeichnung HBS-05- Stab - d <sub>5</sub>	Bestell-Nr.	Abmessungen			
		L <sub>M RL</sub>	a <sub>min</sub>	SW	E
RL - 12	00001	38	42	19	21,9
RL - 14	00002	44	46	22	25,4
RL - 16	00003	50	48	24	27,7
RL - 20	00004	62	55	30	34,6
RL - 25	00005	77	67	36	41,6
RL - 28	00006	86	76	41	47,3
RL - 32	00007	98	90	50	57,7

**3.17 - parametry návrhu šroubového spoje, HALFEN HBS [8]**  
a<sub>min</sub> - minimální osová vzdálenost spojek, resp. prutů výztuže

U bezzávitových spojů je též potřeba dostatek prostoru, jelikož dochází k upevnění prutů betonářské výztuže pomocí šroubů. Pruty výztuže jsou zasunuty po zarážku, popř. přibližně do poloviny spojky (viz. obr. 3.18) a poté jsou zafixovány ručním dotažením šroubů. Dotahování těchto šroubů je prováděno ze shora pomocí speciálního nástroje.



Identification	T10	T12	T14	T16	T18	T20	T22	T25	T26	T28	T30	T32	T36	T40
Rebar Ø [mm]	10	12	14	16	18*	20	22*	25	26*	28	30*	32*	36*	40*
Order no. 0710.010-	00002	00003	00004	00005	00012	00006	00013	00007	00014	00008	00015	00009	00016	00010
Outer coupler Ø d [mm]	33.4	33.4	42.2	42.2	48.3	48.3	48.3	54.0	66.7	66.7	71.0	71.0	85.0	81.0
Coupler length L [mm]	100	140	160	160	204	204	248	258	312	312	312	312	484	484
Socket size [mm]	13	13	13	13	13	13	13	16	16	16	16	16	19	19
Number of screws	4	6	6	6	8	8	10	8	10	10	10	10	14	14
Weight [kg]	0.52	0.72	1.25	1.25	2.00	1.96	2.38	3.00	5.91	5.80	6.68	6.50	15.30	11.30

\* Couplers of these diameters are not included in the approval.

**3.18 - parametry bezzávitové spojky podle průměru prutů výztuže, HALFEN MBT T [7]**

Při použití bezzávitových spojek také poměrně snadno narůstá hmotnost uvnitř spoje. Na navrženou výztuž (Ø 20 mm) je určena spojka o hmotnosti 1,96 kg (viz. obr. 3.18). Navrženo je zde 5 prutů výztuže. Celková hmotnost spoje by tedy byla 9,8 kg.

Mezi hlavní výhodu těchto spojů patří rychlost provedení. Jakmile dojde ke spojení prutů nosné výztuže, průvlaky začnou spolupůsobit. Nelze to považovat za tuhý spoj, dokud nebude provedena cementová zálivka.

Nevýhodou obou těchto variant (šroubového i bezzávitového provedení) je vysoká cena. U šroubového provedení je, kromě závitových spojek, třeba použít i speciální pruty výztuže, které jsou na konci opatřeny závitem (viz. obr. 3.16, 3.19, 3.20). Cena cementové malty (zálivky) je tedy v obou těchto případech zanedbatelná.

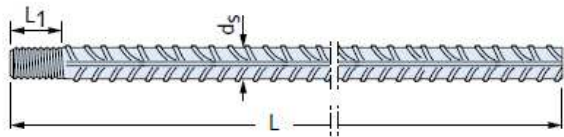
Mezi další nevýhody patří velká náročnost na přesnost výroby prvků. Při nedodržení odchylek, např. posunem výztuže, by mohlo dojít ke znemožnění provedení spoje. Další nevýhodou je pracnost. Je potřeba opravdu poctivě našroubovat, resp. dotáhnout spojovací prvky. Při nedokonalém provedení je zde riziko prokluzu (uvolnění) prutů výztuže ze spojky.

### Výpočet ceny šroubového spoje

Jak již bylo výše zmíněno, je potřeba spojit 5 prutů Ø 20 mm. Pro provedení jednoho spoje je tedy potřeba 10 prutů se závitem a 5 šroubových spojek. Cena jednoho prutu zakončeného závitem je 464,90 Kč (viz. obr. 3.19) a cena jedné spojky s pravolevým závitem je 327,40 Kč (viz. obr. 3.20).

$$C_2 = 10 * 464,90 + 5 * 327,40 = \mathbf{6\ 286,-Kč}$$

Celková cena jednoho spoje činí 6 286,- Kč. V celé referenční stavbě je těchto spojů 16. Celková cena všech spojů tedy činí 100 576,- Kč.

HBS-05-A					
Prut se závitem vč. ochrany závitů povoleno stavebním dozorem Z-1.5-189 Dodáváme i s levým závitom jako HBS-05-AL...					
					
artikl	rozměry [mm] d <sub>s</sub> /L	rozměry závitů	hloubka zašroubování L <sub>1</sub> [mm]	obj. č. 0053.	cena [Kč/ks]
Provedení: podle katalogu					
HBS-05-A	12/ 380	M12	16,5	030-00001	<b>164,50</b>
HBS-05-A	12/ 590	M12	16,5	030-00002	<b>173,40</b>
HBS-05-A	12/ 840	M12	16,5	030-00003	<b>191,40</b>
HBS-05-A	12/ 1160	M12	16,5	030-00004	<b>206,30</b>
HBS-05-A	14/ 970	M14	19,5	030-00007	<b>234,70</b>
HBS-05-A	14/ 1350	M14	19,5	030-00008	<b>249,70</b>
HBS-05-A	16/ 375	M16	22,5	030-00009	<b>245,20</b>
HBS-05-A	16/ 1085	M16	22,5	030-00010	<b>296,00</b>
HBS-05-A	16/ 1545	M16	22,5	030-00011	<b>336,40</b>
HBS-05-A	20/ 370	M20	28,5	030-00012	<b>275,10</b>
HBS-05-A	20/ 1350	M20	28,5	030-00013	<b>464,90</b>

3.19 - ceny prutů se závitom, HALFEN HBS [4]

**HBS-05-RL**  
Spojka s pravolevým závitem,  
povoleno stavebním dozorem Z-1.5-189

1 Právý závit  
2 Levý závit  
3 Oblast překrytí závitů  
4 Příklad použití HBS-05-RL  
5 Trapézovou lištu k pravolevé spojce objednejte separátně → strana 117

artikl	pro prut-Ø [mm] d <sub>s</sub>	obj. č.	cena
		0725.	[Kč/ks]
Provedení: podle katalogu			
HBS-05-RL	12	010-00001	210,80
HBS-05-RL	14	010-00002	245,20
HBS-05-RL	16	010-00003	278,10
HBS-05-RL	20	010-00004	327,40

### 3.20 - ceny spojek s pravolevým závitem, HALFEN HBS [4]

#### Výpočet ceny bezzávitového spoje

Pro provedení spoje pomocí bezzávitových spojek je potřeba pouze 5 těchto spojek. Cena jedné spojky pro pruty o Ø 20 mm je 1 720,70 Kč (viz. obr. 3.21).

$$C_3 = 5 * 1720,70 = 8\,603,5 \text{ Kč} \approx \mathbf{8\,604,-Kč}$$

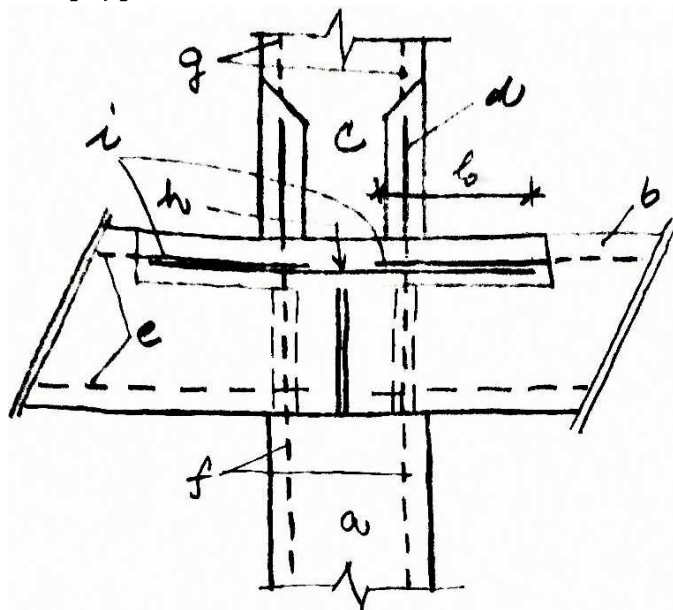
Celková cena jednoho spoje činí 8 603,5 Kč. V celé referenční stavbě je těchto spojů 16. Celková cena všech spojů tedy činí 137 656,- Kč.

**MBT T**  
Standardní objímka  
povoleno stavebním dozorem Z-1.5-10

artikl	pro prut-Ø [mm] d <sub>s</sub>	vnější-Ø d x délka L [mm]	obj. č.	cena
			0710.	[Kč/ks]
Provedení: podle katalogu				
MBT T 10	10	33,4 x 100	010-00002	958,30
MBT T 12	12	33,4 x 140	010-00003	1 185,50
MBT T 14	14	42,2 x 160	010-00004	1 300,70
MBT T 16	16	42,2 x 160	010-00005	1 357,50
MBT T 18 Ⓞ	18	48,3 x 204	010-00012	na vyžádání
MBT T 20	20	48,3 x 204	010-00006	1 720,70

### 3.21 - ceny bezzávitové objímky, HALFEN MBT T [4]

### 3.5.3 Varianta 3 - spoj přesahem



3.22 - schéma spoje sloupů s průvlaky: napojení výztuže průvlaků pomocí stykovací výztuže (příložek)

- a - dolní sloup
- b - „L“ průvlak
- c - horní sloup
- d - stykovací výztuž sloupu - přivařena k příložkám v patě horního sloupu
- e - výztuž průvlaku
- f - výztuž dolního sloupu
- g - výztuž horního sloupu
- h - stykovací příložka
- i - stykovací výztuž průvlaků
- $l_0$  - přesahová délka výztuže

Třetí varianta je řešena přesahem betonářské výztuže, resp. prutovou příložkou.

Tato varianta je z hlediska přenosu ohybového momentu nejlépe srovnatelná s monolitickým průvlakem. K výztuži průvlaků je připojena stykovací příložka. Délka této příložky vychází z geometrie spoje (viz. Příloha č.02) a z vypočtené délky přesahu výztuže (viz. Příloha č.03).

Výhodou této varianty je tedy snadné provedení a vysoká tuhost. Při provádění spoje budou průvlaky působit jako spojitě o třech polích. Po provedení spoje (včetně vytvrdnutí betonu) dojde ke změně statického schématu. Průvlak bude spojitý přes 12 polí, resp. 15 polí (na protější straně haly).

Vzhledem k provádění spoje mokřím procesem, však přijdeme o hlavní výhodu prefabrikovaných staveb - rychlost výstavby. Další nevýhoda je delší doba provádění spoje, což je úzce spojeno s mokřím procesem. Je třeba počkat, než beton částečně ztuhne, aby bylo možné stavět horní sloupy. Přesnou dobu by bylo třeba spočítat (vzít v úvahu hmotnost sloupu a částečnou pevnost betonu). Další nevýhodou je vyšší spotřeba výztuže.

Vypočtená délka přesahu je 460 mm. Podrobný výpočet je uveden v příloze č.03. Z geometrie spoje vyjde, že je potřeba prut dlouhý 940 mm (viz. Příloha č.02). Je zachován průměr prutů výztuže, příložky jsou tedy tvořeny 5 pruty  $\varnothing 20$  mm.

### Cena výztuže

Je napočítaná pro jeden spoj. Cenaza 1 m betonářské oceli o  $\varnothing$  20 mm je braná dle ceníku společnosti Kondor (viz. obr. 3.23).

Výpočet:

- počet prutů: 5
  - průměr prutu: 20 mm
  - délka prutu: 940 mm = 0,94 m
  - cena za 1 m (zaokrouhlena): 69,- Kč [16]
- $$C_{4a} = 5 \cdot 0,94 \cdot 69 = 324,3 \text{ Kč} \approx 325,- \text{ Kč}$$

Název produktu	Měrná jednotka (MJ)	Váha MJ	Základní cena za MJ bez/s DPH	Základní cena za kg bez/s DPH
Ocel betonářská 6mm v tyčích	m	0,22 kg	5,74 / 6,95 Kč	26,09 / 31,57 Kč
Ocel betonářská 8mm v tyčích	m	0,40 kg	9,77 / 11,82 Kč	24,42 / 29,55 Kč
Ocel betonářská 10mm v tyčích	m	0,62 kg	14,56 / 17,62 Kč	23,48 / 28,42 Kč
Ocel betonářská 12mm v tyčích	m	0,89 kg	20,32 / 24,59 Kč	22,83 / 27,63 Kč
Ocel betonářská 14mm v tyčích	m	1,21 kg	28,40 / 34,36 Kč	23,47 / 28,40 Kč
Ocel betonářská 16mm v tyčích	m	1,58 kg	37,13 / 44,93 Kč	23,50 / 28,44 Kč
Ocel betonářská 18mm v tyčích	m	2,00 kg	47,50 / 57,48 Kč	23,75 / 28,74 Kč
Ocel betonářská 20mm v tyčích	m	2,47 kg	57,00 / 68,97 Kč	23,08 / 27,92 Kč
Ocel betonářská 22mm v tyčích	m	2,98 kg	70,78 / 85,64 Kč	23,75 / 28,74 Kč
Ocel betonářská 25mm v tyčích	m	3,85 kg	93,68 / 113,35 Kč	24,33 / 29,44 Kč

### 3.23 - cena prutů betonářské výztuže [16]

Rozměry vybrání jsou navrženy z délky přesahu tak, aby bylo zajištěno správné vyplnění spoje betonovou směsí. Vybrání je na celou šířku průvlastku, délka je 500 mm na každém průvlastku. Celkové rozměry jsou: 1020 x 400 x 100 mm (viz. Příloha č.02).

### Cena betonové směsi

Cena betonu je uvažována přibližně 2600,- Kč/m<sup>3</sup>, podle ceníku společnosti Cemex (viz. obr. 3.24)

Výpočet:

- šířka vybrání: 400 mm = 0,4 m
  - délka vybrání: 1020 mm = 1,02 m
  - hloubka vybrání: 100 mm = 0,1 m
  - cena za 1 m<sup>3</sup> betonu: 2600,- Kč [3]
- $$C_{4b} = 0,4 \cdot 1,02 \cdot 0,1 \cdot 2600 = 106,08 \text{ Kč} \approx 107,- \text{ Kč}$$

## Betony podle ČSN EN 206+A1 a ČSN P 73 2404

Pevnostní třída	Stupně vlivu prostředí	S1 D <sub>max</sub> 22 mm		S3 D <sub>max</sub> 22 mm		S4 D <sub>max</sub> 22 mm	
		bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH	bez DPH	včetně DPH
C 30/37	X0, XC1, XC2			2 525	3 055	2 575	3 116
	XC3, XC4, XD1, XD2, XF1, XA1			2 575	3 116	2 625	3 176
	XA2			2 600	3 146	2 650	3 207
	XD3, XA3			2 680	3 243	2 730	3 303
	XF2, XF3, XF4			2 835	3 430	2 885	3 491

### 3.24 - cena betonové směsi [3]

#### Celková cena

Celková cena jednoho spoje je součtem ceny přílohek a ceny betonu.

$$C_4 = C_{4a} + C_{4b} = 325 + 107 = 432,- \text{ Kč}$$

Těchto spojů je na stavbě celkem 16. Cena všech spojů je 6912,- Kč.

## 3.6 POROVNÁNÍ VARIANT A JEJICH VYHODNOCENÍ

Jednotlivé výhody a nevýhody byly uvedeny již v předchozí kapitole. Jsou tedy zde uvedeny pouze stručně v tabulce.

	VÝHODY	NEVÝHODY
SVAROVANÝ SPOJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Znalosti spoje (prováděno léta)</li> <li>- cena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riziko nedokonalého vyplnění spoje zálivkou</li> <li>- Pracnost (svařování)</li> </ul>
ŠROUBOVÝ SPOJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rychlé provedení</li> <li>- Zaručená spolehlivost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cena</li> <li>- Potřeba speciálních prutů výztuže</li> <li>- Pracnost</li> <li>- Nárok na přesnost výroby dílců</li> </ul>
BEZZÁVITOVÝ SPOJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rychlé provedení</li> <li>- Zaručená spolehlivost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cena</li> <li>- Pracnost</li> <li>- Nárok na přesnost výroby dílců</li> </ul>
PŘESAHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- jednoduchost</li> <li>- znalosti provedení</li> <li>- cena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mokrý proces</li> <li>- doba trvání (spojeno s předchozím bodem)</li> </ul>

Porovnání vypočtených cen za jeden spoj.

	CENA JEDNOHO SPOJE	
SVAROVANÝ SPOJ	C <sub>1</sub> =	81,- Kč
ŠROUBOVÝ SPOJ	C <sub>2</sub> =	6 286,- Kč
BEZZÁVITOVÝ SPOJ	C <sub>3</sub> =	8 604,- Kč
PŘESAHA	C <sub>4</sub> =	432,- Kč

Za nejlepší možnost považuji variantu spojení výztuže přesahem. Dojde zde sice k prodloužení doby výstavby. Cena spoje je však podstatně nižší než u variant s využitím spojek (C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>).

## 4. ZÁVĚR

Tématem předložené bakalářské práce je tuhost spojů prefabrikovaných konstrukcí a její zajištění. Toto téma je velmi rozsáhlé a lze volit subjektivní přístup.

V úvodu této práce je stručné uvedení do problematiky prefabrikovaných konstrukcí a historie těchto staveb. V první části jsou obecně popsány možnosti řešení a provádění spojů prefabrikovaných dílců. Je zde uvedeno jejich základní rozdělení podle různých kritérií: dle tuhosti, dle provádění a dle přenosu silových účinků.

V další kapitole bakalářské práce jsou podrobně popsány způsoby stykování nosné výztuže prefabrikovaných dílců. Při provedení tuhého spoje dochází k přenosu všech vnitřních sil, včetně ohybových momentů. Výztuž tuhých spojů lze řešit několika způsoby: svařováním (k výztužným destičkám, popř. příložkám), speciálními spojkami, přesahem výztuže.

Dále jsou v bakalářské práci uvedeny typové spoje, které byly navrženy v referenční halové stavbě. Tyto spoje jsou zde velmi stručně popsány: jejich rozměry, umístění, působení.

Podrobněji je zde rozebrán návrh spoje průvlaků v místě uložení na sloup. Tento spoj byl navrhován jako tuhý, tzn. působí jako vetknutí a přenáší ohybový moment nad podporou. Byly navrženy tři, resp. čtyři varianty provedení spoje: svařovaný, šroubový, pomocí bezzávitové spojky a spoj přesahem.

Během navrhování a porovnávání spojů bylo zjištěno, že svařované spoje jsou velmi spolehlivé. Přenos ohybového momentu je zajištěn ocelovou destičkou, ke které jsou přivařeny pruty výztuže průvlaků. Tento styk je však poměrně pracný vzhledem k provádění oboustranných koutových svarů. Šroubové spoje, popř. spoje pomocí bezzávitové spojky byly vyhodnoceny, jako velmi náročné na přesnost výroby prefabrikovaných dílců. Zároveň jsou velmi pracné. Je potřeba poctivě dotáhnout každý závit. Největší nevýhodou obou těchto spojů je však vysoká cena. Poslední varianta spoje přesahem je srovnatelná s monolitickou konstrukcí. Provedení tohoto spoje je velmi jednoduché. Nevýhodou je vnesení mokrého procesu betonáže na stavbu, čímž dojde k prodloužení doby výstavby.

Všechny varianty byly porovnány z hlediska ceny, pracnosti a doby provádění. Nejdražšími variantami provedení jsou šroubové spoje a spoje pomocí bezzávitových spojek. Tyto spoje jsou velice spolehlivé, vzhledem k výrobcem deklarovaným vlastnostem. Na stavbě je však potřeba velmi pečlivě dodržet postupy provádění. Jako lepší varianty byly vyhodnoceny spoje prováděné svařováním nebo stykováním výztuže přesahem. Obě varianty spojů jsou spolehlivé, poměrně levné a v praxi známé. Nevýhodou svařovaných spojů je jejich pracnost. Jako nejlepší varianta byl shledán spoj proveden pomocí přesahu výztuže, resp. prutové spojky. Cena tohoto spoje je nízká, díky tomu je prodloužení doby výstavby spojené s provedením tohoto spoje zanedbatelné.



## 5. ZDROJE

### LITERATURA

- [1] BAŽANT Zdeněk, Ladislav ČÍRTEK, Petr ŠTĚPÁNEK. Betonové konstrukce II: Betonové konstrukce montované – část 1. Brno: VUT, 2006
- [2] BAŽANT Zdeněk, Ladislav ČÍRTEK, Petr ŠTĚPÁNEK. Betonové konstrukce II: Betonové konstrukce montované – část 2. Brno: VUT, 2006
- [3] CEMEX. Ceník 2020, Betonové směsi a speciální produkty. 2020
- [4] HALFEN. Ceník, 01/2020
- [5] HALFEN. Montážní návod, HALFEN HBS-05, INST\_HBS-05 04/18, 2019
- [6] HALFEN. Montážní návod, HALFEN HSC, INST\_HSC 08/19. 2019
- [7] HALFEN. Montážní návod, HALFEN MBT. INST\_MBT 05/17. 2019
- [8] HALFEN. Produktinformation technik, HALFEN HBS-05 SCHRAUBANSCHLUSS. 2018
- [9] HALFEN. Produktinformation technik, HALFEN HSC STUD CONNECTOR. 2016
- [10] HALFEN, Produktinformation technik, HALFEN MBT BEWEHRUNGSANSCHLUSS
- [11] HALFEN. Výrobní katalog, 02/2019. 2019
- [12] PROCHÁZKA Jaroslav, Alena Kohoutková, Jitka Vašková. Navrhování železobetonových konstrukcí. Příklady a postupy. 12/2018. ISBN: 978-80-01-05587-8
- [13] PROCHÁZKA Jaroslav, Jiří Šmejkal. Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. Praha: ČVUT, Fakulta stavební. 2018. ISBN 978-80-01-06518-1
- [14] WITZANY Jiří, Jan PAŠEK, Tomáš ČEJKA, Radek ZIGLER. Konstrukce pozedních staveb 70 – Prefabrikované konstrukční systémy a části staveb. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02656-6

### NORMY

- [15] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. Listopad 2006

### INTERNETOVÉ ZDROJE

- [16] Betonářská ocel - Betonářská výztuž. In: kondor.cz. [online]. [cit. 14.5.2020]  
Dostupné z: <https://www.kondor.cz/betonarska-vyztuz/c-1446/>
- [17] Plech válcovaný za tepla, EN 10051, rozměr 5x1000x2000. In: ferna.cz. [online]. [cit. 16.5.2020]  
Dostupné z: <https://online.ferna.cz/detail/22327/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-5x1000x2000>



- [18] Ing. arch. Mgr. Michaela Janečková. Konstrukční soustavy panelových domů, vývoj, typy a půdorysy. 4.1.2018. In: ESTAV.CZ. [online]. [cit. 4.5.2020]  
Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5773.konstrukcni-soustavy-panelovych-domu-jejich-vyvoj-a-typy-pudorysy>
- [19] Nájemní a výrobní haly v areálu PZ ŠKODA Plzeň. In: statikacizek.cz. [online]. [cit.16.5.2020]  
Dostupné z: <https://statikacizek.cz/najemni-a-vyrobni-haly-v-arealu-pz-skoda-plzen/>
- [20] ŽELEZOBETONOVÝ SKELET NA ZAKÁZKU. PREFA BRNO. In: prefabrno.cz. [online]. [cit. 4.5.2020]  
Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/haly/konstrukcni-systemy/zelezobetonovy-skelet-na-zakazku/>

#### **OSTATNÍ**

- [21] Archiv fotografií katedry betonových a zděných konstrukcí (Prof. Ing.Tomáš Vaněk, DrSc., Ing. Hana Hanzlová, CSc., Dos. Ing. Jitka Vašková, CSc.), ČVUT v Praze, Fakulta stavební
- [22] PŘEDNÁŠKA. Ing. Radek Štefan, Ph.D.. 133PSBZ, Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí. Přednáška B10. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí

## **Příloha č.01 - STATICKÝ VÝPOČET**

## Spojitéj průvlok - 3 pole

rozpětí 15m

zatěžovací šířka  $Z\check{s} = 3,00$  m

zatížení průvlokuj:

- stropní konstrukce (panely Spiroll), příčky Ytong
- plošné zatížení na stropní konstrukci

tvár: "L" průřez

### Zatížení

STÁLÉ	$g_k$	Z $\check{s}$	$g_{k,lin}$	$\gamma_G$	$g_{d,lin}$
[jednotky]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
podlaha	2,22	3,00	6,66	1,35	8,99
Ytong 200	1,70	3,00	5,1	1,35	6,89
Ytong 150	-	-	6,38	1,35	8,61
Spiroll 200	6,75	3,00	20,25	1,35	27,34
vl. tíha trámu	$(0,55+0,45-(0,2*0,15))*25$		24,25	1,35	32,74

**STÁLÉ CELKEM** **62,64** **84,56**

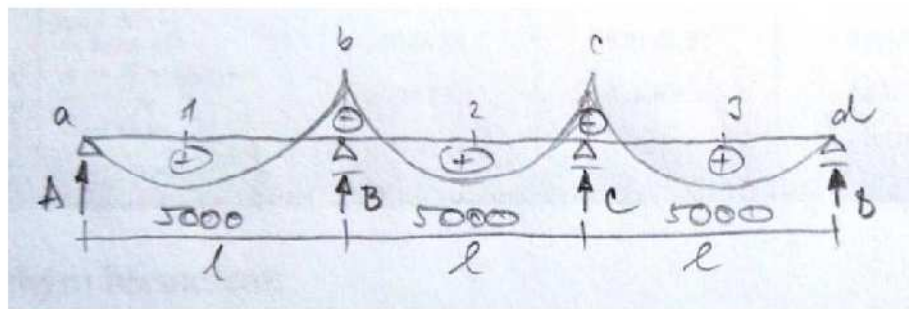
PROMĚNNÉ	$q_k$	Z $\check{s}$	$q_{k,lin}$	$\gamma_G$	$q_{d,lin}$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
užitné	3,00	3,00	9,00	1,5	13,5

**PROMĚNNÉ CELKEM** **9,00** **13,5**

**ZATÍŽENÍ CELKEM**  $g_k + q_k = g_{k,lin} + q_{k,lin} =$  **71,64 kN/m**

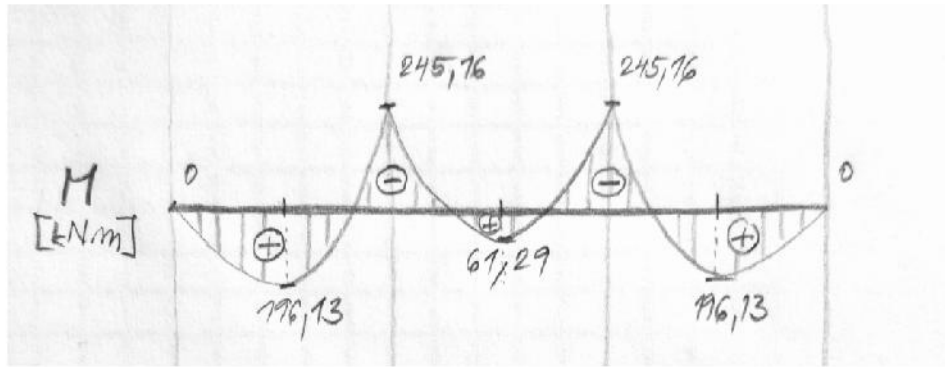
$f = g_d + q_d = g_{d,lin} + q_{d,lin} =$  **98,06 kN/m**

### Maximální návrhové ohybové momenty a reakce, vnitřní síly:

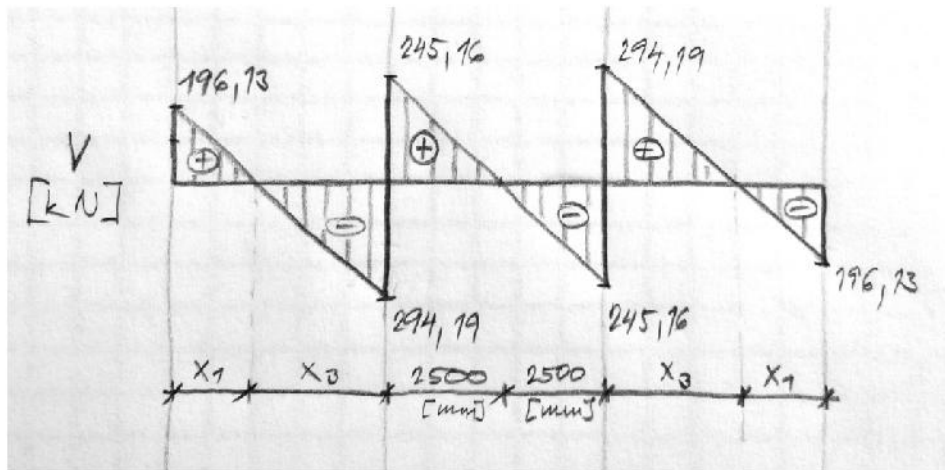


$l = 5,00$  m

$$\begin{aligned}
 M_a = M_d &= 0 \text{ kNm} \\
 M_b = M_c &= -0,1 * f * l^2 = -245,16 \text{ kNm} \\
 M_1 = M_3 &= +0,08 * f * l^2 = 196,13 \text{ kNm} \\
 M_2 &= +0,025 * f * l^2 = 61,29 \text{ kNm} \\
 A = D = V_{ab} = -V_{dc} &= +0,4 * f * l = 196,13 \text{ kN} \\
 B = C &= 1,1 * f * l = 539,35 \text{ kN} \\
 -V_{ba} = V_{cd} &= +0,6 * f * l = 294,19 \text{ kN} \\
 V_{bc} = -V_{cb} &= +0,5 * f * l = 245,16 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



- průběh ohybových momentů na spojitém nosníku



- průběh posouvajících sil na spojitém nosníku

Vzdálenost maximálního momentu "x<sub>1</sub>" a "x<sub>3</sub>"

$$196,13/x_1 = (196,13+294,19)/5$$

$$(196,13*5)/(196,13+294,19) = x_1$$

$$x_1 = 2,00 \text{ m}$$

$$x_3 = 5 - x_1 = 3,00 \text{ m}$$

kontrola maximálního momentu v prvním poli:

$$M_{x_1} = A*x_1 - 0,5*f*x_1^2 = 196,13 \text{ kNm} = M_1$$

Vzhledem k tvaru průřezu a poloze působícího zatížení dojde ke vzniku torzního momentu. Tento moment bude vznikat hlavně v poli, pro návrh výztuže nad podporou bude zanedbán.

## Návrh ohybové výztuže

### MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

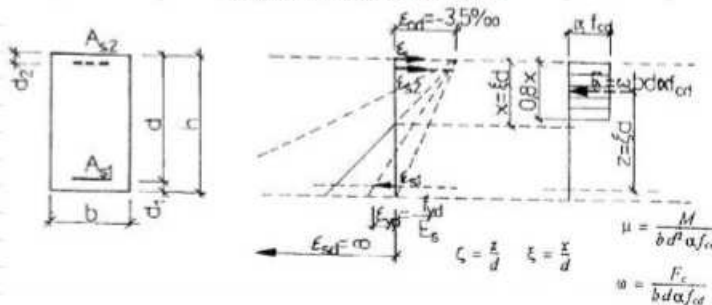
<b>beton</b>	C30/37	$\gamma_m =$	1,5
		$f_{ck} =$	30 Mpa
		$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_m =$	<b>20 Mpa</b>
		$E_{cm} =$	32 000 Mpa
		$f_{ctm} =$	3,2 MPa
<b>ocel</b>	B500B	$\gamma_m =$	1,15
		$f_{yk} =$	500 Mpa
		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m =$	<b>434,78 Mpa</b>
		$E =$	200 000 Mpa

### NAD PODPOROU

odhad výztuže:	$\emptyset =$	<b>10 mm</b>
	$\emptyset_{tr} =$	<b>8 mm</b>
krycí vrstva:	$c \geq c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	
	$c_{nom} = 10 + 10 =$	<b>20 mm</b>
	$c =$	<b>25 mm</b>
účinná výška:	$d = h - c - \emptyset_{tr} - (\emptyset/2) = 450 - 25 - 8 - (10/2)$	
	$d =$	<b>412 mm</b>
návrhový moment:	$M_{Ed} =$	<b>245,16 kNm</b>
Návrh:	$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{245,16 \cdot 10^6}{550 \cdot 412^2 \cdot 20}$	
	$\mu =$	<b>0,131</b> $\Rightarrow$ $\zeta = 0,930$
		$\xi = 0,177$

## Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků

Obdélníkový průřez  
Rovnoměrné rozdělení napětí v betonu  
Přetvoření tahové výztuže neomezené



$\mu$	$\omega$	$\xi$	$\zeta$	$\epsilon_{s1}$	$\epsilon_c$	$\epsilon_{s2}$ pro $d_2/d$			
						0,05	0,1	0,15	0,2
0,090	0,0945	0,118	0,953	26,142	-3,500	-2,018	-0,536	0,946	2,428
0,100	0,1056	0,132	0,947	23,022	-3,500	-2,174	-0,848	0,478	1,804
0,110	0,117	0,146	0,942	20,468	-3,500	-2,302	-1,103	0,095	1,294
0,120	0,128	0,160	0,936	18,337	-3,500	-2,408	-1,316	-0,224	0,867
0,130	0,140	0,175	0,930	16,533	-3,500	-2,498	-1,497	-0,495	0,507
0,140	0,151	0,189	0,924	14,985	-3,500	-2,576	-1,651	-0,727	0,197
0,150	0,163	0,204	0,918	13,642	-3,500	-2,643	-1,786	-0,929	-0,072
0,160	0,175	0,219	0,912	12,465	-3,500	-2,702	-1,903	-1,105	-0,307
0,170	0,188	0,234	0,906	11,426	-3,500	-2,754	-2,007	-1,261	-0,515
0,180	0,200	0,250	0,900	10,500	-3,500	-2,800	-2,100	-1,400	-0,700
0,190	0,213	0,266	0,894	9,670	-3,500	-2,841	-2,183	-1,524	-0,866
0,200	0,225	0,282	0,887	8,922	-3,500	-2,879	-2,258	-1,637	-1,016

- výřez z tabulky: Tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků, [12]

$$A_{s,rqd} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd} * \zeta * d} = \frac{245,16 * 10^6}{434,78 * 0,930 * 412}$$

$$A_{s,rqd} = 1471,634 \text{ mm}^2$$

**NÁVRH:**                    5     $\emptyset$     20            mm

$A_{s,prov} =$     1570            mm<sup>2</sup>

Posouzení:

- výška tlačené oblasti

$$X = \frac{A_{s,prov} * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{1570 * 434,78}{0,8 * 550 * 20}$$

$$x = \quad \quad \quad \mathbf{77,57 \text{ mm}}$$

- účinná výška

$$d = h - c - \emptyset_{\bar{v}} - (\emptyset/2) = 450 - 25 - 8 - (20/2)$$

$$d = \quad \quad \quad \mathbf{407 \text{ mm}}$$

- rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,4 * x = 407 - 0,4 * 106,72$$

$$z = \quad \quad \quad \mathbf{375,97 \text{ mm}}$$

- posudek

$$M_{Rd} = A_{s,prov} * f_{yd} * z = 1570 * 434,78 * 375,97$$

$$M_{Rd} = \quad \quad \quad \mathbf{256638851,5 \text{ Nmm} = 256,64 \text{ kNm}}$$

$M_{Rd} \geq M_{Ed}$			
256,64	≥	245,16	kNm

**VYHOVUJE**

### Ověření konstrukčních zásad

Poměrná výška tlačené oblasti:

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \min(\xi_{bal} = \frac{700}{700 + f_{yd}}; 0,45)$$

$$\xi = \frac{77,57}{407} \leq \min(\xi_{bal} = \frac{700}{700 + 434,78}; 0,45)$$

$$\xi = \quad \quad \quad \mathbf{0,191 \leq 0,45} \quad \quad \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Min. plocha výztuže:  
[mm<sup>2</sup>]

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} = \max(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d; 0,0013 * b * d)$$

$$1570 \geq \max(0,26 * \frac{3,2}{500} * 400 * 407; 0,0013 * 400 * 407)$$

$$A_{s,prov} = \quad \mathbf{1570} \quad \geq \quad A_{s,min} = \mathbf{270,90} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Max. plocha výztuže:  
[mm<sup>2</sup>]

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} = 0,04 * A_c$$

$$1570 \leq 0,04 * (550 * 400 - 200 * 150)$$

$$A_{s,prov} = 1570 \leq A_{s,max} = 7600,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Osová vzdálenost prutů:

[mm]

$$s_a = \frac{b - 2 * c_{nom} - 2 * \emptyset_{tr} - \emptyset}{n - 1} \leq \min(2 * h; 250 \text{ mm})$$

$$s_a = \frac{400 - 2 * 20 - 2 * 8 - 20}{5 - 1} \leq \min(2 * 450; 250 \text{ mm})$$

$$s_a = 81 \leq 250 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Světlá vzdálenost prutů:

[mm]

$$s_c = \frac{b - 2 * c_{nom} - 2 * \emptyset_{tr} - n * \emptyset}{n - 1} \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2 * \emptyset; D_{max} + 5 \text{ mm})$$

$$s_c = \frac{400 - 2 * 20 - 2 * 8 - 5 * 20}{5 - 1} \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2 * 20; 16 + 5 \text{ mm})$$

$$s_c = 61 \geq 24 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## **Příloha č.02 - SCHÉMATA VÝZTUŽE SPOJŮ SPOJITÉHO PRŮVLAKU**

02 - a - SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU - SVAŘOVANÝ SPOJ

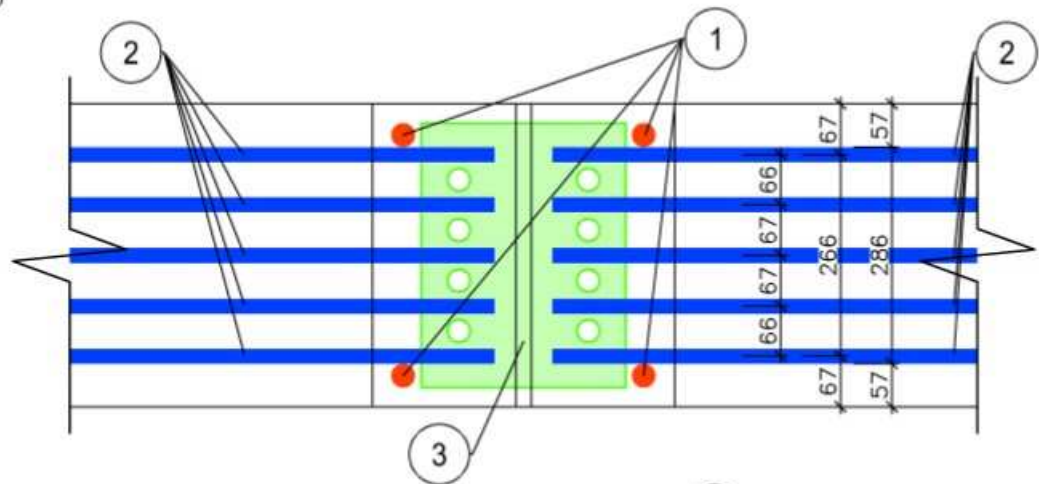
02 - b - SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU - ŠROUBOVÉ SPOJKY

02 - c - SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU - BEZZÁVITOVÉ SPOJKY

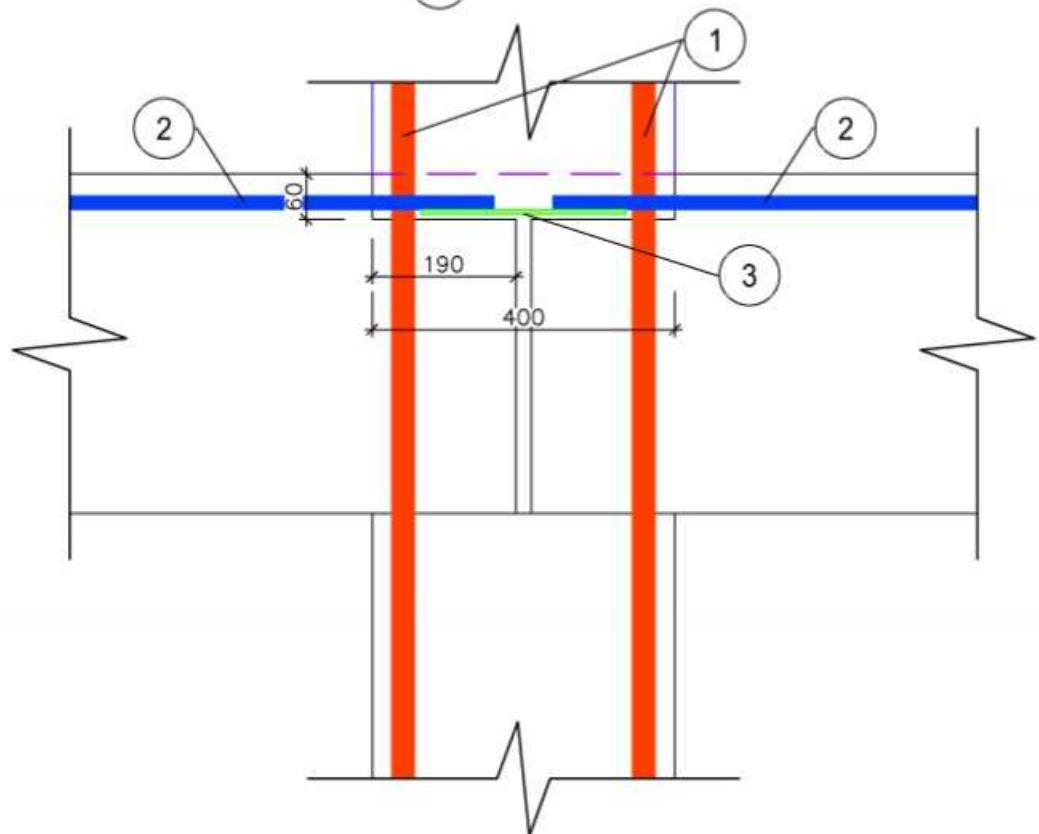
02 - d - SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU - SPOJENÍ PŘESAHEM VÝZTUŽE




# PŮDORYS



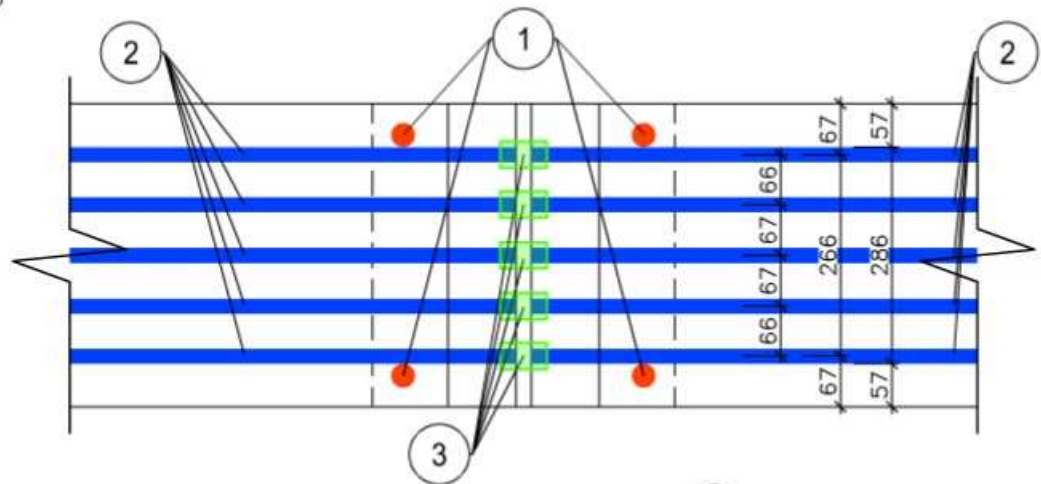
# POHLED



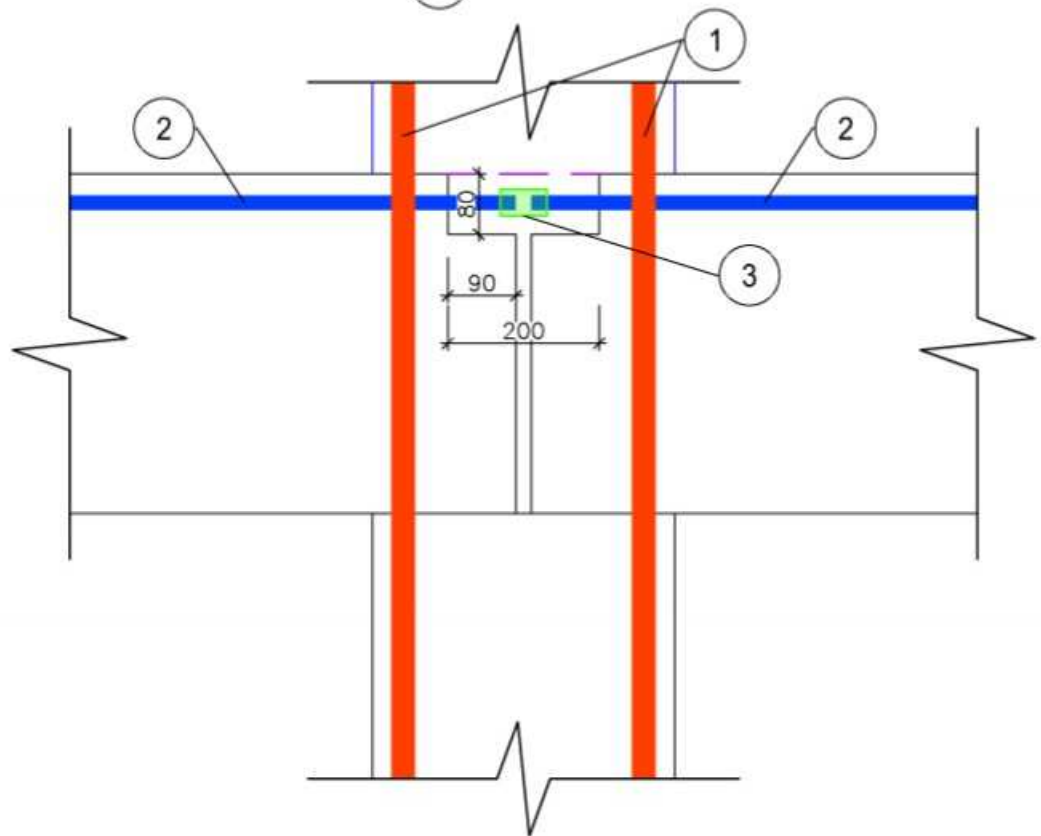
- ① VÝZTUŽ SLOUPU,  $\varnothing$  32mm
- ② VÝZTUŽ PRŮVLAKU,  $\varnothing$  20mm
- ③ SPOJOVACÍ PRVEK – OCELOVÁ DESTIČKA  
rozměry: 270x350 mm, tloušťka: 5 mm

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C – kce pozemních staveb	k133 – k. beton. a zděn. kcí	Veronika Schutová		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4	Ing. Michaela Frantová, Ph.D.			
AKCE : PREFABRIKOVANÁ HALA			FORMÁT	A4
			MĚŘITKO	1:10
			DATUM	11.05.2020
OBSAH : SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU – SVAŘOVANÝ SPOJ			Č. VÝKR. (Č. PŘÍLOHY)	02-a


# PŮDORYS



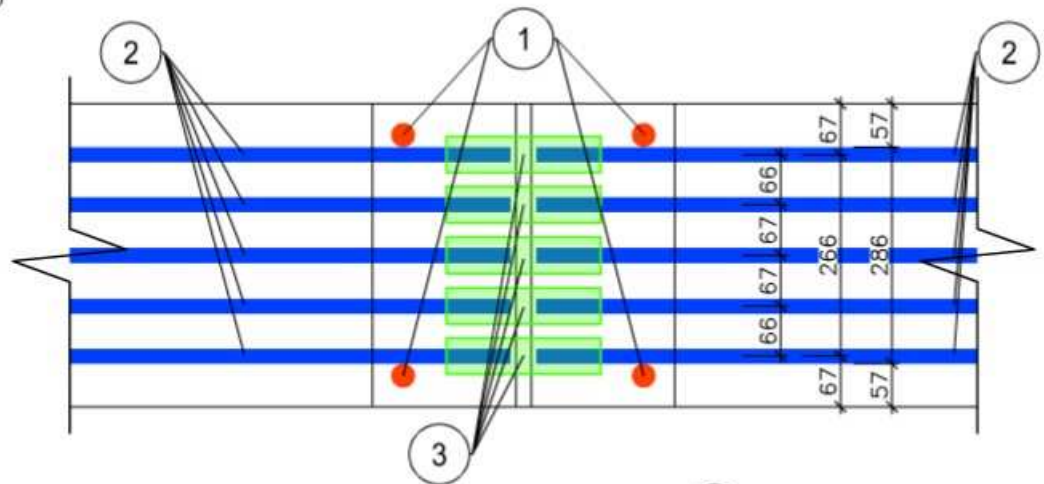
# POHLED



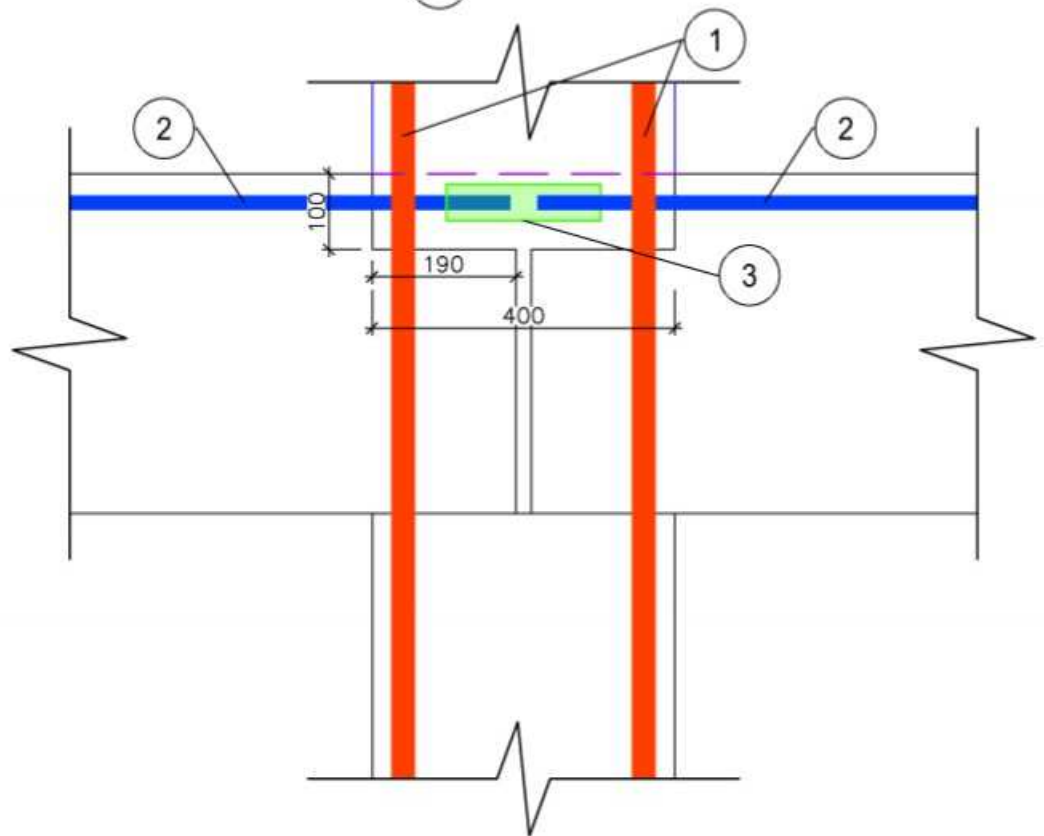
- ① VÝZTUŽ SLOUPU,  $\phi$  32mm
- ② VÝZTUŽ PRŮVLAKU,  $\phi$  20mm
- ③ SPOJOVACÍ PRVEK – PRAVOLEVÉ ZÁVITOVÉ SPOJKY (výrobce HALFEN)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C – kce pozemních staveb	k133 – k. beton. a zděn. kcí	Veronika Schutová		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4	Ing. Michaela Frantová, Ph.D.			
AKCE : PREFABRIKOVANÁ HALA			FORMÁT	A4
OBSAH : SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU – ŠROUBOVÉ SPOJKY			MĚŘITKO	1:10
			DATUM	11.05.2020
			Č. VÝKR. (Č. PŘÍLOHY)	02–b

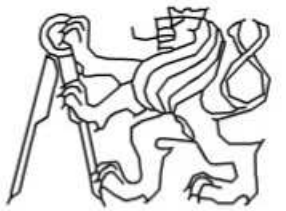
# PŮDORYS



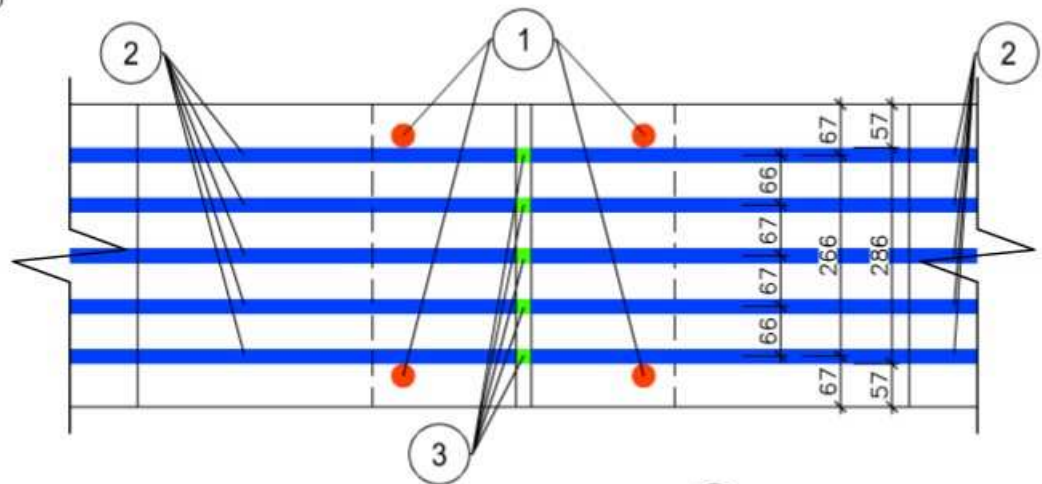
# POHLED



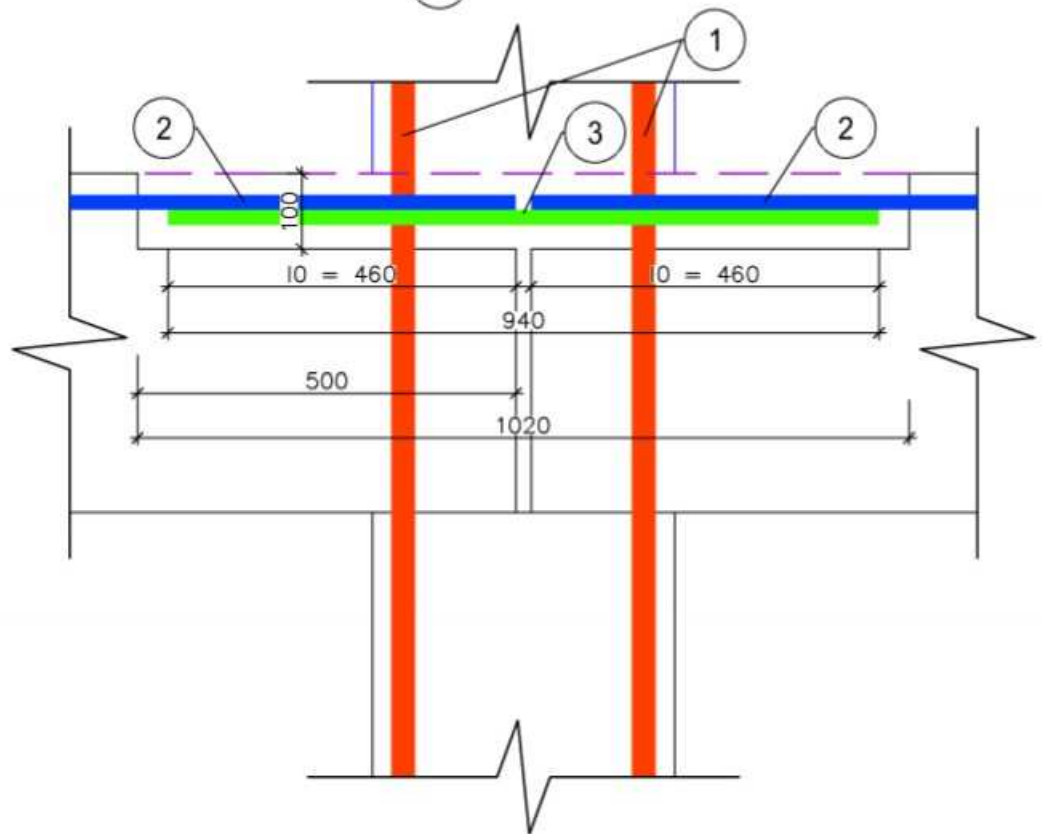
- ① VÝZTUŽ SLOUPU,  $\phi$  32mm
- ② VÝZTUŽ PRŮVLAKU,  $\phi$  20mm
- ③ SPOJOVACÍ PRVEK – BEZZÁVITOVÉ SPOJKY  
(výrobce HALFEN)

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C – kce pozemních staveb	k133 – k. beton. a zďen. kcí	Veronika Schutová		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4	Ing. Michaela Frantov, Ph.D.			
AKCE : PREFABRIKOVAN HALA			FORMÁT	A4
OBSAH : SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU – BEZZVITOV SPOJKY			MRTKO	1:10
			DATUM	11.05.2020
			. VÝKR. (. PŘÍLOHY)	02–c

# PŮDORYS



# POHLED



- ① VÝZTUŽ SLOUPU,  $\varnothing$  32mm
- ② VÝZTUŽ PRŮVLAKU,  $\varnothing$  20mm
- ③ SPOJOVACÍ PRVEK – BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ,  $\varnothing$  20mm

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
C – kce pozemních staveb	k133 – k. beton. a zděn. kcí	Veronika Schutová		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4	Ing. Michaela Frantová, Ph.D.			
AKCE : PREFABRIKOVANÁ HALA			FORMÁT	A4
			MĚŘITKO	1:10
			DATUM	11.05.2020
OBSAH : SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKU – SPOJENÍ PŘESAHEM VÝZTUŽE			Č. VÝKR. (Č. PŘÍLOHY)	02-d

## **Příloha č.03 - VÝPOČET DÉLKY PŘESAHU**

## Výpočet délky přesahu - spoj spojitého průvlaku

### Vstupní hodnoty:

#### MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

<b>beton</b> C30/37	$\gamma_m =$	1,5
	$f_{ck} =$	30 Mpa
	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_m =$	<b>20 Mpa</b>
	$E_{cm} =$	32 000 Mpa
	$f_{ctm} =$	3,2 MPa
<b>ocel</b> B500B	$\gamma_m =$	1,15
	$f_{yk} =$	500 Mpa
	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m =$	<b>434,78 Mpa</b>
	$E =$	200 000 Mpa

#### NAVRŽENÁ VÝZTUŽ:

$$A_{s,prov} = 5 \cdot \emptyset 20 \text{ mm} = 1570 \text{ mm}^2$$

#### KRYCÍ VRSTVA:

$$c_d = 25 \text{ mm}$$

### Vzorec:

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

### Výpočet:

$f_{bd}$  - návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$$

$\eta_1$  - součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti a poloze prutu během betonáže

$$\eta_1 = 1,00$$

$\eta_2$  - součinitel závislý na průměru prutu

$$\eta_2 = 1,00 \quad \emptyset \leq 32 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = \mathbf{4,8 \text{ Mpa}}$$

$\sigma_{sd}$  - návrhové namáhání prutu v místě, odkud se měří přesah

$$\sigma_{sd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

$l_{b,rqd}$  - základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b,rqd} = \mathbf{452,8958 \text{ mm}}$$



$\alpha_1$  - součinitel vyjadřující vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu

$$\alpha_1 = 1,00$$

$\alpha_2$  - součinitel vyjadřující vliv minimální betonové krycí vrstvy

$$0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * (c_d - \phi) / \phi = 0,9625$$

$\alpha_3$  - součinitel vyjadřující vliv ovinutí příčnou výztuží

$$\alpha_3 = 1 - K * \lambda = 1,00$$

$$K = 0,10$$

$$\lambda = (\sum A_{st} - \sum A_{stmin}) / A_s = 0,00$$

$\alpha_4$  - součinitel vyjadřující vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů

$$\alpha_4 = 0,70$$

$\alpha_5$  - součinitel vyjadřující vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v navrhované kotevní délce

$$\alpha_5 = 1 - 0,04 * p = 1,00$$

$$p = 0,00 \text{ Mpa}$$

$\alpha_6$  - součinitel

$$\alpha_6 = \left( \frac{\rho_1}{25} \right)^{0,5} \leq 1,5$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$l_0$  - délka přesahu

$$l_0 = 457,71 \text{ mm}$$

$l_{0,min}$  - minimální délka přesahu

$$l_{0,min} = \max (0,3 * \alpha_6 * l_{b,reqd}; 15 * \phi; 200 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{lcl} l_0 & \geq & l_{0,min} \\ 457,71 & \geq & 300 \end{array}$$

VYHOVUJE

NAVRŽENÁ DÉLKA PŘESAHU:

$$l_0 = 460 \text{ mm}$$